

GEOLOGÍA REGIONAL DEL VALLE CALCHAQUÍ, ARGENTINA

José Antonio Salfity

Universidad Nacional de Salta-Conicet, Buenos Aires 177, 4400 Salta, Argentina.
E-mail: salfity@sinectis.com.ar

Resumen

Sobre la base del análisis de la geología regional del Valle Calchaquí se replantea su emplazamiento en el contexto de las provincias geológicas que lo circundan, de modo tal que es posible postular la identificación de una nueva morfoestructura en el norte de la Argentina: la provincia geológica Calchaquenia. La naturaleza y diseño de la red de avenamiento de ambos flancos de la cuenca del Valle Calchaquí permiten conjeturar y discernir acerca de su antigüedad relativa, así como de los orígenes de la alta cuenca y de la baja cuenca. La constitución geológica de la cuenca y sus principales rasgos estructurales son descritos en relación con la evolución de su red de drenaje. Asimismo, se analiza la historia geológica de la región del Valle Calchaquí desde el Cretácico-Paleógeno, Neógeno y Cuaternario, y se describen los eventos tectónicos que originaron las sucesivas inversiones estructurales hasta alcanzar el estado morfológico actual. Finalmente, se compara el estilo estructural y el emplazamiento regional del Valle Calchaquí respecto de depresiones análogas que se formaron sobre el pie occidental de las Cordilleras Orientales a lo largo de los Andes Septentrionales y Centrales.

Palabras clave: Valle Calchaquí, Historia geológica, Tectónica, Cuaternario, Argentina.

Abstract

Regional geology of Calchaqui Valley, Argentina. An analysis of the regional geology of the Valle Calchaquí allows to restate its location in the context of the geologic provinces of northern Argentina. It is thus possible to postulate a new morphostructural province in the region. The nature and the design of the drainage pattern of the Valle Calchaquí basin allow to deduce the relative age of both eastern and western flanks, as well as the origin of the high basin and of the low basin. The genesis and the evolution of the drainage pattern are linked to the geologic constitution of the basin and to their main structural features. Moreover the geologic history of the region of the Valle Calchaquí, from the Cretaceous-Paleogene up to Neogene and Quaternary, is analyzed. A description is also made of the tectonic events that originated the successive structural inversions until reaching the current morphology. This study allows to compare the structural pattern and the regional location of the Valle Calchaquí with those of similar depressions that were formed on the western side of the Eastern Cordilleras along Northern and Central Andes.

Key words: Calchaqui Valley, Geologic history, Tectonics, Quaternary, Argentina.

Trabajo presentado con motivo de la entrega del premio "Guillermo Bodenbender" en Geología Regional del Noroeste Argentino, el 21 de noviembre de 2003.

Introducción

Los valles andinos de la región del noroeste de la Argentina representan unidades morfoestructurales de indudable importancia geológica, principalmente desde el punto de vista de la geología del Cuaternario. El caso del Valle Calchaquí es de particular interés por ofrecer relevantes aspectos geológicos, estratigráficos, tectónicos y geomorfológicos investigados, entre varios otros autores, por Frenguelli (1936), Castellanos (1961), Méndez (1974, 1975), Turner y Mon (1979), Allmendinger et al. (1983), Marret et al. (1994) y Riller et al. (1999).

El Valle Calchaquí es una depresión tectónica de primer orden emplazada entre dos destacadas provincias geológicas: la Cordillera Oriental por el norte y las Sierras Pampeanas por el sur (Figura 1). Su borde oeste limita con la Puna Austral (Alonso et al. 1984), y por el norte y por el sur está definitivamente señalado por lineamientos continentales (Figura 2).

La información disponible permitió preparar este artículo a través del cual se intenta brindar un panorama de la geología regional del Valle Calchaquí. De este modo se discute la ubicación de su cuenca en el contexto de las provincias geológicas del norte argentino. Asimismo, se analiza el ámbito geográfico, el desarrollo de la red hidrográfica y las cadenas montañosas y cumbres que la circundan, y se describe la constitución geológica y los principales rasgos estructurales. También se brindan consideraciones acerca de la historia geológica y sedimentaria sucedida en el Cretácico-Paleógeno, en el Neógeno y en el Cuaternario, así como las sucesivas inversiones tectónicas que gobernaron o indujeron la actual constitución geológica. Finalmente, se propone que los Valles Calchaquíes constituyen un modelo de valle andino, comparable con otras depresiones tectónicas análogas de los Andes Septentrionales y Centrales.

Calchaquenia

La ubicación del Valle Calchaquí en una región intermedia entre la Cordillera Oriental y las Sierras Pampeanas (Figuras 1 y 2) indujo a variadas interpretaciones sobre su posición morfoestructural. De este modo, el Valle Calchaquí fue considerado como integrando una unidad morfoestructural de transición que Baldis et al. (1976) denominaron Cumbres Calchaquíes, concebida como una extensión austral de la Cordillera Oriental en el sentido de Turner (1972). Baldis et al. (1975) también definieron las Sierras Subandinas Tucumanas, serranías ubicadas al este de las Cumbres Calchaquíes entre el corrimiento Oclóyico y el lineamiento de Aconquija

(Figura 3). A su vez, Cumbres Calchaquíes y Sierras Subandinas Tucumanas fueron consideradas, total o parcialmente, como integrando el segmento austral del Sistema de Santa Bárbara (Rolleri 1976), también como el sur de la Cordillera Oriental (Turner y Mon 1979, González y Mon 1996), el norte de las Sierras Pampeanas Noroccidentales (Camino 1979) y el sudoeste de las Sierras Subandinas (Mingramm et al. 1979).

La múltiple adjudicación de esta región a tan diversas provincias geológicas no aportó certidumbre sobre su posición y su identidad morfoestructural. En verdad, su composición geológica y sus características estructurales invitan a reiterar la tesis de Baldis et al. (1976) y a considerarla –con ciertas variantes– como una entidad morfoestructural independiente, susceptible de distinguirse de las provincias geológicas adyacentes.

Para obviar la sinonimia entre Cumbres Calchaquíes (provincia geológica) Cumbres Calchaquíes (unidad orográfica) sugerimos distinguir esta provincia geológica con el nombre de *Calchaquenia* (Figura 3), cuyos límites propuestos son: al norte la Cordillera Oriental mediante el lineamiento de El Toro, al sur las Sierras Pampeanas mediante el lineamiento de Aconquija, al oeste la Puna Austral y al este el tramo austral del Sistema de Santa Bárbara, en este caso la depresión de Metán situada al sur del río Juramento. De este modo, la mitad occidental de Calchaquenia se integra por el Valle Calchaquí y toda su cuenca imbrífera, y la mitad oriental por las serranías –incluidas las Sierras Subandinas Tucumanas– y depresiones ubicadas entre dicha cuenca y la depresión de Metán.

La constitución estratigráfica de Calchaquenia (Figura 4) consiste de un basamento metamórfico-ígneo (Proterozoico Superior-Paleozoico Inferior) que infrayace a espesas sucesiones continentales del Grupo Salta (Cretácico-Paleógeno), de los Grupos Orán, Payogastilla y Santa María (Mioceno-Pleistoceno Inferior) y de depósitos fluviales, lacustres y eólicos del Cuaternario. No debe excluirse la presencia de Paleozoico Inferior sedimentario, que hasta el presente sólo es conocido puntualmente en muy escasos perfiles.

Como comparación con Calchaquenia, se destaca que, al norte del lineamiento de El Toro, la Cordillera Oriental posee potentes sucesiones cámbricas y ordovícicas que yacen sobre el basamento precámbrico. En cambio, no se depositaron allí las espesas sucesiones cretácicas sinrift, pues la Cordillera Oriental se comportó como un alto estructural en casi toda su extensión, sea formando parte de la dorsal Salto-

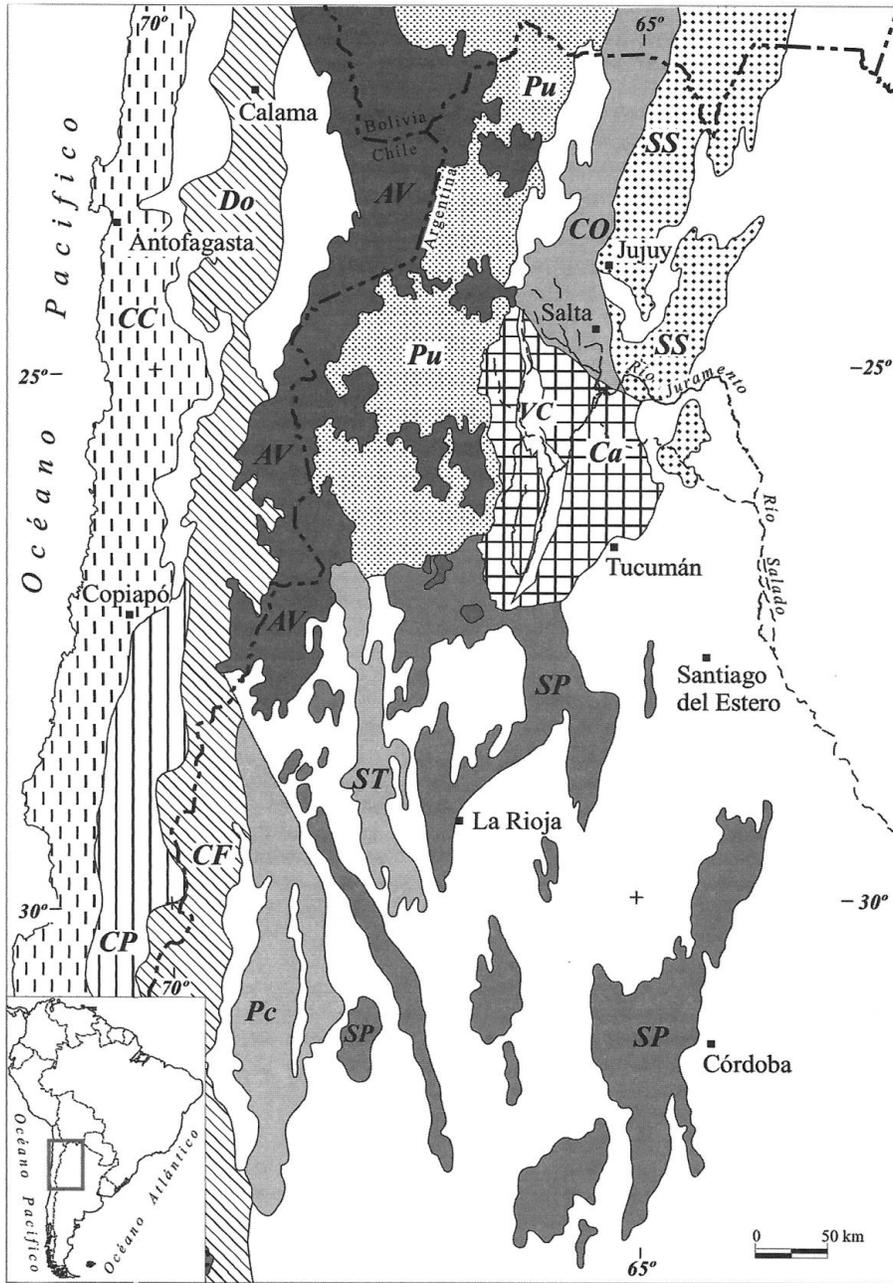


Fig. 1. El Valle Calchaquí y las provincias geológicas del noroeste argentino. CO Cordillera Oriental, Ca Calchaquenia, VC Valle Calchaquí, SP Sierras Pampeanas, SS Sierras Subandinas, Pu Puna, AV Arco Volcánico, ST Sierras Traspampeanas (Famatina), Pc Precordillera, CF Cordillera Frontal, CP Cordillera Principal, Do Cordillera de Domeyko, CC Cordillera de la Costa. En blanco: Valles andinos y llanuras. El diseño de las provincias geológicas en Chile y Bolivia es sólo conceptual.

