

El lago cuaternario de Angastaco, Valle Calchaquí, Salta

J. A. SALFITY¹, E. F. GALLARDO², J. E. SASTRE¹ y J. ESTEBAN²

¹Universidad Nacional de Salta-Conicet, Buenos Aires 177, 4400 Salta.

E-mail: salfity@sinectis.com.ar, jsastre@unsa.edu.ar

²Universidad Nacional de Salta, Buenos Aires 177, 4400 Salta. E-mail: egallard@unsa.edu.ar

RESUMEN. Se comprobó la existencia de registros de un lago de edad cuaternaria en el tramo central del Valle Calchaquí, latitud de Angastaco, cuya presa se formó como consecuencia del plegamiento de potentes sucesiones continentales de cuenca de antepaís acumuladas durante el Neógeno (Grupo Payogastilla). El plegamiento, atribuido a la orogenia Diaguita (datada como posterior a 1,3 Ma en una comarca cercana), fue a su vez una consecuencia de la reactivación del borde tectónico del occidente de la cuenca cretácica de rift del Grupo Salta. La forma del lago fue alargada en el sentido nornoroeste, similar a la actual traza del río Calchaquí al norte de Angastaco. El sistema lacustre originó sedimentos acumulados en discordancia angular sobre los depósitos neógenos plegados y fueron cubiertos mediante una notable discontinuidad por depósitos fluviales y de pie de monte de gruesa granulometría. Los depósitos lacustres limoarcillosos, de por lo menos 25 m de potencia, muestran evidentes interdigitaciones laterales de facies con estratos fluviales contemporáneos procedentes de afluentes de la cuenca lacustre desde el este y desde el oeste. Aún no se cuenta con información fehaciente que precise la edad de este episodio lacustre durante el Cuaternario, aunque es seguro que aconteció con posterioridad al plegamiento del Grupo Payogastilla.

Palabras clave: *Cuaternario, Cuenas lacustres, Inversión tectónica, Valle Calchaquí, Norte argentino*

ABSTRACT. *The Quaternary lake of Angastaco, Valle Calchaquí, Salta, Argentina.* Evidence has been found of the existence of Quaternary lacustrine sediments in the central part of Valle Calchaquí, Salta, Argentina. The lake dam was formed as a consequence of folding and faulting of thick Neogene foreland, non-marine successions (Payogastilla Group), during the last Andean diastrophism (Diaguita orogeny, post 1.3 Ma). The Diaguita orogeny was, in turn, the late event of tectonic inversion processes on the western faulting edge of the Cretaceous Salta Group rift basin. The lake extended along the NNW strike, as does the current depression of Valle Calchaquí, north of the village of Angastaco. The lacustrine sediments lie in angular unconformity on Neogene folded deposits and underlie with distinctive discontinuity fluvial and piedmont accumulations. The pelitic lacustrine deposits, at least 25 m thick, show lateral interfingering facies with coeval sandy and conglomerate fluvial strata, whose provenance was from the east and west of the lacustrine basin. There is not enough available information yet to specify the age of this lacustrine episode during Quaternary times, although it surely took place after the folding and faulting of the Payogastilla Group in Early Pleistocene.

Key words: *Quaternary, Lacustrine basins, Tectonic inversion, Valle Calchaquí, Argentina*

Introducción y antecedentes

El estudio de los episodios lacustres es de significativa relevancia para el conocimiento de la estratigrafía y evolución tectónica y geomorfológica de la Cordillera Oriental y de las Sierras Pampeanas Septentrionales (Fig. 1) durante el Cuaternario, donde estos fenómenos sedimentarios están muy bien documentados.

Con motivo de estudios relacionados con la geología del Cuaternario en el Valle Calchaquí, en este caso la comarca de Angastaco y sus alrededores, se llevaron a cabo observaciones de campo junto con el análisis de la cartografía geológica, imágenes satelitales y fotografías aéreas.

Este artículo aporta nueva información de campo que permitió identificar un cuerpo lacustre cuaternario en la porción central del Valle Calchaquí, al norte de la localidad de Angastaco. La geología regional y la historia geológica desde el Mioceno hasta el Cuaternario conducen a interpretar que el taponamiento del Valle Calchaquí

que permitió la formación de la cuenca lacustre se originó por razones estructurales.

