

El batolito de Tastil (Salta, Argentina): un caso de magmatismo poliorogénico en el basamento andino

F. D. Hongn⁽¹⁾, J. M. Tubía⁽²⁾, A. Aranguren⁽³⁾ y R. Mon⁽⁴⁾

(1) CONICET. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta. Buenos Aires, 177. 4400-Salta, Argentina.
E-mail: hongn@unsa.edu.ar

(2) Departamento de Geodinámica, Universidad del País Vasco, a. p. 644, 48080 Bilbao, España.
E-mail: goptuxj@lg.ehu.es

(3) Departamento de Geodinámica, Universidad del País Vasco, a. p. 644, 48080 Bilbao, España.
E-mail: goparira@lg.ehu.es

(4) CONICET. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Tucumán. Miguel Lillo, 205. 4000-Tucumán, Argentina.
E-mail: monr@satlink.com

RESUMEN

El batolito de Tastil, situado en Salta (noroeste de Argentina), está emplazado en la Formación Puncoviscana, de edad neoproterozoica a eopaleozoica. Actualmente se admite que este batolito está formado por granodioritas grises y por granitos rojos, y que está cubierto discordantemente por areniscas eopaleozoicas del Grupo Mesón. La realización de una cartografía detallada y nuevas observaciones de campo demuestran que el batolito contiene además dacitas y monzodioritas, y que el contacto entre los granitos rojos y el Grupo Mesón es de naturaleza intrusiva y no una discordancia. De más antigua a más reciente, la secuencia de episodios magmáticos es la siguiente: granitos grises/dacitas, granitos rojos y monzodioritas. Las monzodioritas son una manifestación del magmatismo terciario de los Andes, por correlación con las monzodioritas del Nevado de Acay. La presencia de clastos de granitos rojos en conglomerados tremadocienses proporciona una edad cámbrica mínima para los granitos rojos, y edades mayores para el Grupo Mesón, los granitos grises y las dacitas. La edad radiométrica (U-Pb en circones) de 526 ± 2 Ma obtenida en una dacita, avala lo anterior. La suite granítica del batolito de Tastil debe relacionarse, por lo tanto, con estadios iniciales de la tectónica extensional que dio lugar al desarrollo de las cuencas eopaleozoicas, en vez de con la evolución neoproterozoica del basamento andino, como se venía considerando hasta ahora.

Palabras clave: Argentina, basamento andino, batolito de Tastil, datación U-Pb, estructura

The Tastil batholith (Salta, Argentina): An example of poly-orogenic magmatism in the Andean basement

ABSTRACT

The Tastil batholith, located in Salta (NW Argentina), is emplaced in the Puncoviscana Formation, of Neoproterozoic to Eopaleozoic age. It is now widely accepted that this batholith consists of grey granodiorites and red granites, and that Lower Paleozoic sandstones (Mesón Group) rest unconformably on the red granites. New mapping and field data show that in addition to grey and red granites, the batholith encompass dacites and monzodiorites. Besides, as the red granite has xenoliths from the overlying sandstones, the contact between them cannot be longer interpreted as an unconformity but as an intrusive contact. The sequence of magmatic events is, from older to younger: grey granites/dacites, red granites and monzodiorites. The monzodiorites are here related to the Tertiary magmatism of the Andes, on the basis of correlation with similar rocks from the Nevado de Acay peak. Red granite pebbles in Tremadocian conglomerates constraint a minimum Cambrian age for the red granites, which implies older ages for the Mesón Group, grey granites and dacitic rocks. U-Pb zircon ages for a dacite sample yield 526 ± 2 Ma. The granitic suite of the Tastil batholith is not related to the Neoproterozoic evolution of the Andean basement as previously considered, but to initial stages of extensional tectonics leading to the development of Eopaleozoic basins.

Key words: Andean basement, Argentina, structure, Tastil batholith, U-Pb datation

Introducción

El batolito de Santa Rosa de Tastil (Salta) es un elemento geológico clásico de la geología del noroeste de Argentina, y la clave de numerosas interpretacio-

nes acerca de la evolución tectónica del basamento neoproterozoico-eocámbrico de los Andes Centrales. Su interés rebasa el ámbito regional, ya que también es un referente de las reconstrucciones paleogeográficas que proponen un origen común, ligado a la colli-

sión entre Laurencia y Gondwana, para los cinturones orogénicos eopaleozoicos del norte de Argentina y los de la costa oriental de América del Norte (Dalla Salda *et al.*, 1992, Dalziel *et al.*, 1994).