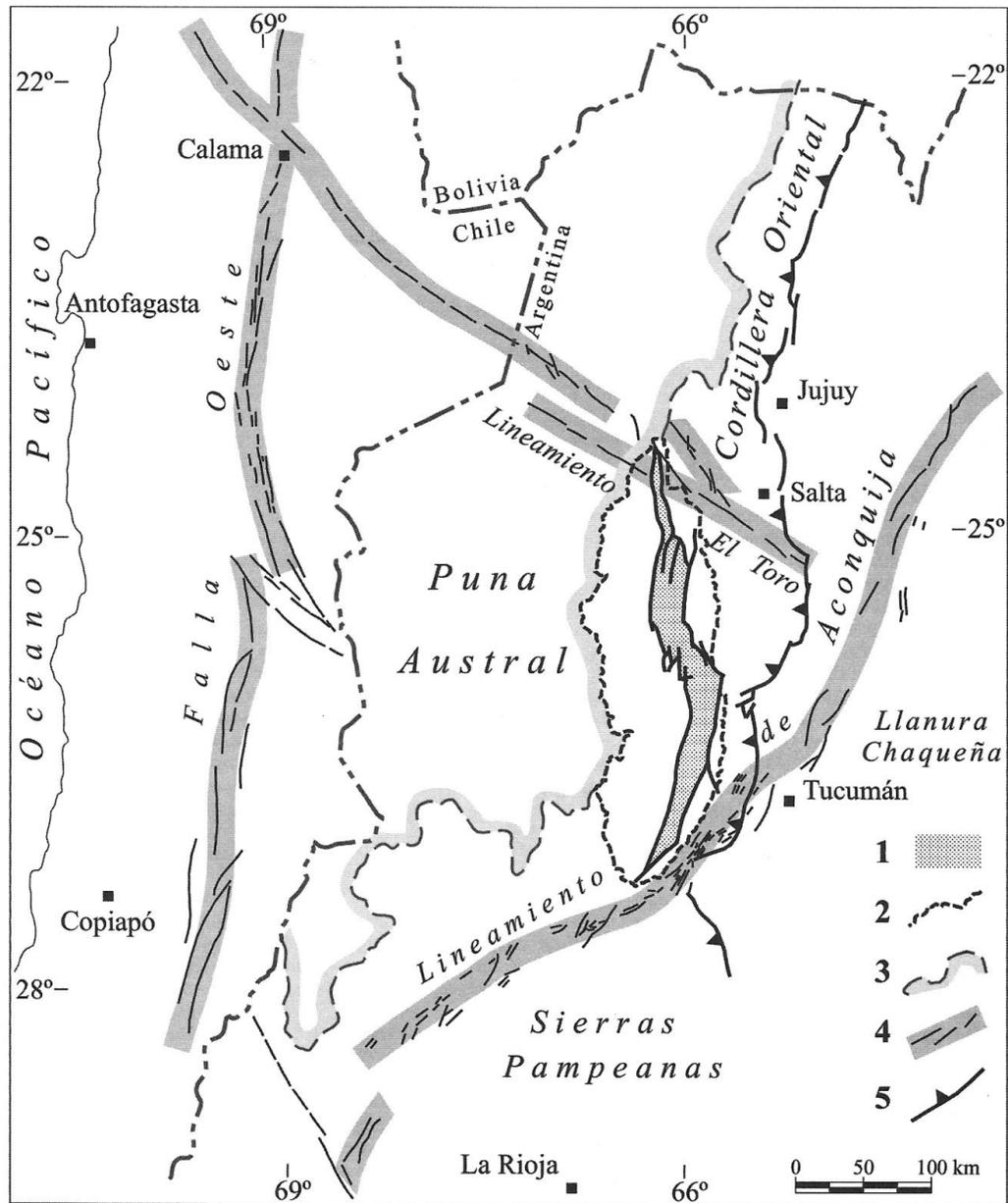


Fig. 2. Marco del emplazamiento tectónico del Valle Calchaquí (Adaptado de Salfity 1985). 1 Valle Calchaquí, 2 Cuenca hídrica del Valle Calchaquí cuyo límite oeste coincide con el borde oriental de la Puna Austral, 3 Límites oriental y austral de la Puna, 4 Lineamiento, 5 Corrimiento Oclóyico.

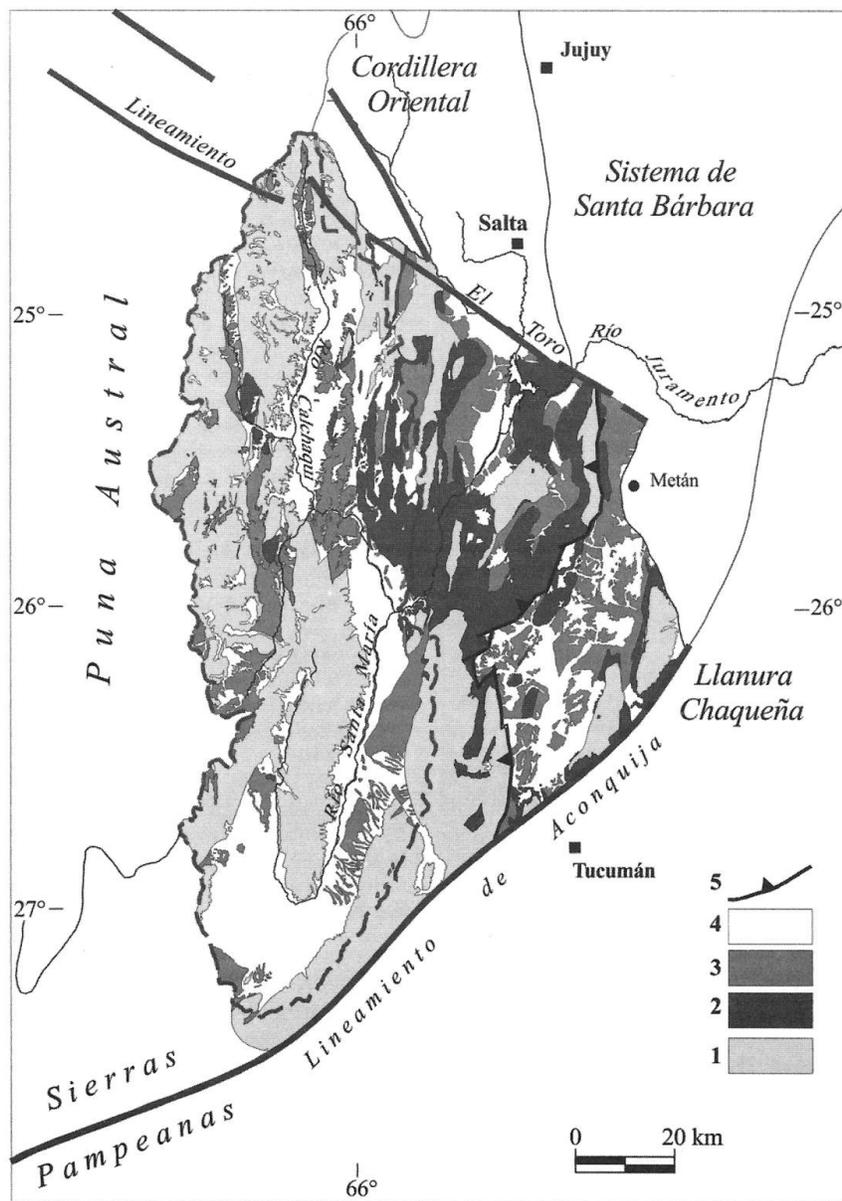


Fig. 3. Mapa geológico de Calchaquenia y sus límites con provincias geológicas circundantes (Basado en Mon y Salfity 1995, Salfity y Monaldi 1998). 1 Basamento (Proterozoico Superior-Paleozoico Inferior), 2 Grupo Salta (Cretácico-Paleógeno), 3 Grupos Payogastilla, Santa María y Orán (Neógeno), 4 Depósitos fluviales, lacustres y eólicos (Cuaternario), 5 Corrimiento Oclóyico. Líneas entrecortadas: límites de la cuenca hídrica del Valle Calchaquí.

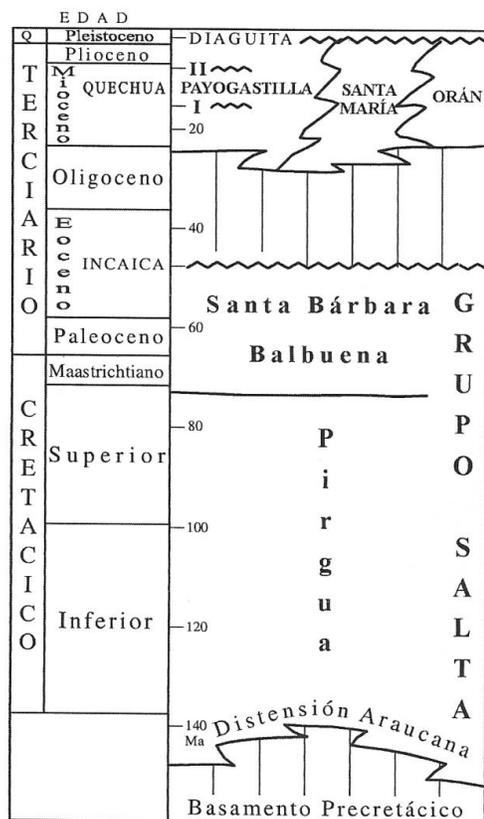


Fig. 4. Tabla estratigráfica de Calchaquenia. Grupos se indican con mayúsculas, y subgrupos con minúsculas. Se señalan las orogenias Incaica, Quechua (pulsos inicial y final) y Diaguita.

