

Aterrazamientos en el río Albarracín, cuenca del río San Juan: génesis y significado geodinámico. (Provincia de San Juan, Argentina)

Origin and geodynamic significance of the rio Albarracín terraces, rio San Juan basin. (San Juan Province, Argentina)

F. Colombo (*), G. Anselmi (**), P. Busquets (*), R. Cardó (***), D. Ragona (**), E. Ramos-Guerrero (*).

(*) Grup de Geodinàmica i Anàlisi de Conques. Departament de Geologia Dinàmica, Geofísica i Paleontologia. Facultat de Geologia. Universitat de Barcelona. Pedralbes. C/ Martí i Franquès s/n. E-08028 Barcelona.

(**) Secretaria de Minería de la Nación. Servicio Geológico Argentino. Avda. Julio A. Roca 651, A-1322 Buenos Aires, Argentina.

(***) Secretaria de Minería de la Nación. Delegación de San Juan. C/ Sargento Cabral 685, A-5400 San Juan, Argentina.

ABSTRACT

The structural character of the Andean Precordillera represents a high-level of fold and thrust belt formed during the alpine orogeny. The studied area is characterised by a set of eastwards imbricated overthrusts and folded rocks which are in movement, as evidenced by a number of earthquakes in recent times. The main rivers flow approximately perpendicular to the main structural lines and show several terrace levels with different morphologies. The generation of the terraces has often been attributed to the main climatic changes. In our opinion this development is directly related to the repeated base level changes controlled by neotectonics.

Key words: Terraces, neotectonics, Andean Precordillera, San Juan, Argentina.

Geogaceta, 20 (5) (1996), 1112-1115
ISSN:0213683X

Introducción

La zona estudiada se halla situada en la provincia argentina de San Juan (Fig. 1A) unos 35 Km al Oeste de la capital del mismo nombre, y se localiza en la cuenca del río San Juan en su confluencia con el río Albarracín.

Geológicamente esta zona forma parte de la Precordillera Andina constituida principalmente por materiales paleozoicos sobre los que se superponen discordantemente materiales triásicos y terciarios. La estructura actual se generó durante la orogenia alpina en un sistema imbricado de mantos de corrimiento vergentes hacia el E. El emplazamiento se inició durante el Terciario (Allmedinger *et al.*, 1983; 1990; Baldi y Bordonaro, 1984; Baraldo, 1985; Furque, 1963; Leveratto, 1968; Ramos, 1988; Ramos *et al.*, 1986) e implica un acortamiento horizontal del orden del 50% (Von Gosen, 1992). La actividad neotectónica de la zona queda puesta de manifiesto por la importante actividad sísmica. Esta llega a ser de tal magnitud que en 1944 supuso la destrucción de la ciudad de San Juan (Castellanos, 1944) y en 1977 originó graves daños en la cercana localidad de Caucete e implicó una elevación media del