En el Valle Calchaquí se identificaron otros cuerpos lacustres al sur de Angastaco, en la latitud de Cafayate (Gallardo 1990, Trauth y Strecker 1999), y al norte, en la latitud de La Poma (Vilela 1953) (Fig. 1). El primero se originó por deslizamientos de laderas cuyo resultado fueron potentes aglomerados, de gruesa a muy gruesa granulometría, depositados en forma espontánea como resultado de fuertes movimientos telúricos. Por su parte, el lago de La Poma se originó por cerramiento del Valle Calchaquí por coladas basálticas ocurridas durante el Cuaternario.

Geología regional

El Valle Calchaquí, o fosa Calchaquí, es una depresión tectónica cuaternaria de rumbo norte-sur desarrollada paralelamente a lo largo de la faja límite entre las

Sierras Pampeanas Septentrionales y la Puna (Fig. 1).

El basamento del Proterozoico Superior-Paleozoico Inferior es de naturaleza metamórfico-ígnea, sobre el cual se disponen dos cuencas colmadas por sucesiones continentales (Fig. 2): una de capas rojas (Grupo Salta) cretácico-paleógenas acumuladas en cuencas en rift (Salfity y Marquillas 1994) y otra fluvial (Grupo Payogastilla) neógena depositada en una cuenca de antepaís aledaña a la cuña orogénica (González 2002).

La cuenca en rift cretácico-paleógena se desarrolló principalmente hacia el oriente del Valle Calchaquí y su inversión tectónica ocurrió a través de sucesivos pulsos durante las orogenias Incaica (Eoceno Tardío-Oligoceno), Quechua I y II (Mioceno Medio y Tardío, respectivamente) y Diaguita (Pleistoceno Temprano).

La cuenca neógena de antepaís (Mioceno-Pleistoceno Temprano) se desarrolló al oriente de la Puna en virtud de corrimientos miocénicos de vergencia oriental, de los cuales los más conspicuos son los de la zona de falla de Quilmes (Fig. 2). Los apilamientos tectónicos originados indujeron enérgica subsidencia en la actual fosa Calchaquí, donde los espesores medidos superan los 4.000 metros de depósitos neógenos. Esta cuenca evolucionó durante la orogenia Quechua (especialmente la Quechua II) y fue finalmente invertida por la orogenia Diaguita. Esta última ocurrió en la región con posterioridad a los 1,3 Ma (Malamud *et al.* 1996).

Entre las latitudes estudiadas, la depresión tectónica o fosa Calchaquí (Fig. 2) está delimitada al este por la falla El Zorrito y al oeste por la falla de Quilmes y otras asociadas (Grier *et al.* 1991, Marrett *et al.* 1994). Dentro de la depresión es posible distinguir dos unidades estructurales situadas respectivamente en los bloques levantado y hundido del corrimiento ubicado en su interior: hacia el este, la sierra de La Apacheta y hacia el oeste, la depresión del actual valle cuaternario. Esta fractura, subsidiaria de la falla El Zorrito, eventualmente habría tenido incumbencia en la generación de la presa (Fig. 2) aunque quedan por establecer los mecanismos ocurridos.

La fractura de vergencia occidental del este de la fosa Calchaquí (falla El Zorrito) fue una falla directa del rift cretácico reactivada como corrimiento durante la orogenia Diaguita, que originó la inversión tectónica definitiva de la cuenca del Grupo Salta (Grier *et al.* 1991). El labio levantado de la falla El Zorrito formó la sierra Colorada (Fig. 2), compuesta por las sucesiones de capas rojas del rift cretácico del Grupo Salta, de más de 3.400 m de altura sobre el nivel del mar.

De modo análogo, la inversión tectónica de las acumulaciones neógenas del Grupo Payogastilla se originó durante la orogenia Diaguita. Como consecuencia se formó la sierra de La Apacheta sobre el bloque levantado del corrimiento ubicado en el centro del valle (Fig. 2). Dicha sierra se levantó a más de 3.600 m de altura sobre el nivel del mar.