Jujeña o, más al norte, del alto de Cóndor (Salfity y Marquillas 1994); en forma similar, los depósitos neógenos tienen escaso desarrollo de espesor y aparentemente representan sólo el Plioceno.

El lineamiento de El Toro dividió durante el Cretácico el basamento de la cuenca del Grupo Salta: edad ordovícica al norte y edad precámbrica al sur (Salfity 1979). Esta diferenciación entre el basamento precretácico de la Cordillera Oriental y de Calchaquenia, al sur y al norte del lineamiento de El Toro (Kley et al. 1998), indica que desde esos tiempos se delineaba la definida distinción que hoy se observa entre ambas provincias geológicas.

El Valle Calchaquí

El Valle Calchaquí (Figura 5) ocupa la porción occidental de Calchaquenia. Su cuenca hídrica está delimitada dentro de una superficie de forma oval de 22.650 kilómetros cuadrados, alargada unos 330 km en el sentido norte-sur y de unos 100 km de ancho máximo. Ella constituye la parte principal de la cuenca superior del Río Juramento-Salado.

La red de avenamiento del Valle Calchaquí muestra claramente la presencia de dos fajas, cada una de las cuales identifica, respectivamente, la alta cuenca y la baja cuenca. La alta cuenca es característicamente la emplazada a lo largo la faja occidental. Está compuesta por tres subcuencas que drenan hacia el Valle y descargan sus aguas a través de sendos colectores: son las subcuencas de Luracatao, Guasamayo y Toroyacu. Las dos primeras pertenecen a la cuenca del río Calchaquí y la tercera a la del río Santa María.

La baja cuenca se caracteriza por múltiples afluentes directos de los ríos Calchaquí y Santa María. Los afluentes del flanco oeste de ambos ríos provienen respectivamente de las cumbres de la Sierra de Cachi y de la Sierra de Quilmes, ambas constituidas mayoritariamente por el basamento metamórfico-ígneo (Figuras 5 y 6). Nótese que las cumbres del límite occidental de la baja cuenca (cerro Libertador San Martín, 6.380 m, cerro Chuscha, 5.512 m) son más elevadas que las cumbres de la alta cuenca, sobre los contrafuertes de la Puna. Por el oriente, la baja cuenca aporta sus afluentes hacia el río Calchaquí desde los cerros de Lampasillos (terrenos del basamento) y de La Apacheta (terrenos neógenos), y también los afluentes que nacen al oeste de la sierra del León Muerto (terrenos cretácicos). Hacia el sur, los aportes hacia el río Santa María provienen desde las Cumbres Calchaquíes (basamento en la cima, Neógeno en los faldeos).

Con excepción de la comarca de Tonco-Amblayo –cuya red de avenamiento posee definida orientación norte sur según las estructuras que la regulan– el diseño de los afluentes de la baja cuenca, tanto desde el oriente como desde el occidente, es de hábito rectangular, perpendicular, respecto de los ríos colectores Calchaquí y Santa María.

La alta cuenca se desarrolla totalmente sobre el flanco occidental del Valle Calchaquí. Asimismo, sobre ese mismo flanco se formó la franja oeste de la baja cuenca. Por su parte, sobre el flanco oriental del Valle se formó sólo la franja este de la baja cuenca; allí no se desarro-

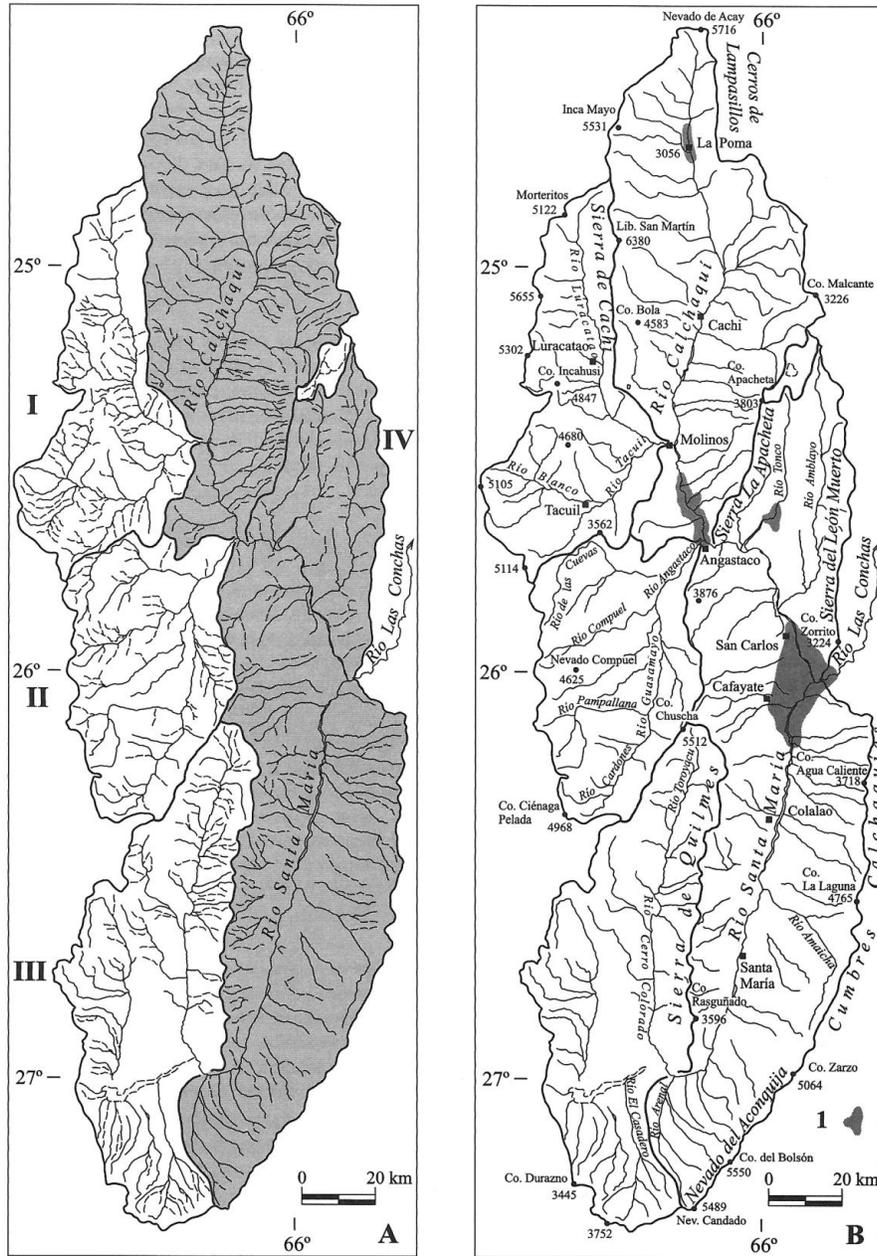


Fig. 5. Red de avenamiento y subcuencas del sistema fluvial de la cuenca hídrica del Valle Calchaquí, entre los nevados de Acay y Aconquija (Base: Cartas del Instituto Geográfico Militar, escala 1:250.000). A: Cuenca alta del Valle Calchaquí (en blanco); Cuenca baja del Valle Calchaquí (gris). Subcuencas: I Luracatao, II Guasamayo, III Colorado, IV Amblayo. B: Toponimia. 1 Ubicación de los lagos cuaternarios de La Poma, Angastaco, Tonco y Cafayate.

lló una alta cuenca análoga a la existente al oeste. El flanco oeste ocupa aproximadamente la tercera parte del total de la superficie de la cuenca hídrica.

La alta cuenca muestra diseño dendrítico, con la particularidad de que los principales colectores son notablemente paralelos a las líneas de las altas cumbres que delimitan las subcuencas, como los ríos Luracatao, Guasamayo y Toroyacu.

Tectónica

En la baja cuenca del Valle Calchaquí es donde se estableció la fosa tectónica por donde discurren los ríos Calchaquí (de norte a sur) y Santa María (de sur a norte) y que confluyen en la latitud de Cafayate, donde nace su colector el río Las Conchas (de sudoeste a nordeste) (Figuras 5 y 6).

El río Calchaquí nace en el nevado de Acay (5.716 m s.n.m.), y el río Santa María en los Nevados del Aconquija (5.550 m). El punto más alto de la cuenca es el Cerro Libertador (6.380 m s.n.m.) y el más bajo es la confluencia entre los ríos Calchaquí y Santa María (aproximadamente 1.550 m s.n.m.). Las diferencias de cota son elocuentes y revelan el dinamismo del ambiente estructural y morfológico donde se desarrolla el sistema de avenamiento del Valle Calchaquí.

Las tres poblaciones de afluentes de la alta cuenca del Valle, subcuencas de Luracatao, Guasamayo y Toroyacu, están controladas por líneas estructurales de primer orden (Figuras 5 y 6). Las altas cumbres de los Nevados de Cachi y de la Sierra de Quilmes se corresponden con una línea estructural de corrimientos de vergencia occidental que elevaron esas sierras y, a la vez, formaron los flancos orientales de las depresiones de los ríos Luracatao, Guasamayo y Toroyacu, donde se conservan relictos de depósitos neógenos.

Las cumbres más altas de la cuenca se ubican en esa línea estructural de corrimientos, que tiene casi la misma extensión longitudinal que el Valle Calchaquí (Figura 6). A su vez, el borde oeste de estas estrechas depresiones está señalado por corrimientos de vergencia oriental, al oeste de los cuales el basamento consiste casi exclusivamente de elementos de la faja eruptiva de la Puna Oriental (Méndez et al. 1973, Hongn 1995), es decir la Formación Oire (Paleozoico Inferior) y sus equivalentes.