Este batolito pertenece a un cinturón plutónico de dirección N-S y con más de 400 km de longitud (Omarini *et al.*, 1999), emplazado en el basamento metamórfico de la Cordillera Oriental (Fig. 1). Desde los estudios pioneros de Keidel (véase una síntesis en Keidel, 1943), se asume que areniscas eopaleozoicas

del Grupo Mesón (Kilmurray e Igarzábal, 1971; Ramos, 1974), o del Grupo Santa Victoria (Keidel, 1943; Moya, 1988 y 1999; Bahlburg, 1990), reposan sobre el batolito por medio de una discordancia angular. La importancia de esta consideración es evidente, puesto que a partir de ella se han asignado y ajustado las edades del emplazamiento del batolito de Santa Rosa de Tastil, de la deformación y el metamorfismo regional del basamento en el que intruyeron los granitos. Por otra parte, tras el trabajo cartográfico de Kilmurray e Igarzábal (1971) se considera que el batolito de Tastil está formado por dos facies, designadas "granodioritas grises" y "granitos rojos". Estas conclusiones, en especial la relación de discordancia entre las areniscas y el granito, se transformaron en axiomas de la geología de noroeste argentino, por lo que se incluyen en un amplio abanico de modelos sobre la evolución geológica de la región durante el neoproterozoico y el eopaleozoico (entre los más recientes, Omarini *et al.*, 1999; Keppie y Bahlburg, 1999; Aceñolaza *et al.*, 2000).

En este trabajo presentamos los principales resultados de un proyecto trianual enfocado inicialmente a estudiar la estructura del batolito de Tastil, aplicando la técnica de la anisotropía de la susceptibilidad magnética (ASM). La necesidad, impuesta por las condiciones orográficas de la región, de tener que recorrer a pie el macizo para realizar los muestreos de ASM nos ha permitido obtener una nueva cartografía del batolito y realizar numerosas observaciones de campo, que cuestionan varios conceptos geológicos de fuerte arraigo en el noroeste argentino y contribuyen a mejorar los modelos geodinámicos vigentes.

Encuadre geológico del batolito de Tastil

Las unidades metamórficas y sedimentarias neoproterozoicas y eopaleozoicas de la región de Tastil se integran en dos grandes conjuntos. El más antiguo de ellos corresponde a un basamento leptometamórfico, de edad controvertida, formado por turbiditas con metamorfismo de grado bajo a muy bajo e intensamente plegadas. Estos materiales se atribuyen habitualmente a la Formación Puncoviscana (Turner, 1972; Aceñolaza *et al.*, 1990), si bien algunos autores cuestionan la idoneidad de incluir en la Formación Puncoviscana a todo el basamento metamórfico (Mon y Hongn, 1991).

Sobre el basamento reposan discordantemente rocas sedimentarias pertenecientes a los grupos Mesón y Santa Victoria. El angosto de la Quesera, situado al norte del área cartografiada (fig. 2), es el lugar donde se describió la discordancia de los grani-