El Valle Calchaquí como estructura deprimida de rumbo norte-sur, exhibe una nítida inflexión en la latitud de Angastaco (Figs. 1 y 2): el rumbo del valle se modifica en forma muy llamativa y discurre desde el oeste hacia el

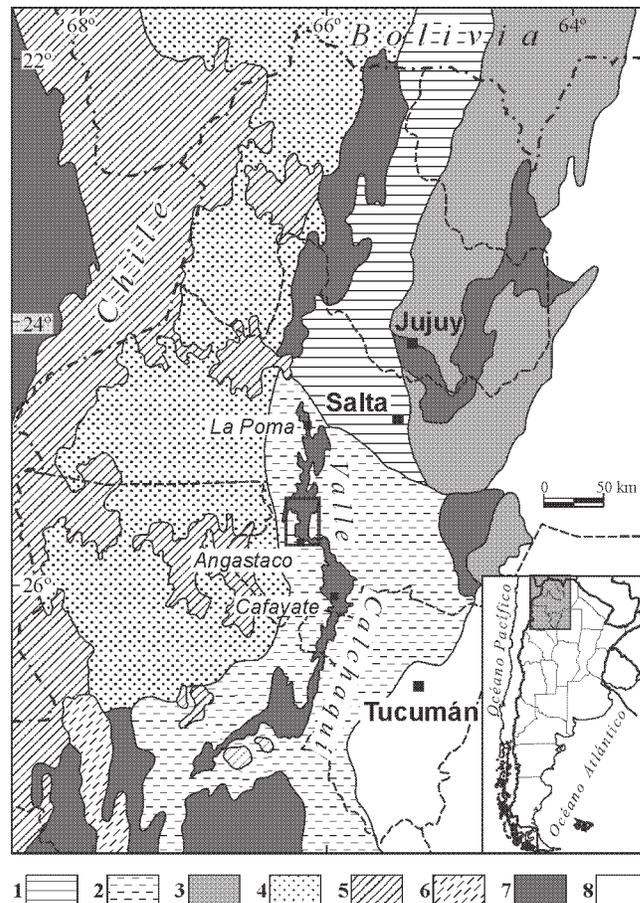


Figura 1: El Valle Calchaquí y las provincias geológicas del norte argentino (adaptado de Salfity y Marquillas 1994). El recuadro indica la ubicación de la figura 2. 1) Cordillera Oriental, 2) Sierras Pampeanas Septentrionales, 3) Sierras Subandinas, 4) Puna, 5) Arco volcánico de la Cordillera Principal, 6) Sistema de Famatina, 7) Depresiones cuaternarias y 8) Llanura Chaqueña.

este, donde el río atraviesa la sierra de La Apacheta compuesta por depósitos fluviales neógenos, plegados y fallados, del Grupo Payogastilla.

El codo originado por el río Calchaquí está representado por un alto topográfico por donde se labró y desarrolló una angosta garganta transversal al valle de unos ocho kilómetros de longitud, conocida como paso La Flecha. Desde allí el río restablece su rumbo hacia el sur siguiendo en este caso la línea estructural de la zona de fallas de El Zorrito que constituye el borde oriental del valle (Fig. 2).

El paso La Flecha forma parte del tramo más austral de la sierra de La Apacheta (Fig. 2), junto con la cual emergió durante la inversión estructural (orogenia Diaguita) de la cuenca neógena. Tal emersión estructural favoreció la formación de la presa que ocluyó el valle y dio lugar al origen de la cuenca lacustre.

De este modo el Valle Calchaquí se subdivide en dos tramos escalonados, al norte y al sur del codo La Flecha: el septentrional desplazado al oeste respecto del austral. Ambos tramos estuvieron mutuamente aislados por el

codo La Flecha durante parte del tiempo cuaternario, y en ambos se desarrollaron sistemas lacustres, aunque se desconoce si estos fueron contemporáneos.

Los depósitos lacustres

Como consecuencia de lo observado se dedujo que durante el Cuaternario, en algún momento previo a que el río labrara la garganta del paso La Flecha, existió una cuenca cerrada, lacustre, agua arriba de la oclusión del valle.

Por tal motivo se recorrió la comarca al norte de la latitud de Angastaco y se comprobó que al este del paraje El Carmen, sobre la margen izquierda del río Calchaquí (Fig. 2), se expone una sucesión lacustre de 25 m de espesor aflorado sin base a la vista, aunque se infiere que yace en discordancia angular sobre el Grupo Payogastilla.

La cubren depósitos de pie de monte procedentes desde el oriente del valle, los que a su vez muestran evidentes cambios laterales de facies, en forma de interdigitaciones físicamente continuas, con las acumulaciones lacustres. Asimismo, depósitos de pie de monte procedentes desde el oeste del valle muestran parcial equivalencia lateral con los depósitos lacustres, lo cual se observa dos kilómetros al noroeste de El Carmen, sobre la margen derecha del río Calchaquí.

Los depósitos lacustres son arcillo-limosos y arenosos finos a muy finos, laminados, portadores de yeso, lo que indicaría condiciones de aridez.