En definitiva, la línea estructural marcada por las depresiones de Luracatao, Guasamayo y Toroyacu representa una sutura, vigente probablemente desde el Proterozoico Superior-

Paleozoico Inferior, que pone en contacto las unidades del basamento metamórfico-ígneo del Proterozoico Superior-Eopaleozoico, al este, con las que integran la faja eruptiva de la Puna Oriental del Paleozoico Inferior, al oeste. Esta sutura, conocida como frente Púnico (Salfity et al. 1975), se reactivó en el Cretácico y posteriormente en el Neógeno con la formación de fosas cuyas acumulaciones se invirtieron estructuralmente con los movimientos de la orogenia Diaguita, ocasión en que se originaron las actuales depresiones tectónicas, de definido estilo compresional. De manera que el significado paleogeográfico de esta sutura quizá resulte tan relevante como la que actualmente define el propio Valle Calchaquí. De este modo, los sistemas fluviales que constituyen los afluentes occidentales del Valle Calchaquí fluyen a lo largo de otra depresión paralela a éste, por donde se canalizan todas las aguas provenientes de las cumbres que delimitan los contrafuertes orientales de la Puna Austral. Al oriente de la alta cuenca, o sea en los flancos orientales de las Sierras de Cachi y de Quilmes, discurren los afluentes que alimentan la margen oeste de la baja cuenca, incluidos los tres colectores que desaguan desde la alta cuenca.

La depresión de Luracatao-Guasamayo-Toroyacu y la del Valle Calchaquí poseen sus bordes orientales señalados por retrocorrimientos de vergencia occidental, es decir sus planos inclinan al naciente (Figura 7). Estas fallas son las que elevaron los bloques de la Sierra de Lampasillos, Sierra del León Muerto y Cumbres Calchaquíes sobre el borde oriental del Valle, y los bloques de las Sierras de Cachi y de Quilmes sobre el borde occidental.

Cabe destacar que estos retrocorrimientos son fracturas antitéticas a corrimientos de empujes andinos, de vergencia oriental, como los que señalan los flancos occidentales de ambas depresiones. En algunos casos, quizá sea posible discernir dos momentos en la sucesión de movimientos de los corrimientos: en primer lugar se habrían activado los de vergencia oriental, habiendo sido los retrocorrimientos los de actividad póstuma. Por lo tanto, ciertos afluentes de la alta cuenca del Valle Calchaquí formarían parte de un relieve más antiguo que el de la baja cuenca.

El flanco oriental del Valle, de este modo, sería comparativamente más joven; su elevación está asociada con la inversión de la cuenca neógena del Grupo Payogastilla (Mioceno-Plioceno-Pleistoceno Inferior) y muy posiblemente con actividad neotectónica cuaternaria que caracteriza a esa faja del Valle (Gallardo 1990).

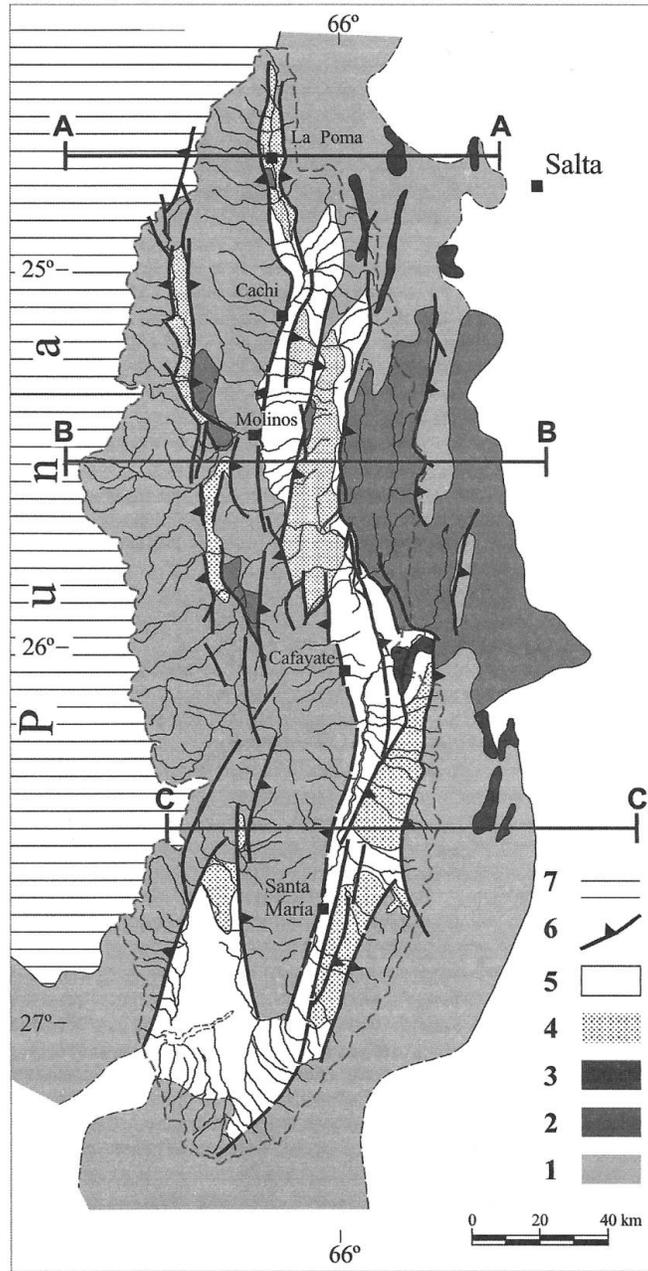


Fig. 6. Geología regional de la cuenca del Valle Calchaquí (Basado en Mon y Salfity 1995, Salfity y Monaldi 1998). 1 Basamento metamórfico y plutónico (Precámbrico-Paleozoico Inferior), 2 Grupo Salta-Etapa sinrift: Subgrupo Pirgua (Cretácico), 3 Grupo Salta-Etapa postrift: Subgrupos Balbuena y Santa Bárbara (Cretácico Superior-Paleógeno), 4 Grupos Payogastilla y Santa María (Mioceno-Pleistoceno Inferior), 5 Depósitos fluviales, lacustres y eólicos (Cuaternario), 6 Corrimiento, 7 Puna Austral. Toponimia: Véase Figura 5B. Cortes AA, BB, CC: Véase Figura 7.

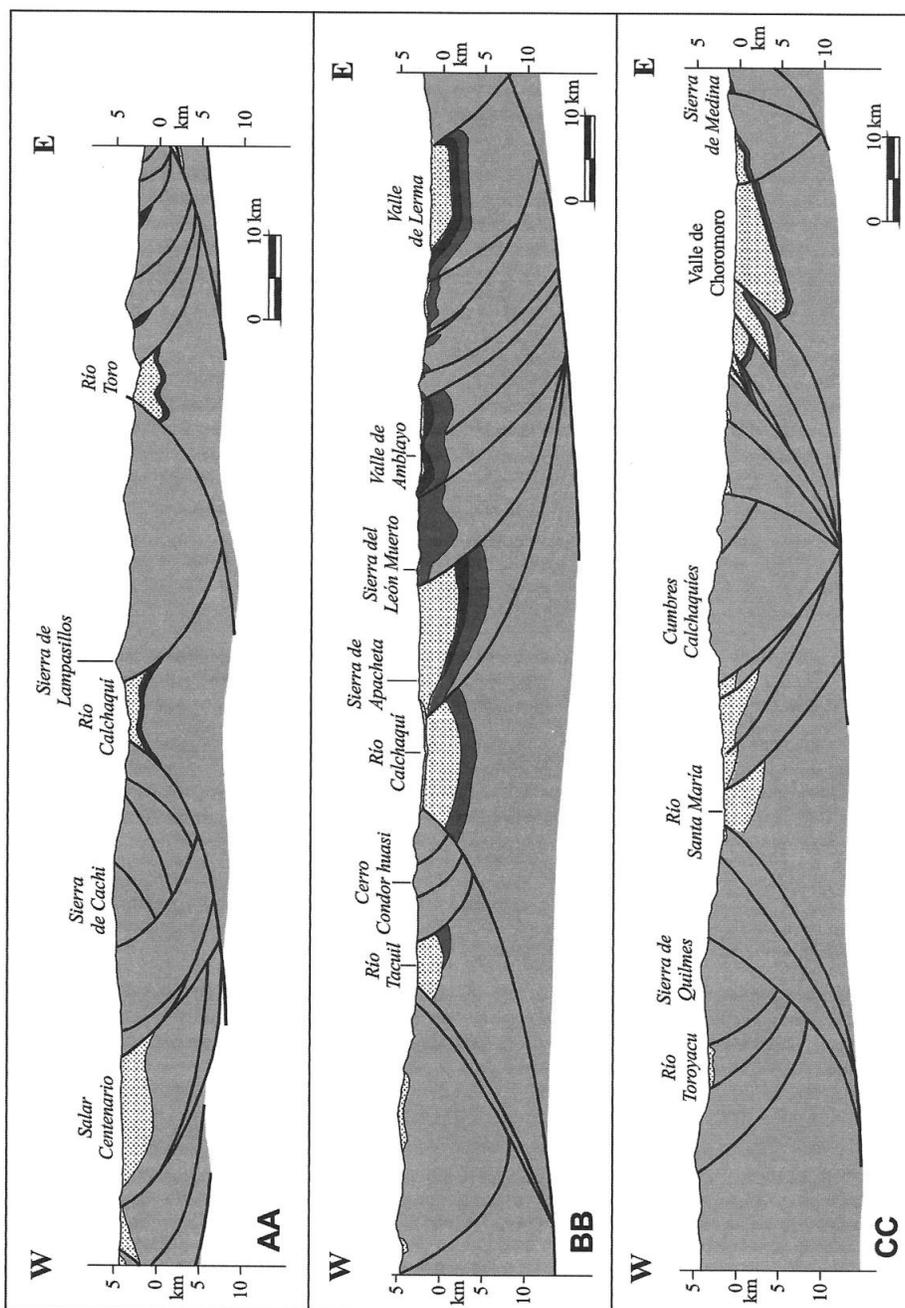


Fig. 7. Cortes estructurales esquemáticos transversales a la cuenca del Valle Calchaquí (Adaptados y simplificados de Sánchez et al. 2003; Salfity y Monaldi, en prensa; González y Mon 2000). Referencias y ubicación: Véase Figuras 6 y 8.