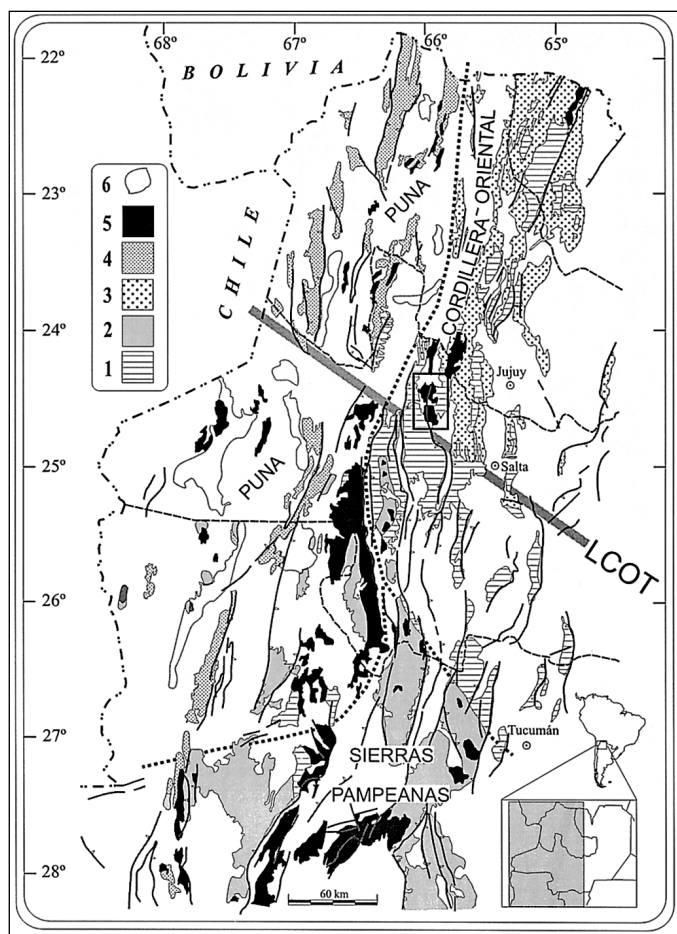


Fig. 1. Mapa esquemático de la geología del noroeste de Argentina, donde se muestra la ubicación del batolito de Tastil (área encadrada) dentro de la Cordillera Oriental. LCOT: Lineamiento Calama-Olapato-Toro. 1: basamento epimetamórfico. 2: basamento metamórfico. 3: grupos Mesón y Santa Victoria (Cámbrico-Ordovícico de la Cordillera Oriental). 4: Ordovícico de la Puna. 5: granitoides cámbricos y ordovícicos. 6: salars

Fig. 1. Schematic map of NW Argentina, showing the location of the Tastil batholith (enclosed area) within the Cordillera Oriental. LCOT: Lineament of Calama-Olapato-Toro. 1: epimetamorphic basement. 2: metamorphic basement. 3: Mesón and Santa Victoria groups (Cambrian and Ordovician of the Cordillera Central). 4: Ordovician of the Puna. 5: Cambrian and Ordovician granites. 6: salars

tos rojos del batolito de Tastil con los niveles supra-
yacentes de areniscas y conglomerados eopaleozoicos,
de los que se discute si pertenecen al Grupo Mesón
(Killmurray e Igarzábal, 1971; Ramos, 1974) o
al Santa Victoria (Keidel, 1943; Moya, 1988 y 1999;
Bahlburg, 1990). Una revisión detallada de dicho perfil
permite comprobar dos hechos destacables. El primero
es que el contacto de los granitos rojos con las areniscas
y cuarcitas rosadas no es discordante sino intrusivo,
de acuerdo con la presencia de enclaves de areniscas
en el granito y de apófisis graníticas de las que emanan
diques que se propagan por las areniscas (Tubía *et al.*,
1997). En segundo lugar, sobre el Grupo Mesón,
representado por las areniscas y cuarcitas rosadas en
las que intruyeron los granitos rojos, se dispone una
secuencia formada por conglomerados, areniscas y lutitas
del Grupo Santa Victoria. Aunque no se aprecia variación
angular entre las capas de los Grupos Mesón y Santa
Victoria, tanto el Grupo Mesón como el granito rojo
aportaron clastos al conglomerado basal del Grupo Santa
Victoria (Hongn *et al.*, 2001). Como el conglomerado
basal del Grupo Santa Victoria tiene una fauna del
Tremadociense Inferior alto (Zona de *K. Meridionalis*,
Moya, 1999), la importancia regional de estas
observaciones es clara, pues permiten acotar que el
granito rojo intruyó al Grupo Mesón antes del Tremadoc,
y que, en ese tiempo, el batolito de Tastil y el Grupo
Mesón alcanzaron la superficie terrestre. Calizas de la
Formación Yacoraita (Cretácico superior a Eoceno),
sedimentos y vulcanitas neógenas, además de
sedimentos cuaternarios (fig. 2) completan el registro
de materiales discordantes.