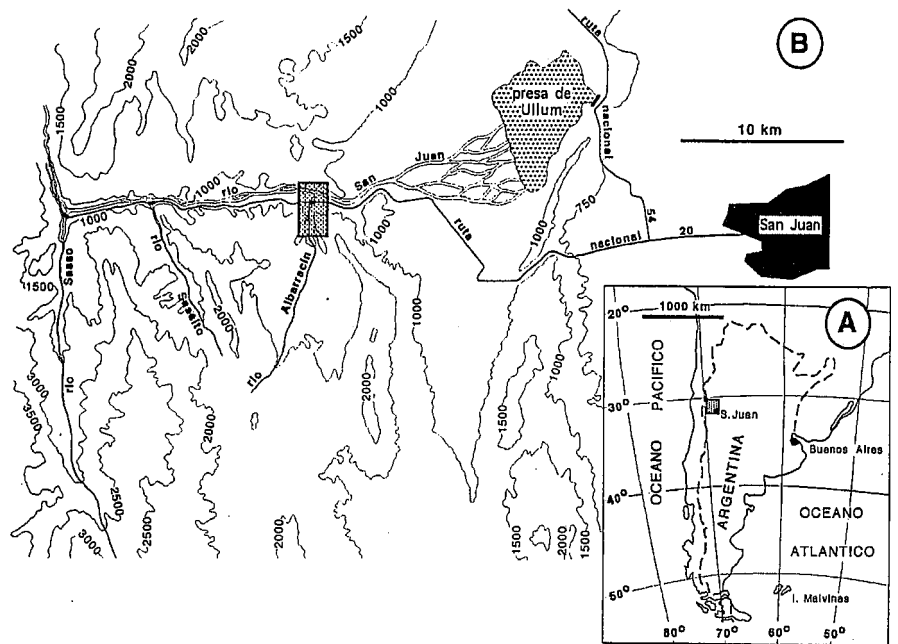


Fig. 1.- A) Localización del área de estudio en la Precordillera andina. B) Confluencia de los ríos Albarracín y San Juan (Área recuadrada) al Oeste de la ciudad de San Juan.

Fig. 1.- A) Location of the studied area in the Andean Precordillera. B) Confluence of río Albarracín and río San Juan (boxed area) to the west of the San Juan City.

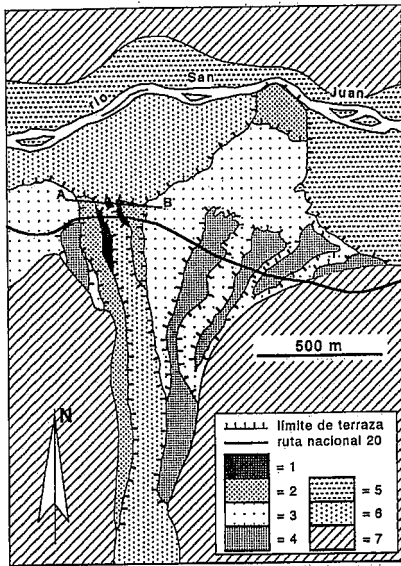


Fig. 2.- Mapa de disposición de las terrazas en la confluencia de los ríos Albarraçín y San Juan. El área cartografiada corresponde a la zona recuadrada de la fig. 1B. 1 = terraza T1. 2 = terraza T2. 3= terraza T3. 4= terraza T4. 5 = terraza actual del río San Juan. 6 = terraza actual del río Albarraçín (T0) y 7 = substrato. La línea A-B indica la localización del corte transversal representado en la fig. 3.

Fig. 2.- Confluence of río Albarraçín and río San Juan. This area corresponds to the boxed area in fig. 1B. The general disposition of the main terraces is shown: 1 = terrace T1. 2 = terrace T2. 3 = terrace T3. 4 = terrace T4. 5 = present terrace of río San Juan. 6 = present terrace of río Albarraçín (T0) and 7 = basement. The line A-B corresponds to the location of the cross section shown in fig. 3.

orden de 1m en el cercano macizo del Pie de Palo (Kadinsky-Cade *et al.*, 1985; Langer y Bollinger, 1988; Triep, 1987; Uliarte y De Gianni, 1982; Volponi, 1978; Volponi *et al.*, 1982; Whitney y Bastías, 1984). Esto último puede apre-

ciarse perfectamente en el salto de falla de la Fractura de La Laja en la zona de Albarraçín, próxima a la ciudad de San Juan. Existe también una importante actividad volcánica fini-terciaria ligada a los últimos eventos tectónicos (Bercowski y Figueroa, 1987; Tabbutt *et al.*, 1987).

Los valles fluviales de los ríos actuales que cruzan la precordillera hacia el este, se hallan muy incididos y llegan a mostrar diversos niveles de terrazas (Suvières, 1985).