Como consecuencia de la inversión definitiva de la cuenca neógena, acontecida durante la orogenia Diaguita, tuvo lugar la emersión de la sierra de La Apacheta dentro de la propia fosa Calchaquí (Figuras 6 y 7), lo que originó oclusiones temporarias del Valle con la consiguiente formación de episodios lacustres (Salfity et al. 2004). Más hacia el sur, a lo largo de los faldeos orientales del río Santa María, las sucesiones neógenas del Grupo Santa María también se encuentran tectónicamente invertidas, confinadas entre los retrocorrimientos del oeste de las Cumbres Calchaquíes (Figura 6). De este modo, el curso de los cauces actuales de los ríos Calchaquí y Santa María está desplazado hacia el lado oeste de la fosa, precisamente porque el flanco oriental está comparativamente sobre-elevado, ocupado por las serranías compuestas de afloramientos de unidades neógenas, fruto de la inversión diaguita.

Respecto de la sismicidad actual, la información regional disponible indica claramente que en la faja occidental de Calchaquenia –es decir el área de influencia de la cuenca del Valle Calchaquí– así como hacia el norte en la Cordillera Oriental, los registros de hipocentros sísmicos son comparativamente menores que los del oeste, en la Puna, y los del este, a lo largo de la cadena subandina. En la Cordillera Oriental y en Calchaquenia, donde se desarrollan las cuencas hídricas de los ríos que surcan las quebradas de Humahuaca y El Toro y el Valle Calchaquí, la sismicidad disminuye notablemente, y tanto los sismos someros como los intermedios son comparativamente más dispersos y escasos que en la Puna y en las Sierras Subandinas.

Historia geológica

Cretácico

En tiempos cretácicos premaastrichtianos, en la cuenca del Grupo Salta imperó un régimen de subsidencia tectónica que originó potentes acumulaciones de capas rojas con vulcanitas alcalinas interestratificadas. Este estadio sinrift colmó las fosas en distensión que se iban generando hasta lograr su relleno y nivelación: su resultado fue el Subgrupo Pirgua (Reyes y Salfity 1973, Sabino 2002). Uno de los principales depocentros donde se acumularon los depósitos sinrift es el de Alemania (Figura 8), que se emplazó donde actualmente se ubica el segmento central del Valle Calchaquí, entre 25° y 26° de latitud. Los altos estructurales que delimitaban al depocentro eran el alto de Salta-Jujuy por el norte y el arco Pampeano por el sur. Testimonio de ello es que los depósitos postrift del

Maastrichtiano-Eoceno –los Subgrupos Balbuena y Santa Bárbara– traslaparon la subcuenca de Alemania y se acumularon en discordancia primaria sobre el basamento precretácico en ambos altos estructurales (Figuras 6 y 8). Los procesos de inversión tectónica de la cuenca el Grupo Salta (Grier et al. 1991) se iniciaron a partir de su colmatación, probablemente en el Eoceno Superior u Oligoceno, pero los testimonios de inversión mejor documentados fueron los ocurridos durante el Mioceno Medio y Mioceno Superior-Plioceno Inferior (es decir, los dos pulsos de la orogenia Quechua), así como con la orogenia final Diaguita del Pleistoceno Inferior (Figura 4). La inversión de la cuenca del Grupo Salta durante la orogenia Quechua ocurrió simultáneamente con la evolución y relleno de la cuenca de antepaís neógena; ésta se originó inducida por la intensa actividad tectónica del frente de corrimientos andinos miocénicos (Salfity et al. 1996, González Villa 2002). La falla inversa del borde oeste del Valle Calchaquí, de vergencia oriental, pertenece a esos corrimientos activos durante el Mioceno (Figura 6). Al pie de este frente orogénico quechua se generó la faja más occidental (*wedge-top*) de la cuenca neógena de antepaís. Allí se acumuló el Grupo Payogastilla, en este caso en discordancia angular sobre la subcuenca de Alemania. Más hacia el sur y fuera de la fosa cretácica sinrift, el Grupo Santa María se acumuló sobre los depósitos postrift del Grupo Salta o directamente sobre el basamento precretácico. Idéntica situación ocurrió con el Grupo Payogastilla (y sus equivalentes) hacia el norte, sobre el cuerpo del alto de Salta-Jujuy.

Cortes transversales actuales (Figura 7 y 8) de las tres estructuras paleogeográficas cretácicas mencionadas –el alto de Salta-Jujuy, el depocentro de Alemania y el arco Pampeano– muestran que los procesos de inversión tectónica no sólo afectaron al depocentro de Alemania sino también a los altos estructurales que lo delimitaban por el norte y por el sur. Se observa con claridad que donde estuvo emplazada la cuenca sinrift (Figura 7, BB) los planos de los corrimientos dominantes inclinan hacia el naciente, lo que permite suponer que dichas fallas fueron directas durante la historia sedimentaria cretácica y que actualmente se disponen como fallas inversas en respuesta a los movimientos compressivos andinos (Salfity y Marquillas 1994). Notablemente, el mismo fenómeno se advierte al norte y al sur del depocentro de Alemania (Figura 7, AA y CC), donde se observa claramente cómo ocurren corrimientos de vergencia occidental no obstante que en ambos casos no tuvo lugar el desarrollo de cuencas sinrift. Cabe la posibilidad

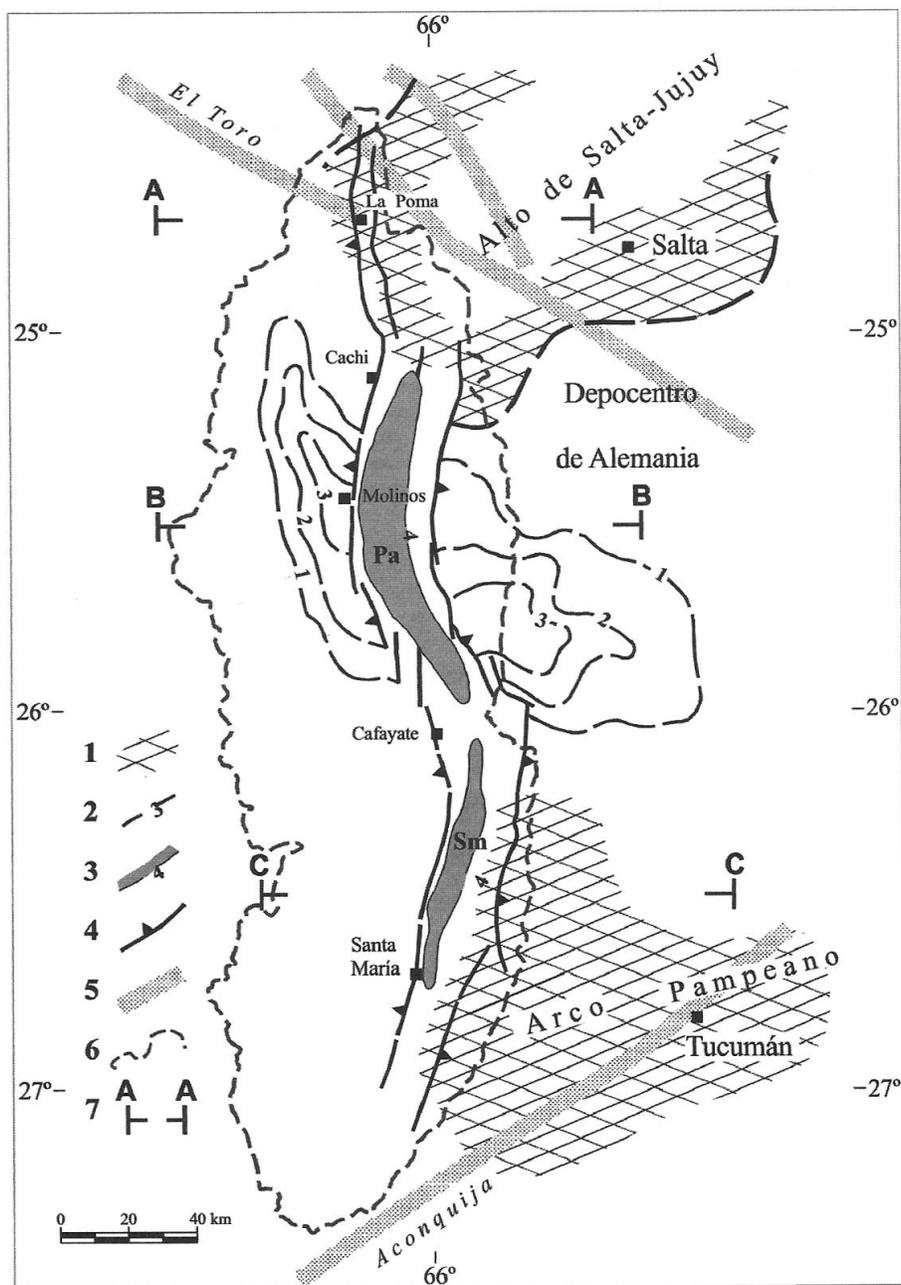


Fig. 8. Relaciones entre el Valle Calchaquí y estructuras paleogeográficas cretácicas y terciarias (Basado en Salfity y Marquillas 1994). 1 Altos estructurales cretácicos vigentes durante la etapa sinrift del Subgrupo Pircua, 2 Curva isopáquica en km del Subgrupo Pircua en el depocentro de Alemania, 3 Curva isopáquica en km de los Grupos Payogastilla (Pa) y Santa María (Sm), 4 Corrimientos que definen el límite de la actual fosa tectónica del Valle Calchaquí, 5 Lineamiento, 6 Límites de la cuenca hídrica del Valle Calchaquí, 7 Corte estructural: Véase Figura 7.

de que la generación de fracturas directas durante el Cretácico haya sido generalizada y que éstas en ciertos casos favorecieron la formación y el relleno de cuencas y, en otros casos, simplemente afectaron al basamento que a la sazón actuaba como elemento positivo, es decir delimitando los depocentros. Los planos de dichas fracturas directas que buzaban hacia el naciente se habrían reactivado como corrimientos de vergencia occidental. Otros, seguramente también distensivos pero buzantes al oeste, se habrían convertido igualmente en corrimientos, pero su identificación como estructuras generadas en el Cretácico no resulta fácil de discernir.

Neógeno

Las cuencas neógenas de los Grupos Payogastilla y Santa María, alineadas a lo largo del Valle Calchaquí, se emplazan sobre el borde más occidental de la cuenca de antepaís del norte argentino (Salfity et al. 1996). Más al oeste, en la Puna, cuencas contemporáneas se desarrollaron en un marco tectónico dominado por fosas intermontanas, relacionadas con la evolución del arco magmático neógeno.