Es posible distinguir seis facies:

i) Limolita castaño clara y arcilita castaño rojiza. Se presentan muy finamente interestratificadas, de tipo tabular, con laminaciones paralelas continuas, repetidas cíclicamente. Muestran algunas bioturbaciones paralelas y perpendiculares a los planos de estratificación producidas probablemente por organismos vermiformes. También se observan estructuras de escape de fluidos en forma de discos de tamaños variables entre 1 y 3 centímetros. Se interpreta como producidas por decantación a partir de suspensión, influenciadas por aguas con elevado contenido en oxígeno. El tipo de bioturbación presente favorece y aumenta la oxidación de las pelitas. El escape produce la deformación del sedimento blando saturado con fluidos, los que fluyen hacia arriba por efecto de la presión de la columna de sedimentos.

ii) Limolita castaño clara con motas de oxidación de color ocre. Se presentan en estratos finos y medianos con estructura maciza o laminar plana discontinua y de composición ferruginosa. Contienen láminas discontinuas paralelas de yeso, mineral que también se encuentra diseminado como cristales milimétricos o en ocasiones formando rosetas. De igual modo, se encuentran concreciones carbonáticas discoidales, tipo marlekor, de color blanco amarillento, con diámetros muy variables entre milimétricos y centimétricos. Las motas de color ocre se interpretan como producidas por oxidación incompleta de materia orgánica finamente distribuida en la limolita, o bien por oxidación parcial de sedimentos ferruginosos ricos en cloritas ferríferas. La presencia de láminas discontinuas

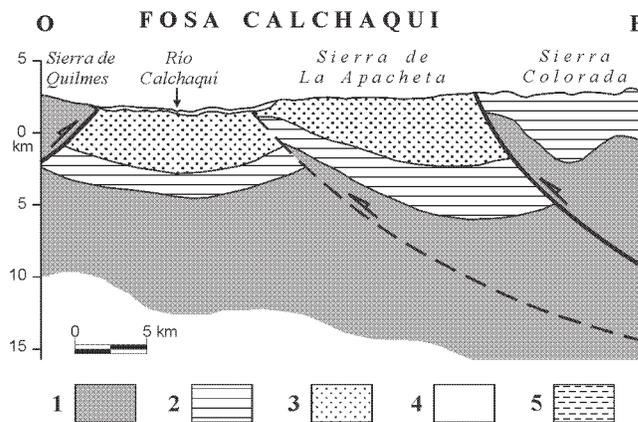
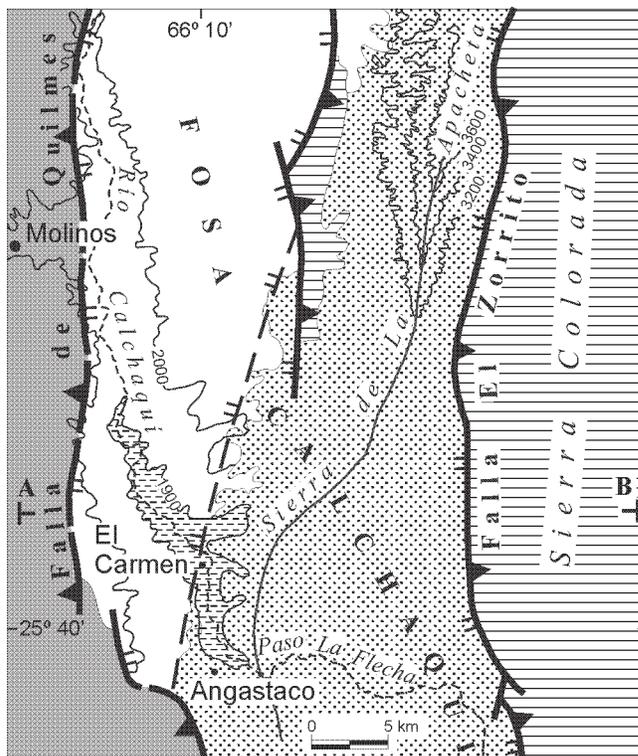