Características de las terrazas

El río Albarraçín tiene un régimen torrencial muy acusado y aunque usualmente se encuentra seco, llega a tener picos de descarga del orden de 200 m³/seg (Damiani, 1993). Sus aterrazamientos en la zona cercana a la confluencia con el río San Juan (Fig. 1B) se hallan constituidos principalmente por un conjunto de cuatro terrazas (Fig. 2) denominadas T1, T2, T3, y T4, contadas a partir del lecho actual del río.

Para constatar sus características geométricas se realizaron levantamientos topográficos detallados, obteniéndose perfiles longitudinales y transversales al curso fluvial. El perfil transversal (Fig. 3) muestra que la terraza T1 presenta un desnivel del orden de 3,1 m; la terraza T2 alcanza los 4,1 m; el desnivel de la terraza T3 es del orden de 5 m, y la terraza T4 (no representada en la figura 3) llega hasta los 8,8 m. En total suman un desnivel máximo del orden de unos 21 m. Hay que constatar el marcado carácter convexo que muestran las superficies superiores de las terrazas.

La primera terraza (T1) ha sido medida a partir del lecho actual del río Albarraçín (T0), que presenta un desnivel del orden de 1,5 m con respecto al nivel medio

actual del río San Juan al que desemboca y que actúa como nivel de base (Fig. 3).

En planta, la morfología del conjunto de terrazas muestra una clara disposición en abanico, cuyo ápice se sitúa unos 1800 m aguas arriba de la confluencia de los dos ríos (Fig. 2). Aunque la distribución cartográfica de las terrazas muestra que éstas se disponen casi continuamente a lo largo de la zona estudiada, en ciertos lugares algunas terrazas llegan a desaparecer. Se ha constatado que esa desaparición se ha ocasionado por efecto de una traslación lateral del cauce actual en sentido Este, lo suficiente como para erosionar la T1 y la T2 y actualmente solo se aprecia el desnivel acumulativo total que puede corresponder a la T3.

Los perfiles longitudinales de la superficies de las terrazas (Fig. 4) muestran las pendientes promedio (%) de la superficie de las terrazas del margen derecho del río Albarraçín. Se puede observar su valor creciente desde el 3,02% de la superficie de la T3 hasta el 6,35 % que presenta la T1. La T0 presenta un valor anómalo de 4,79 %.

Las terrazas son todas degradacionales y se disponen encajadas erosivamente unas sobre otras, de manera que las más modernas están excavadas en las más antiguas. Así, a partir de un nivel máximo (T4) se han producido sucesivos encajamientos, correspondiendo cada uno de ellos a un nivel de terraza, hasta llegar al nivel topográfico mas bajo del río (T0).

Los clastos de las superficies superiores de las terrazas T4 y T3 están rubefactados; mas intensamente los de la T4 que los de la T3. Además, sobre la terraza T4 se reconocen restos de construcciones antiguas (pircas) que se hallan alineadas preferentemente a lo largo de los bordes de la misma.