El corrimiento miocénico del frente orogénico instalado en el actual borde oeste del Valle Calchaquí es el que dio lugar al *wedge-top* de la cuenca neógena de antepaís (González Villa 2002). Su resultado sedimentario, el Grupo Payogastilla, aflora mostrando estructuras plegadas muy comprimidas causadas por la orogenia Diaguita y probablemente también por la inmediata anterior, la orogenia Quechua II (Figura 4). Al sur del Valle Calchaquí, análogamente, el Grupo Santa María muestra también intenso plegamiento del mismo origen (González y Mon 2000).

De manera que la inversión tectónica de estas fosas neógenas, instaladas al pie de los frentes orogénicos del Mioceno, generó las nuevas estructuras positivas del flanco oriental del Valle –entre otras, la sierra de La Apacheta y las Cumbres Calchaquíes– a la vera de las cuales se generó la fosa tectónica cuaternaria del Valle Calchaquí. Al parecer, los corrimientos de vergencia occidental fueron los principales responsables de tal inversión tectónica, es decir aquellos de los cuales se presume fueron fracturas directas, activas durante el Cretácico. En efecto, en el ámbito del depocentro de Alemania (Figuras 7 y 8), el Grupo Salta se plegó e invirtió estructuralmente (Grier et al. 1991) junto con el sobreyacente Grupo Payogastilla. Así, el Valle Calchaquí se caracteriza estructuralmente por su flanco oriental elevado por corrimientos de vergencia occidental, fruto de la inversión defi-

nitiva de ambas cuencas –la cretácico-paleógena y la neógena– ocurrida durante la orogenia Diaguita. Por su parte, el flanco occidental del Valle Calchaquí se encontraría elevado desde el Mioceno dividiendo paleogeográficamente las cuencas neógenas de los Grupos Pastos Grandes (Puna Austral) y Payogastilla-Santa María (Valle Calchaquí).

La asimetría morfológica y el diacronismo de la emersión de ambos flancos es una característica del Valle Calchaquí. La elevación definitiva del flanco oriental habría motivado el cierre estructural del Valle Calchaquí, lo cual le imprimió el estilo tectónico definitivo de esta fosa tectónica. A partir de este momento, la historia cuaternaria del Valle Calchaquí estuvo marcada por procesos estructurales, morfológicos y climáticos que dieron como resultado su actual configuración (Figura 5). La estructura resultante posee pendientes encontradas norte-sur y sur-norte que confluyen en un punto intermedio; el drenaje de su colector actual, la quebrada de Las Conchas, fluye desde el sudoeste al nordeste.

Cuaternario

Las unidades estratigráficas cuaternarias del Valle Calchaquí consisten predominantemente de depósitos fluviales de piedemonte –conos aluviales y sus abanicos– emplazados sobre ambos flancos del Valle. La llanura aluvial de los ríos Calchaquí y Santa María ocupa la faja central de la depresión. Los depósitos de piedemonte del flanco oeste del Valle parecen ser más antiguos que los del flanco oriental. Lo mismo, y esto es muy notable, ocurre con el desarrollo y madurez de las respectivas redes de avenamiento (Figura 5). La red de avenamiento del flanco oriental es en partes más incipiente, por lo menos en los tramos norte y sur del Valle. Notablemente, la red de avenamiento en esos tramos (cerros de Lampasillos, Cumbres Calchaquíes) se desarrolló sobre basamento precretácico, es decir el alto de Salta-Jujuy y el arco Pampeano (Figuras 6 y 8) donde no tuvo lugar sedimentación cretácica premaastrichtiana. En el segmento central del lado oriental del Valle, el diseño de avenamiento está regulado por estructuras de orientación norte-sur, producto de la inversión tectónica de los depósitos cretácicos del depocentro de Alemania.

Otros depósitos cuaternarios característicos del Valle Calchaquí son sedimentos lacustres acumulados en varios sitios (Figura 5). Estos depósitos representan oclusiones temporarias del valle o de sus afluentes durante el Cuaternario posdiaguitico. Por lo general, las acumulaciones lacustres yacen sobre espesas sucesio-

nes fluviales cuaternarias e infrayacen a otras análogas, depositadas con posterioridad a la conclusión del episodio lacustre. Sirven de excelentes bancos-guía para el estudio estratigráfico del Cuaternario de la región.

En la cuenca del Valle Calchaquí se identificaron varios cuerpos lacustres (Figura 5), todos ellos acumulados en lagos de disímiles orígenes. En el norte del Valle Calchaquí (Keidel 1934, Vilela 1953) durante el Cuaternario se constituyó un lago por la oclusión del cauce por coladas de lava derramada desde los volcanes Gemelos de La Poma. Estos volcanes son una notable y única manifestación volcánica cuaternaria (Llambías et al., 1986) originada en torno de la faja de transcurriencias del lineamiento de El Toro. En el codo del río Calchaquí conocido como paso de La Flecha, latitud de Angastaco, se formó otro lago cuaternario por la emersión de la sierra de La Apacheta que originó el cierre del Valle (Salfity et al. 2004). La sierra de La Apacheta está constituida por depósitos neógenos del Grupo Payogastilla, intensamente plegados y elevados durante la orogenia Diaguita. En comarcas cercanas al oriente del Valle Calchaquí, esta orogenia está datada como posterior a 1,3 Ma, es decir ocurrida durante el Pleistoceno Inferior (Malamud et al. 1996). Más al sur, en adyacencias a la confluencia de los ríos Calchaquí y Santa María, latitud de Cafayate, se originó la presa de un lago por deslizamientos de laderas que formaron potentes y gruesos aglomerados acumulados en forma espontánea y atribuidos a intensos movimientos sísmicos (Frenquelli 1936, Gallardo 1990, Trauth y Strecker 1999). En la subcuenca de Amblayo, ocurren depósitos lacustres cuaternarios (Cuerda 1967) acumulados en una cuenca originada también por deslizamientos de laderas (Hermanns y Strecker 1999).

Los valles andinos

Las Cordilleras Orientales de los Andes se extienden en forma continua desde el occidente de Venezuela hasta el norte argentino (Figura 9). De este modo abarcan la totalidad de los Andes Septentrionales, más los Andes Centrales hasta la latitud del lineamiento de El Toro (Figura 2) en el norte argentino. Estas cordilleras, en algunos casos, se denominan Cordilleras Reales o Cordilleras Centrales pero básicamente integran la misma estructura geológica.

Su constitución geológica es variable, pero la característica más destacada es que poseen expuesto el Paleozoico Inferior en facies marina, y en varios segmentos logra aflorar el basamento precámbrico; también se exponen

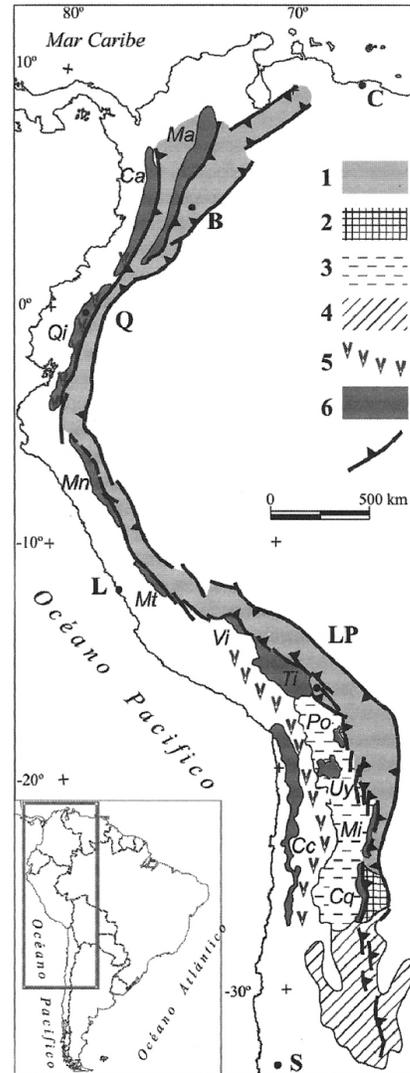


Fig. 9. Valles andinos y Cordilleras Orientales de los Andes (Adaptado de Marquillas y Salfity 1991). 1 Cordilleras Orientales de los Andes Septentrionales y Centrales, 2 Calchaquenia, 3 Altiplano-Puna, 4 Sierras Pampeanas, 5 Arcos volcánicos neógenos, 6 Valles y depresiones andinos relacionados con las Cordilleras Orientales (Ma Magdalena, Ca Cauca, Mn Marañón, Mt Mantaro, Vi Vilcanota, Ti Titicaca, Po Poopó, Uy Uyuni, Mi Miraflores), con Calchaquenia (Cq Calchaquí) y con los arcos volcánicos (Qi Quito, Cc Central de Chile), 7 Corrimientos sobre ambos flancos de las Cordilleras Orientales. Ciudades: C Caracas, B Bogotá, Q Quito, L Lima, LP La Paz, S Santiago.

sucesiones mesozoicas, principalmente cretácicas. El Paleozoico Inferior marino se interrumpe abruptamente al sur del lineamiento de El Toro, criterio que se considera para trazar el límite austral de la Cordillera Oriental.

Estructuralmente, la Cordillera Oriental de los Andes Septentrionales y Centrales es una cadena plegada y fallada corrida hacia el oriente mediante un extenso y continuo corrimiento de vergencia oriental, que recorre su borde oriental a lo largo de miles de kilómetros. Este corrimiento es el que sirve de límite entre las Cordilleras Orientales y el Sistema Subandino. En la Argentina se lo conoce como corrimiento Tacónico u Oclóyico (Baldis et al. 1976) y en Bolivia como Corrimiento Frontal Principal (Sempere 1995). En el Perú y el Ecuador es nítido y se denomina Corrimiento Andino Principal (Marocco et al. 1995). Así también se lo distingue hacia el norte en Colombia y Venezuela (Dengo y Coney 1993, Cooper et al. 1995, Aleman y Ramos 2000). En Colombia posee dos ramales separados por el Valle de Magdalena: la Cordillera Oriental donde se ubica la ciudad de Bogotá y la Cordillera Central, al este del Valle de Cauca.