Figura 2: Arriba: Mapa geológico simplificado de la porción central del Valle Calchaquí (adaptado de Salfity y Monaldi, 1998). Ubicación: véase Figura 1. A-B Corte estructural. 1) Basamento metamórfico-ígneo precámbrico-paleozoico, 2) Grupo Salta (Cretácico-Paleógeno), 3) Grupo Payogastilla (Neógeno) (se indica las curvas de nivel más elevadas de la sierra de La Apacheta y la línea de su cumbre), 4) Cuaternario, 5) Supuesta dispersión del lago cuaternario, según la curva de nivel actual, aproximada, de 1.900 m sobre el nivel del mar. Se indica también la curva de nivel de 2.000 metros s.n.m. Abajo: Corte estructural esquemático A-B, no balanceado, a lo largo del paralelo 25°36' LS. Las referencias son idénticas a las del mapa geológico.

de yeso, como también de cristales diseminados en la masa del sedimento, sugiere exposición aérea o con lámina de agua muy somera. Aún más, la presencia de rosetas con cristales laminares de yeso indicaría exposición subaérea más prolongada. Las estructuras tipo marlekor sugieren la presencia de sales carbonatadas al momento

del depósito o en una etapa de diagénesis muy temprana.

iii) Arcilita castaño rojiza. Se presenta en estratos finos a medianos tabulares, macizos, con consolidación media. Se considera son producidas por decantación a partir de suspensión, en posiciones medias o más internas del lago.

iv) Arena fina a muy fina en estratos macizos. Los estratos son medianos a muy finos, tabulares, de color gris pálido a gris amarillento con manchas ocres irregulares, con bioturbación de tipo vermiforme, débilmente consolidada. El techo de los estratos está cubierto por láminas de yeso, muy finas e irregulares, de extensión lateral variable. Las arenas macizas se interpretan fueron depositadas por corrientes efímeras en posiciones someras y litorales del lago, sometidas a exposición subaérea que favoreció la precipitación de yeso en su superficie, con procesos de bioturbación y oxidación parcial.

v) Arena fina a muy fina con laminación convoluta. Se presenta en estratos tabulares medianos a muy finos, de color gris pálido a gris amarillento, con débil consolidación. Se interpretan como formadas por la deposición de arenas en posiciones más profundas del lago, ocurridas por avenidas de corrientes episódicas que ingresaban al lago ocasionando deformación sinsedimentaria intensa de las láminas.

vi) Arena fina a muy fina con microlaminación ondulítica de corriente. Posee estratos tabulares medianos a muy finos, de color gris pálido a gris amarillento y friables. Se encuentran cubiertas por finas costras ferruginosas ocres, duras, irregulares y paralelas a la estratificación. Se considera como depositadas por corrientes unidireccionales en fase de óndula, con condiciones someras y exposición subaérea lo que les ocasionaría la formación de las costras ferruginosas en su superficie.

Es posible concluir que el lago fue de tipo intramontañoso con sedimentación detrítica predominante. Las facies sedimentarias reflejan periódicas exposiciones que indican un lago con régimen efímero.

La forma de la depresión donde se instaló el lago habría sido elongada, con rumbo nornoroeste-sudsudeste (Fig. 2). Suponiendo que eventuales basculamientos posteriores al emplazamiento del lago no hayan tenido significación topográfica, es posible estimar que la cuenca alcanzó una longitud mínima de 15 km, reconstrucción que se propone siguiendo la línea de nivel actual de 1.900 m de altura sobre el nivel del mar, es decir la cota de los afloramientos estudiados. Probablemente, en el ámbito regional de la depresión hayan coexistido diversas comarcas anegadas formando pequeños lagos aislados, aunque estos pudieron haberse comunicado por mayor aporte circunstancial de agua a la cuenca. Es probable que la deposición fluvial superpuesta a la cuenca lacustre haya estado parcialmente vinculada con mayores aportes de agua, y suscitado de ese modo la ruptura de la presa y la consiguiente apertura de la cuenca y su comunicación con la cuenca austral a través de la garganta elaborada por el río Calchaquí en el paso La Flecha.

Conclusiones

Los sedimentos aquí descriptos son demostrativos de la existencia de una cuenca lacustre intramontañosa, detrítica, que durante el Cuaternario se extendió por lo menos a lo largo de 15 km en el Valle Calchaquí central, al norte de la población de Angastaco.

Allí el Valle Calchaquí fue ocluido por la emergencia de sucesiones continentales neógenas (Grupo Payogastilla), plegadas y falladas durante la inversión tectónica de la orogenia Diaguíta, ocurrida en la región con posterioridad a 1,3 Ma, es decir Pleistoceno Temprano. La presa que dio lugar a la formación de la cuenca lacustre fue producto de la emergencia de la sierra de La Apacheta, cuyo tramo austral taponó el Valle Calchaquí y originó el dique de contención de las aguas en la latitud de Angastaco. Esta presa se instaló sobre el extremo occidental del notable codo del río Calchaquí conocido como paso La Flecha.