Litológicamente, las terrazas están

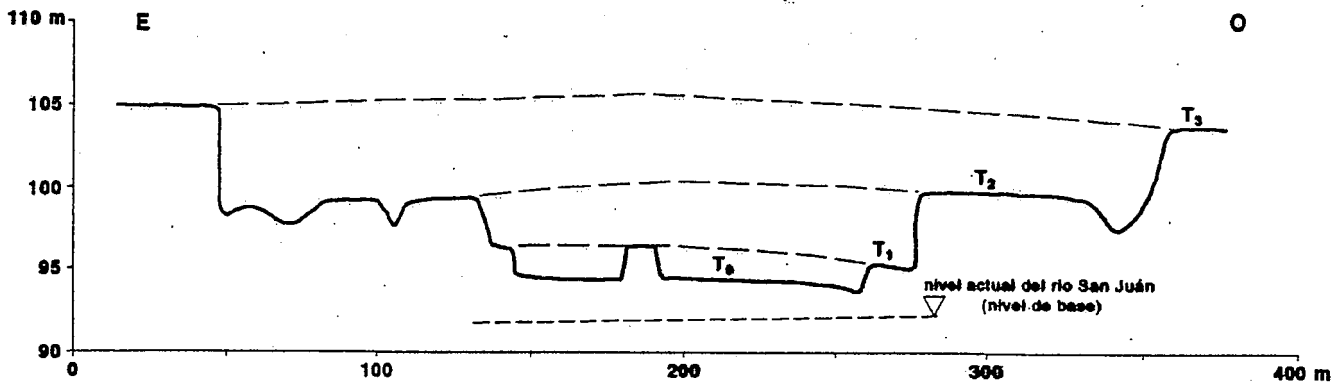


Fig. 3.- Disposición geométrica de las terrazas en un corte transversal al río Albarraçín (Línea A-B en la fig. 2). Obsérvese el carácter convexo de la superficie de las terrazas.

Fig. 3.- Geometric relationships of the terraces shown by the río Albarraçín cross section (line A-B in the fig. 2). The convex upper surface character is noticeable.

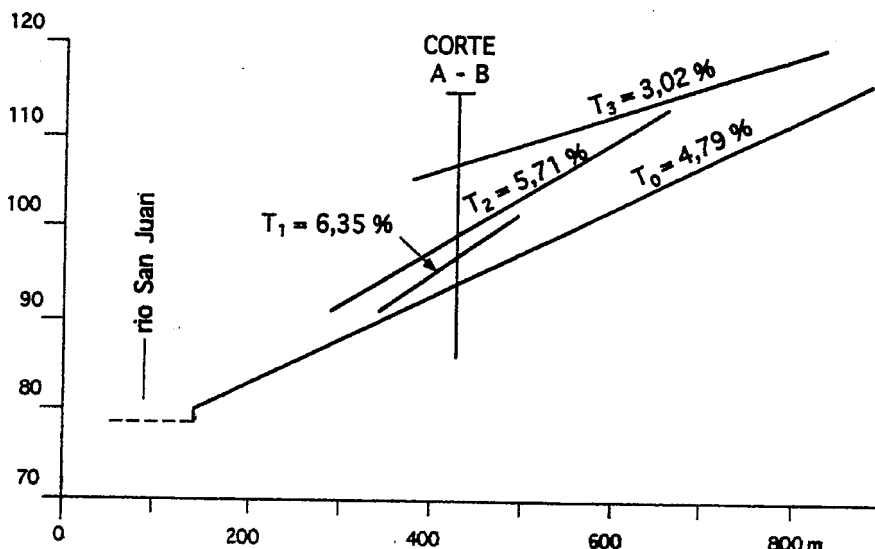


Fig. 4.- Perfiles longitudinales de las superficies de las terrazas del margen derecho del río Albarracín en la zona de confluencia con el río San Juan. Obsérvese el incremento gradual de las pendientes a medida que las terrazas son mas modernas. La terraza T0 muestra una inclinación menor, lo que sugiere que no se halla todavía en equilibrio. Valores de las pendientes expresados en %.

Fig. 4.- Longitudinal profiles of terraces T3, T2, T1 and T0. The general downward increase in the gradient is noticeable. The low gradient of terrace T0 suggests a lack of equilibrium today.

constituídas por conglomerados arenosos mal seleccionados. Sus clastos son desde redondeados a subangulosos y constituidos principalmente por rocas volcánicas ácidas y areniscas. En algunos niveles, se observa la coexistencia de clastos redondeados de rocas duras y clastos subangulosos de rocas mas blandas. Esto sugiere que algunos clastos pueden ser de segunda generación (Tanner, 1976), y por tanto, corresponderían a un retrabajamiento de materiales clásticos depositados previamente.

En la terraza T1 se observa la existencia de un clasto de gran tamaño (50 cm) de vulcanitas que constituyó en su día la fábrica del puente antiguo de la ruta nº 20, destruido entre 1968 y 1972.