Por su parte, el borde occidental de las Cordilleras Orientales está señalado por otro extenso y continuo corrimiento, con nítida vergencia occidental en casi todo su recorrido. Se lo considera como un retrocorrimiento o fractura antitética al corrimiento principal. Lo notable de las Cordilleras Orientales es que a lo largo de su pie occidental ocurren depresiones tectónicas cuaternarias (Figura 9), alineadas siguiendo la estructura cordillerana (Marquillas y Salfity 1991). Son los casos de los valles de Magdalena y Cauca en Colombia (Aleman y Ramos 2000), el valle de Quito en el Ecuador (Coltorti 2000), los valles de Marañón, Mantaro, Vilcanota y Titicaca en el Perú (Bellido 1969, Benavides Cáceres 1999), las depresiones de Poopó y Uyuni en Bolivia (McQuarrie 2002) y el valle de Miraflores en la Argentina.

En todos estos aspectos, la Cordillera Oriental argentina, al norte del lineamiento de El Toro, posee las mencionadas características. Hacia el sur, tanto Calchaquenia como las Sierras Pampeanas están desprovistas de la cubierta sedimentaria marina del Paleozoico. Allí el basamento metamórfico-ígneo infrayace a sucesiones no marinas, principalmente mesozoicas y terciarias. No obstante ello, desde el punto de vista estructural, Calchaquenia y partes de las Sierras Pampeanas muestran corrimientos de vergencia occidental similares a los del flanco occidental de las Cordilleras Orientales. De este

modo, al sur de la depresión de Miraflores y del lineamiento de El Toro, el Valle Calchaquí se emplaza a lo largo del borde occidental de Calchaquenia, en idéntica posición estructural que los valles de los Andes Centrales y Septentrionales arriba mencionados.

Esta sucesión de valles cuaternarios, todos ellos alineados estructuralmente de un modo análogo siguiendo el borde occidental de las Cordilleras Orientales, constituye una notable característica geológica a lo largo de la cadena de los Andes Centrales y Septentrionales, que persiste hacia el sur en Calchaquenia y en las Sierras Pampeanas.

La cuenca hídrica donde se desarrolla el Valle Calchaquí es, entonces, una directa continuación estructural, hacia el sur, de las depresiones tectónicas originadas sobre los flancos occidentales de las Cordilleras Orientales, arriba reseñadas. En este sentido, Calchaquenia y la Cordillera Oriental comparten este destacado rasgo estructural. La ubicación tectónica y demás rasgos geológicos regionales del Valle Calchaquí, reseñados en esta contribución, permiten atribuirle la condición de modelo estructural para las restantes depresiones cuaternarias adosadas sobre los flancos occidentales de las Cordilleras Orientales de los Andes Centrales y Septentrionales.

Conclusiones

La cuenca imbrífera del Valle Calchaquí se emplaza en el ámbito de una nueva provincia geológica, aquí propuesta, denominada *Calchaquenia*. Esta provincia geológica se ubica en una posición intermedia entre la Cordillera Oriental, al norte, y las Sierras Pampeanas, al sur, respectivamente a través de los lineamientos de El Toro y de Aconquija; al este limita con el tramo austral del Sistema de Santa Bárbara y al oeste, con la Puna Austral. La composición geológica consiste de un basamento metamórfico-ígneo excelentemente expuesto, principalmente en la mitad occidental, y de depósitos cretácico-paleógenos y neógenos aflorados en la mitad oriental de Calchaquenia. Depósitos del Cuaternario ocurren en toda la región.

La alta cuenca del Valle Calchaquí se emplaza a lo largo de la faja occidental del Valle y la componen tres subcuencas: Luracatao, Guasamayo y Toroyacu, cuyas aguas desaguan por sendos colectores. La baja cuenca alberga la fosa tectónica por donde fluyen los ríos Calchaquí (de norte a sur) y Santa María (de sur a norte); se caracteriza por múltiples afluentes directos de ambos ríos colectores. El río Calchaquí nace en el nevado de Acay (5.716 m s.n.m.), y el río San-

ta María en los Nevados del Aconquija (5.550 m). Las cumbres ubicadas a lo largo del límite occidental de la baja cuenca (cerro Libertador, 6.380 m, cerro Chuscha, 5.512 m) son más elevadas que las del límite entre la alta cuenca y los contrafuertes de la Puna.

Las subcuencas de Luracatao, Guasamayo y Toroyacu son depresiones tectónicas que representan una antigua sutura que separa unidades del basamento, al este, y de la faja eruptiva de la Puna Oriental, al oeste. Los bordes orientales de estas depresiones y el del Valle Calchaquí se elevaron por retrocorrimientos de vergencia occidental; a su vez, los bordes occidentales son corrimientos de empujes andinos, de vergencia oriental. Los momentos de actividad de estos corrimientos habrían sido diacrónicos: los de origen andino o de vergencia oriental, miocénicos (orogenia Quechua), habrían sido sucedidos por los de vergencia occidental durante el Cuaternario Inferior (orogenia Diaguita).

Durante el Cretácico, una de las fosas en rift de la cuenca del Grupo Salta se emplazó en el tramo central del actual Valle Calchaquí, delimitada al norte y al sur por sendos altos estructurales. El clímax de la inversión tectónica del Grupo Salta se inició durante la orogenia Quechua, lo cual coincidió con el comienzo de la evolución de las cuencas neógenas de los Grupos Payogastilla y Santa María. El corrimiento miocénico del borde oeste del Valle Calchaquí reguló la faja más occidental (*wedge-top*) de estas cuencas de antepaís, cuyo relleno yace en discordancia angular sobre la cuenca del Grupo Salta. La inversión definitiva de la fosa del Grupo Salta y de las cuencas neógenas aconteció con la orogenia Diaguita, cuyos efectos perduraron hasta el Cuaternario Inferior.

El análisis tectónico regional de la cuenca cretácica indica que las tres estructuras paleogeográficas relacionadas con el Valle Calchaquí –tanto los altos de Salta-Jujuy y Pampeano como el depocentro de Alemania– experimentaron conjuntamente procesos de inversión tectónica durante los movimientos andinos (Quechua y Diaguita).

La inversión tectónica del Grupo Payogastilla dio como resultado estructuras que generaron el relieve montañoso del flanco oriental del Valle Calchaquí. Corrimientos de vergencia occidental fueron los principales responsables de tal inversión tectónica, los cuales corresponderían a fracturas directas, activas durante el Cretácico.

El flanco occidental del Valle Calchaquí habría constituido desde el Mioceno el alto estructural que dividía las cuencas de los Grupos

Pastos Grandes (Puna Austral) y Payogastilla-Santa María (Valle Calchaquí). La inversión tectónica diaguita involucró al Grupo Salta allí donde éste fue el basamento de la cuenca del Grupo Payogastilla. Así, el flanco oriental del Valle Calchaquí se elevó por corrimientos de vergencia occidental, fruto de la inversión definitiva de las cuencas cretácico-paleógena y neógena (orogenia Diaguita). De modo que la asimetría morfológica y el probable diacronismo de la emersión de ambos flancos caracteriza al Valle Calchaquí, en cuyo marco se desarrolló la historia geológica cuaternaria y de la cual resultó su actual configuración.

Los depósitos cuaternarios del Valle Calchaquí son acumulaciones de piedemonte –conos aluviales y sus abanicos– que ocupan ambos flancos del Valle, más la llanura aluvial de los ríos Calchaquí y Santa María emplazada en la faja central de la depresión. El piedemonte del flanco oeste sería más antiguo que el del flanco oriental, lo mismo que las respectivas redes de avenamiento. Acumulaciones de antiguos lagos cuaternarios son también características del Valle Calchaquí, cuyos endicamientos se originaron sea por oclusión del Valle por derrames volcánicos, por formación de estructuras neógenas que emergieron en el Cuaternario o por deslizamientos de laderas. Eventos volcánicos cuaternarios están restringidos al norte del Valle, cuyo origen es posible atribuir a la influencia estructural del lineamiento de El Toro.

Finalmente, se postula que la configuración tectónica y la historia geológica de la cuenca del Valle Calchaquí, ubicada sobre el pie occidental de Calchaquenia, pueden constituir un modelo para la génesis de depresiones análogas emplazadas a lo largo del flanco occidental de las Cordilleras Orientales de los Andes Centrales y Septentrionales, entre el oeste de Venezuela y el norte de la Argentina.

Agradecimientos

La Universidad Nacional de Salta y el Conicet brindaron aportes, respectivamente, a través del Consejo de Investigación-Proyecto 1198 y PIP 2827.

Referencias

- Aleman, A. y V.A. Ramos, 2000. Northern Andes in Tectonic evolution of South America, U.G. Cordani *et alii* (Editores), Rio de Janeiro, XXXI International Geological Congress, 453-480.
- Allmendinger, R.W., V.A. Ramos, T.E. Jordan, M. Palma, B.L. Isacks, 1983. Paleogeography and Andean structural geometry, northwest Argentina. *Tectonics*, v. 2, 1, 1-16.
- Alonso, R.N., R. Gutiérrez, J.G. Viramonte, 1984. Puna