La índole del origen de la presa de esta cuenca lacustre, como producto de la inversión tectónica de la cuenca neógena previa, es novedosa en el marco de las Sierras Pampeanas Septentrionales y de la Cordillera Oriental argentina, donde los lagos cuaternarios conocidos se originaron por otros motivos (colapso de laderas por sismos, cuencas de *piggy-back* y derrames volcánicos).

El marco geológico reseñado permite establecer que durante el Cuaternario, el actual Valle Calchaquí estuvo constituido por dos cuencas fluvio-lacustres divididas por el alto del paso La Flecha: la cuenca septentrional (lago de Angastaco), motivo de esta nota, y la austral (lago de Cafayate). No se dispone aún de suficiente información cronológica que permita correlacionar con precisión ambos episodios lacustres dentro del tiempo cuaternario.

El alto del paso La Flecha se ubica en la parte sur de la sierra de La Apacheta, estructura plegada y fallada compuesta por sedimentos neógenos del Grupo Payogastilla. El río Calchaquí actualmente corta el alto del paso La Flecha con un definido rumbo oeste-este.

El depósito de abanicos aluviales que cubrió la cuenca lacustre, y la colmató, estuvo acompañado por esporádico exceso de agua que habría facilitado la ocurrencia de derrames a través del codo La Flecha. Este proceso habría favorecido la captura de la cuenca cerrada de Angastaco por parte del sistema fluvial retrocedente de la cuenca austral.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los colegas Cecilia del Papa, Jonas Kley, Randal Marrett y William Wayne por los intercambios de opinión y valiosas sugerencias formuladas. Asimismo, a los árbitros Roberto A. Scasso y Lucía Ruzycki por los atinados comentarios y críticas que facilitaron la redacción del trabajo. Este trabajo contó con subsidios del Conicet y del Consejo de Investigación de la

Universidad Nacional de Salta (proyecto 1198) así como la colaboración de la Secretaría de Minería de la Provincia de Salta.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Gallardo, E.F., 1990. Geología del Cuaternario en la confluencia de los ríos Calchaquí y Santa María (Salta). *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 43(4) (1988): 435-444.
- González, R.E., 2002. El Subgrupo Jujuy (Neógeno) entre los 24°-26° LS y 64°-66° LO, tramo centro-austral de la cadena Subandina argentina, provincias de Salta y Jujuy. Tesis Doctoral Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta (inédito).
- Grier, M.E., Salfity, J.A. y Allmendinger, R.W., 1991. Andean reactivation of the Cretaceous Salta rift, northwestern Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 4: 351-372.
- Malamud, B.D., Jordan, T.E., Alonso, R.N., Gallardo, E.F., González, R.E. y Kelley, S.A., 1996. Pleistocene Lake Lerma, Salta province, NW Argentina. *Actas 13° Congreso Geológico Argentino y 3° Congreso de Exploración de Hidrocarburos*, 4: 103-114. Buenos Aires.
- Marrett, R.A., Allmendinger, R.W., Alonso, R.N. y Drake, R.E., 1994. Late Cenozoic tectonic evolution of the Puna Plateau and adjacent foreland, northwestern Argentine Andes. *Journal of South American Earth Sciences*, 7(2), 179-207.
- Salfity, J.A. y Marquillas, R.A. 1994. Tectonic and sedimentary evolution of the Cretaceous-Eocene Salta Group Basin, Argentina. En: Salfity, J.A. (Ed.): *Cretaceous Tectonics of the Andes*, p. 266-315. *Earth Evolution Sciences*, Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig/Wiesbaden.
- Salfity, J.A. y Monaldi, C.R., 1998. Mapa Geológico de la Provincia de Salta, Escala 1:500.000. Segemar-Servicio Geológico Minero de la Argentina. Buenos Aires.
- Trauth M.H. y Strecker, M.F., 1999. Formation of landslide-dammed lakes during a wet period between 40,000 and 25,000 yr B.P. in northwestern Argentina. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 153(1-4): 277-287.
- Vilela, C.R., 1953. Acerca de la presencia de sedimentos lacustres en el Valle Calchaquí. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 7(4) (1952): 219-227.

Recibido: 7 de mayo, 2003

Aceptado: 16 de marzo, 2004