Discusión

Numerosos autores (Maizels, 1983; Milana, 1994; Smith y Battuello, 1990) relacionan el origen de los aterrazamientos con factores de tipo climático. Sin embargo, al estar situados en una zona con una gran actividad sísmica tectónicamente activa y con importantes tasas de exhumación del relieve (Bastías *et al.*, 1990; Gonzalez Bonorino, 1975; Heim, 1948; Volponi *et al.*, 1982), creemos que los factores de tipo tectónico no han sido suficientemente considerados como responsables directos de la generación de los aterrazamientos.

Usualmente se considera que el factor

climático (Trevisan, 1949) es el causante de los aterrazamientos cuando, sin variar significativamente las otras características, existe una alternancia de períodos áridos y húmedos. Durante los períodos de menor descarga acuosa la acumulación sedimentaria se localiza en la proximidad de las cabeceras, contribuyendo a incrementar el gradiente. Por el contrario, en períodos de mayor descarga acuosa, se produce una suavización general del gradiente como consecuencia de una mayor efectividad en el transporte de sedimentos. Así, se puede suponer que las variaciones del caudal del río podrían ser las causantes de aterrazamientos como consecuencia del aumento significativamente importante de las descargas acuosas durante los períodos de deglaciación (Pierce & Colman, 1986). Las variaciones hídricas pueden tener como consecuencia una variación importante del volumen de los materiales transportados, de manera que el crecimiento de las descargas acuosas puede llegar a movilizar cantidades crecientemente importantes de los sedimentos disponibles (Nash, 1994). La variación climática implicaría necesariamente variaciones en el aporte de sedimentos y por tanto la generación de diversos tipos de terrazas de acumulación.

Por otro lado, el factor tectónico implicaría modificaciones geométricas tanto en el área fuente como en otras zonas, de manera que el perfil de equilibrio teórico de un río sería substancialmente modifi-

cado (Schumm, 1993). En ese sentido si se produce una actividad tectónica importante en el área fuente, puede implicar: a) un incremento importante de las elevaciones en el área fuente, y b) una mayor producción de clastos. Cuando la velocidad de elevación tectónica sea menor que la de producción de detritos, se generará una mayor cantidad de detritos disponibles y estos tendrán mayores posibilidades de ser transportados hacia áreas alejadas. Así, podrían generarse terrazas de acumulación. En cambio, si la velocidad del movimiento tectónico es mayor que la de producción de sedimentos éstos quedarán adosados al frente en levantamiento. Así, los flujos acuosos podrán incrementar su energía y velocidad, en función del incremento del gradiente. En este caso se puede producir una removilización de los clastos depositados previamente, dando lugar a fenómenos de incisión. Si se repiten episodios tectónicos similares, se pueden generar diversos niveles de incisión cada vez mas profundos como consecuencia de la tendencia general del río a alcanzar un perfil de equilibrio teórico. Cuando los perfiles longitudinales de las sucesivas terrazas son divergentes (Beggin *et al.*, 1981) se puede sugerir el mecanismo de las variaciones del nivel de base como posible origen de las terrazas, en caso contrario se deben contemplar las posibilidades de cambios climáticos.

El río Albarracín produjo una gran acumulación de materiales terrígenos previamente a los aterrazamientos erosivos generales, cuya altura sobrepasaría el nivel de la T4, y estaría directamente relacionada con la última deglaciación. Por otro lado, la superficie de la terraza mas alta (T4) correspondería a la de un abanico aluvial, ubicado en la confluencia de los dos ríos, como consecuencia de la removilización del sedimento disponible y de la mayor descarga acuosa relacionada con el período húmedo que siguió al máximo interglacial. Estas acumulaciones serían de origen climático.

Posteriormente se produjo un encajamiento general del cauce principal, con el desarrollo de los diversos niveles de terrazas cuyo desnivel total supera los 21 m.