- Austral: Bases para el subprovincialismo geológico de la Puna argentina. Bariloche, IX Congreso Geológico Argentino, Actas 1, 43-63.
- Baldis, B.A., J.G. Viramonte y J.A. Salfity, 1975. Geotectónica de la comarca comprendida entre el Cratógeno Central Argentino y el borde austral de la Puna. Buenos Aires, II Congreso Iberoamericano de Geología Económica, Actas 4, 25-44.
- Baldis, B.A., A. Gorroño, J.V. Ploszkiewicz, R.M. Sarudiansky, 1976. Geotectónica de la Cordillera Oriental, Sierras Subandinas y comarcas adyacentes. Bahía Blanca (1975), VI Congreso Geológico Argentino, Actas 1, 3-22.
- Bellido, E., 1969. Sinopsis de la geología del Perú. Lima, Servicio Geológico Minero, Boletín 22.
- Benavides-Cáceres, V., 1999. Orogenic evolution of the Peruvian Andes: The Andean cycle *in* Geology and ore deposits of the Central Andes, B.J. Skinner (Editor), Boulder, Colorado, Society of Economic Geologists, Special Publication 7, 61-107.
- Caminos, R., 1979. Sierras Pampeanas Noroccidentales: Salta, Tucumán, Catamarca, La Rioja y San Juan, *in* Geología Regional Argentina, Segundo Simposio (1976), J.C.M. Turner (Director y Editor), Córdoba, Academia Nacional de Ciencias, 225-291.
- Castellanos, A., 1961. Antiguas fuentes originarias del río Salado del Norte. Buenos Aires, Sociedad Argentina de Estudios Geográficos GAEA, Anales 11, 131-149.
- Coltorti, M. Y C.D. Ollier, 2000. Geomorphic and tectonic evolution of the Ecuadorian Andes. *Geomorphology*, v. 32, 1-19.
- Cooper, M.A. *et alii*, 1995. Basin development and tectonic history of the Llanos Basin, Eastern Cordillera, and the Middle Magdalena Valley, Colombia. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, v. 79, 10, 1421-1443.
- Cuerda, A.J., 1967. Los depósitos cuaternarios en el valle del río Tonco, departamento San Carlos, provincia de Salta. La Plata, Revista del Museo de La Plata (Nueva Serie), Sección Geología, v. 6, 97-110.
- Dengo, C.A y M.C. Coney, 1993. Structure of the Eastern Cordillera of Colombia: Implications for trap styles and regional tectonics. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, v. 77, 8, 1315-1337.
- Frenguelli, J., 1936. Investigaciones geológicas en la zona salteña del valle de Santa María. La Plata, Obra del Cincuentenario del Museo de La Plata, v. 2, 215-572.
- Gallardo, E.F., 1990. Geología del Cuaternario en la confluencia de los ríos Calchaquí y Santa María (Salta). Buenos Aires, Revista de la Asociación Geológica Argentina, v. 43 (1988), 435-444.
- González, O.E. y R. Mon, 1996. Tectónica del extremo norte de las Sierras Pampeanas y su transición a la Cordillera Oriental y a las Sierras Subandinas. Buenos Aires, XIII Congreso Geológico Argentino y III Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas 2, 149-160.
- González, O.E. y R. Mon, 2000. Estructura *in* O.E. González, M.E. Viruel, R. Mon y P. Tchilingerian, Hoja Geológica 2766-II San Miguel de Tucumán. Buenos Aires, Segemar, Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín 245.
- González Villa, R.E., 2002. El Subgrupo Jujuy (Neógeno) entre los 24°-26° LS y 64°-66° OG, tramo centro-austral de la cadena Subandina argentina, provincias de Salta y Jujuy. Salta, Universidad Nacional de Salta, Facultad de Ciencias Naturales, Tesis Doctoral (Inédito).
- Grier, M.E., J.A. Salfity, R.W. Allmendinger, 1991. Andean reactivation of the Cretaceous Salta rift, northwestern Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 4, 351-372.
- Hermanns, R.I., M.R. Strecker, 1999. Structural and lithologic controls on large Quaternary rock avalanches (sturzstroms) in arid northwestern Argentina. *Geological Society of America Bulletin*, v. 111, 6, 934-948.
- Hongn, F.D., 1995. Estructuras precámbricas y paleozoicas del basamento de la Puna oriental; su aplicación para el análisis regional de la faja eruptiva. Buenos Aires, Revista de la Asociación Geológica Argentina, v. 48 (1994), 256-268.
- Keidel, J., 1934. Los volcanes gemelos de La Poma y su relación con la tectónica del Valle Calchaquí. La Plata, Revista del Museo de La Plata, v. 34, 387-410.
- J. Kley, C.R. Monaldi, J.A. Salfity, 1998. Along-strike segmentation of the Andean foreland: causes and consequences. *Tectonophysics*, v. 301, 75-94.
- Llambías, E.J., A.M. Sato, S. Tomsic, 1986. Geología y características químicas del stock terciario del Nevado de Acay y vulcanitas asociadas, provincia de Salta. Buenos Aires, Asociación Geológica Argentina Revista, v. 40 (1985), 3-4, 158-175.
- Malamud, B.D., T.E. Jordan, R.N. Alonso, E.F. Gallardo, R.E. González, S.A. Kelley, 1996. Pleistocene Lake Lerma, Salta province, NW Argentina. Buenos Aires, XIII Congreso Geológico Argentino y III Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas 4, 103-114.
- Marocco, R., A. Lavenue, R. Baudino, 1995. Intermontane Late Paleogene-Neogene basins of the Andes of Ecuador and Peru: Sedimentologic and tectonic characteristics, *in* Petroleum basins of South America, A.J. Tankard, R. Suárez Soruco, H.J. Welsink (Editors), American Association of Petroleum Geologists Memoir 62, 597-613.
- Marquillas, R.A., J.A. Salfity, 1991. Marco geológico de las manifestaciones evaporíticas en América del Sur, *in* Génesis de formaciones evaporíticas-Modelos andinos e ibéricos, J.J. Pueyo (Coordinador), Barcelona, Publicacions Universitat de Barcelona, Estudi General, 2: 233-263.
- Marrett, R.A., R.W. Allmendinger, R.N. Alonso, R.E. Drake, 1994. Late Cenozoic tectonic evolution of the Puna Plateau and adjacent foreland, northwestern Argentine Andes. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 7, 2, 179-207.
- McQuarrie, N., 2002. The kinematic history of the central Andean fold-thrust belt, Bolivia: Implications for building a high plateau. *Geological Society of America Bulletin*, v. 114, 8, 950-963.
- Méndez, V., 1974. Estructuras de las provincias de

- Salta y Jujuy a partir del meridiano 65°30' Oeste, hasta el límite con las Repúblicas de Bolivia y Chile. Buenos Aires, Asociación Geológica Argentina Revista, v. 24, 4, 391-424.
- Méndez, V., 1975. Estilos estructurales del "Cerro Negro" y la "Fosa Calchaquí", provincias de Salta y Jujuy, República Argentina. Buenos Aires, II Congreso Iberoamericano de Geología Económica, Actas 1, 115-136.
- Méndez, V., A. Navarini, D. Plaza, V. Viera, 1973. Faja eruptiva de la Puna oriental. Carlos Paz, V Congreso Geológico Argentino (1972), Actas 4, 89-100.
- Mingramm, A., A. Russo, A. Pozzo, L. Cazau, 1979. Sierras Subandinas, in Geología Regional Argentina, Segundo Simposio (1976), J.C.M. Turner (Director y Editor), Córdoba, Academia Nacional de Ciencias, 95-137.
- Mon, R., J.A. Salfity, 1995. Tectonic evolution of the Andes of northern Argentina in Petroleum basins of South America, A.J. Tankard, R. Suárez Soruco, H.J. Welsink (Editors), American Association of Petroleum Geologists Memoir 62, 269-283.
- Reyes, F.C., J.A. Salfity, 1973. Consideraciones sobre la estratigrafía del Cretácico (Subgrupo Pirgua) en el noroeste argentino. Carlos Paz, V Congreso Geológico Argentino (1972), Actas 3, 355-386.
- Riller, U., J. Greskowiak, J. Ramelow, M. Strecker, 1999. Dominant modes of Andean deformation in the Calchaquí River Valley, NW-Argentina. Salta, XIV Congreso Geológico Argentino, Actas 1, 201-204.
- Rolleri, E.O., 1976. Sistema de Santa Bárbara: Una nueva provincia geológica argentina. Bahía Blanca, VI Congreso Geológico Argentino (1975), Actas 1, 239-255.
- Sabino, I.F., 2002. Geología del Subgrupo Pirgua (Cretácico) del noroeste argentino. Salta, Universidad Nacional de Salta, Facultad de Ciencias Naturales, Tesis Doctoral (Inédito).
- Salfity, J.A., 1979. Paleogeología de la cuenca del Grupo Salta (Cretácico-Eoceno) del norte de Argentina. Neuquén, VII Congreso Geológico Argentino, Actas 1, 505-515.
- Salfity, J.A., 1985. Lineamientos transversales al rumbo andino en el noroeste argentino. Antofagasta, IV Congreso Geológico Chileno, Actas 1, 2-119 2-137.
- Salfity, J.A., R.A. Marquillas, 1994. Tectonic and sedimentary evolution of the Cretaceous-Eocene Salta Group basin, Argentina, in Cretaceous tectonics of the Andes, J.A. Salfity (Editor), Braunschweig/Wiesbaden, Earth Evolution Sciences, Friedr. Vieweg & Sohn, 266-315.
- Salfity, J.A., C.R. Monaldi, 1998. Mapa Geológico de la Provincia de Salta, Escala 1:500.000. Buenos Aires, Segemar, Servicio Geológico Minero de la Argentina.
- Salfity, J.A., C.R. Monaldi (Editores), en prensa. Hoja Geológica 2566 IV Metán, Escala 1:250.000, Provincia de Salta. Buenos Aires, Segemar, Servicio Geológico Minero Argentino de la Argentina.
- Salfity, J.A., R.H. Omarini, B.A. Baldi, W. Gutiérrez, 1975. Consideraciones sobre la evolución geológica del Precámbrico y Paleozoico del norte argentino. Buenos Aires, II Congreso Iberoamericano de Geología Económica, Actas 4, 341-361.
- Salfity, J.A. S.A. Gorustovich, R.E. González, C.R. Monaldi, R.A. Marquillas, C.I. Galli, R.N. Alonso, 1996. Las cuencas terciarias posincaicas de los Andes Centrales de la Argentina. Buenos Aires, XIII Congreso Geológico Argentino y III Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas 1, 453-471.
- Salfity, J.A., E.F. Gallardo, J.E. Sastre, J. Esteban, 2004. El lago cuaternario de Angastaco, Valle Calchaquí, Salta. Buenos Aires, Asociación Geológica Argentina Revista, v. 59, 2.
- Sánchez, M.C., J.E. Sastre, J.A. Salfity, 2003. Geomorfología de la cuenca del salar de Pocitos. Tucumán, II Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología, Actas, 379-387.
- Sempere, T., 1995. Phanerozoic evolution of Bolivia and adjacent regions, in Petroleum basins of South America, A.J. Tankard, R. Suárez Soruco, H.J. Welsink (Editors), American Association of Petroleum Geologists Memoir 62, 207-230.
- Trauth, M.H., M.R. Strecker, 1999. Formation of landslide-dammed lakes during a wet period between 40,000 and 25,000 yr in northwestern Argentina. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, v. 153, 1-4, 277-287.
- Turner, J.C.M., 1972. Cordillera Oriental, in Geología Regional Argentina, Primer Simposio (1969), A.F. Leanza (Director y Editor), Córdoba, Academia Nacional de Ciencias, 117-142.
- Turner, J.C.M. y R. Mon, 1979. Cordillera Oriental, in Geología Regional Argentina, Segundo Simposio (1976), J.C.M. Turner (Director y Editor), Córdoba, Academia Nacional de Ciencias, 57-94.
- Vilela, C.R., 1953. Acerca de la presencia de sedimentos lacustres en el Valle Calchaquí. Revista de la Asociación Geológica Argentina, v. 7, 4 (1952), 219-227.

Manuscrito recibido y aceptado en julio de 2004.