La divergencia de los perfiles longitudinales de las terrazas sugiere un control del nivel de base, representado por el perfil del río San Juan, en la generación de los aterrazamientos del río Albarracín. El perfil de la terraza T0 (Fig. 4) muestra un gradiente relativamente bajo que sugiere un estado de no equilibrio tal como queda evidenciado por el salto de 1,5 m que presenta en la actualidad con respecto al río San Juan al que desemboca.

La existencia de elementos pertenecientes al antiguo puente como componentes de la T1 implica que con posterioridad a la incisión de la T2 sobre la T3, se produjo un encajamiento seguido de un período de sedimentación, que dio lugar a la acumulación de los sedimentos de la T1. Estos depósitos corresponden a un período de agradación muy rápido que se desarrolló entre los años 1968 y 1972, e implicó la removilización de los sillares del puente antiguo. Con esta alta frecuencia se hace difícil suponer un cambio climático del que no existen otras evidencias ni referencias en la memoria colectiva.

A nuestro entender, el origen y control de las variaciones repetitivas del nivel de base que condicionan los aterrazamientos, se debe a la acción predominante de factores de tipo tectónico.

Por lo que respecta a las edades, aunque no se dispone actualmente de dataciones absolutas, se pueden establecer rangos de edades sugeridas por varios factores. La superficie más alta de la T4 se mantiene actualmente casi en la misma posición deposicional original. Esto puede deducirse del tipo de rubefacción gruesa que muestran los clastos, lo que unido a la ausencia de paleosuelos, sugiere períodos prolongados de exposición subaérea en condiciones de aridez climática. Por otro lado, si las construcciones observadas sobre la superficie de la T4 fuesen debidas a los antiguos pobladores recolectores (cultura Ansilta), se podría asignar una edad para esas construcciones del orden de 1.500-2.000 años BP (Gambier, 1993), de manera que en esa época la terraza T4 ya debería estar individualizada e incidida por la T3. Además, se conoce que el máximo del último período interglacial es del orden de 8.500-6000 años BP (Ritchie *et al.*, 1983; Porter y Orombelli, 1985).

Conclusiones

Los depósitos fluviales y aluviales de la cuenca del río San Juan se encuentran fuertemente incididos.

En la confluencia del río Albarracín con el San Juan, el primero ha formado un sistema de abanicos cuyas sucesivas terrazas presentan un marcado carácter degradacional. Estas se disponen erosivamente encajándose sobre las precedentes.

La acumulación de materiales que supuso la máxima edificación del sistema aluvial del Albarracín debe considerarse relacionada con la época más húmeda

(8500-6000 años BP) que siguió al máximo interglacial, y se corresponde con la superficie de la terraza más alta (T4). A partir de este momento, se fueron produciendo las sucesivas incisiones y aterrazamientos de carácter degradacional.

El origen de estos aterrazamientos está claramente relacionado con variaciones tectónicas del nivel de base. Esta aseveración se basa en la disposición divergente que presentan los perfiles longitudinales de las sucesivas terrazas, y es congruente con la importante neotectónica y tasa de exhumación puestas de manifiesto por otros autores en zonas próximas. Por otra parte, y en favor de un origen no climático para estos aterrazamientos, hay que considerar las variaciones de agradación-incisión de alta frecuencia detectadas en los últimos decenios, cuando no se tiene constancia histórica de variaciones climáticas en la zona.

Assumiendo que la terraza superior del sistema aluvial del Albarracín (T4) se formó hace aproximadamente unos 6000 años, y que desde entonces el cauce del río se ha incidido un total de unos 21 m, se puede deducir una tasa de incisión de unos 3,5 mm/año.

Agradecimientos

Agradecemos a R. Pelichotti, director de la Delegación de San Juan de la Secretaría de Minería de la Nación, las ayudas necesarias para que este trabajo pudiera realizarse. B. Pereyra aportó su colaboración en campo y M. Carrion realizó el levantamiento topográfico. Hay que agradecer a las autoridades de Agua y Energía de la Provincia y a las de Vialidad Nacional, las facilidades para acceder a la información técnica disponible. El Dr. J. Vergés contribuyó a mejorar el manuscrito. Este trabajo ha recibido financiación del Proyecto DGICYT PB94-0871 del Ministerio de Educación y Ciencia. Grup de Qualitat GRQ94-1048 de la Generalitat de Catalunya.

Referencias

- Allmendinger, R.W., *et al.*, (1983): *Tectonics* 2:1-16.
 Allmendinger, R.W., *et al.*, (1990): *Tectonics* 9:789-809.
 Baldis, B. y Bordonaro, O. (1984): *IX Congr. Geol. Arg.* 4:190-207.
 Baraldo, J.A. (1985): *I Jorn. Geol. Pre-cord. San Juan*, 1:209-214.

- Bastías, H., *et al.*, (1990): *XI Congr. Geol. Arg.* 1:228-244.
 Begin, Z.B., *et al.*, (1981): *Earth Surf. Proc. and Landforms*, 6:49-68.
 Bercowski, F. y Figueroa, G. (1987): *X Congr. Geol. Arg.* 4:225-227.
 Castellanos, A. (1944): *Monogr. Fac. Cien. Univ. Nac. del Litoral*, 78 pp.
 Damiani, O., (1993): *Inf. CRAS. San Juan* DI-187, 98 pp..
 Furque, G. (1963): *Bol. Dir. Nac. Geol. Min.* 92:5-104.
 Gambier, M. (1993): *Ed. EFU, San Juan*, 109 pp.
 Gonzalez Bonorino, G. (1975): *VI Congr. Geol. Arg.* 1:101-107.
 Heim, A. (1948): *Bol. Dir. Min. Geol.* 54:5-38.
 Kadinsky-Cade, K., *et al.*, (1985): *J. Geophys. Res.*, 90:12691-12700.
 Langer, C. J. y Bollinger, G.A. (1988): *Tectonophysics*, 148:131-146.
 Leveratto, M.A. (1968): *Rev. Asoc. Geol. Arg.*, 23:129-157.
 Maizels, J.K. (1983): *IAS Spec. Publ.* 6:251-266.
 Milana, J.P. (1994): *Asoc. Arg. Sedim.* 1:107-124.
 Nash, D.B. (1994): *Jour. Geol.* 102:79-95.
 Pierce, K.L., Colman, S.M. (1986): *Geol. Soc. Amer. Bull.* 97:869-885.
 Porter, S.C. y Orombelli, G. (1985): *Geology*, 13: 296-298.
 Ramos, V.A. (1988): *Episodes*, 11:168-174.
 Ramos, V.A., *et al.* (1986): *Tectonics* 5:855-880.
 Ritchie, J.C. *et al.* (1983): *Nature*, 305: 126-128.
 Schumm, S.A. (1993): *Jour. Geol.* 101:279-294.
 Smith, G.A. y Battuello, P.A. (1990): *Jour. Sedim. Petrol.* 60:175-177.
 Suvires, G.M. (1985): *I Jorn. Geol. Pre-cord. San Juan*, 1:354-358.
 Tabbutt, K. *et al.*, (1987): *X Congr. Geol. Arg.* 4:222-224.
 Tanner, W.F. (1976): *Sedim. Geol.* 16:69-83.
 Uliarte, E.R. y De Gianni, S.L. (1982): *Rev. Asoc. Geol. Arg.*, 35:570-572.
 Von Gosen, W. (1992): *J. Struc. Geology*, 14: 643-667.
 Volponi, F.S. (1978): *Inst. Sismologico Univ. San Juan* 70 pp.
 Volponi, F.S. *et al.*, (1982): *V Congr. Latinoam. Geo. Econ. Arg.* Actas 3:719-730.
 Whitney, R. y Bastías, H. (1984): *97th Ann. Meeting Geol. Soc. Am.*, 16: N6.