Estructura

La región analizada conserva estructuras de varios
episodios de deformación, escalonados desde el
Neoproterozoico-Eocámbrico hasta el Mioceno. El
primero de esos episodios generó los pliegues
apretados y el clivaje de plano axial del basamento
situado a lo largo del contacto occidental del batolito.
Los ejes de los pliegues son subhorizontales; el
clivaje presenta una dirección media N-S, concordante
con el alargamiento del batolito (fig. 2), y
buzamientos elevados hacia el oeste. Los afloramientos
de basamento situados a medio camino de las
estaciones de Cachinal e Incahuasi del Tren a las
Nubes, conservan pliegues intrafoliares aún más
antiguos. En contraste con lo anterior, buena parte
de las pizarras que afloran del lado oriental del
batolito sólo muestran deformaciones débiles,
representadas por pliegues abiertos carentes de
foliación de plano axial. Tal contraste

estructural avala las dudas planteadas por Mon y
Hongn (1991) sobre la heterogeneidad de la
Formación Puncoviscana. Esta primera deformación

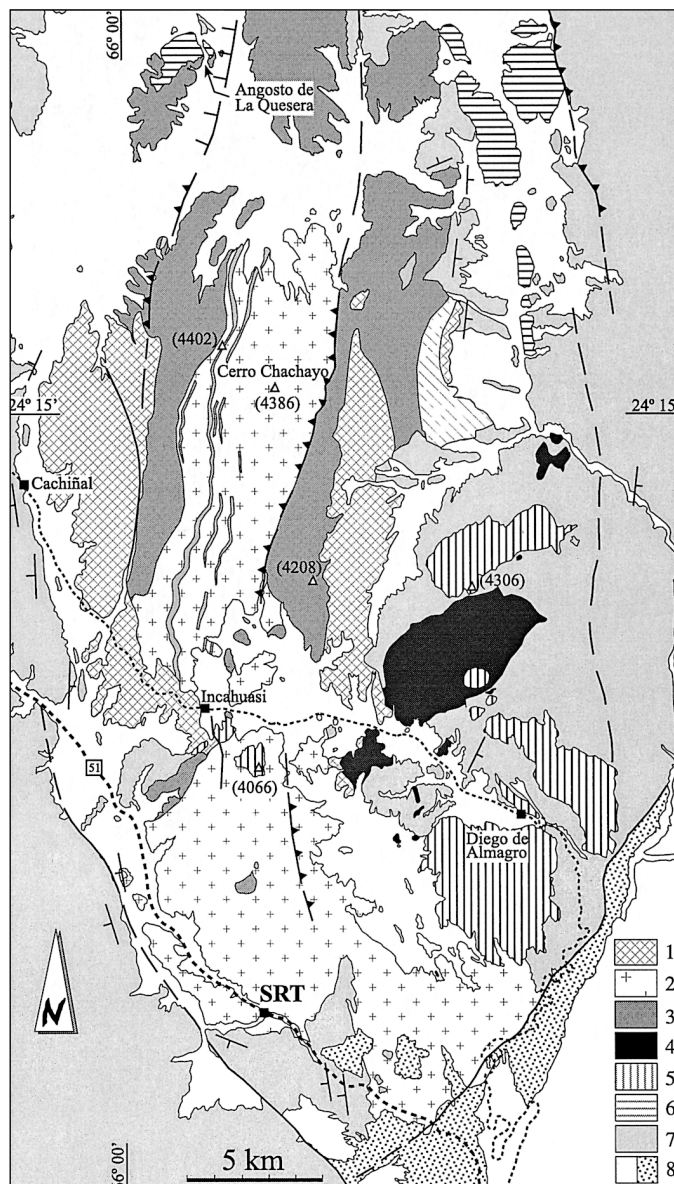


Fig. 2. Mapa del batolito de Santa Rosa de Tastil (SRT). El batolito está formado por dacitas (1), granodioritas grises (2) y granitos grises (3) cámbricos. La región incluye además monzodioritas (4) y traquitas y andesitas neógenas (5). 6: Grupos eopaleozoicos Mesón y Santa Victoria (indiferenciados). 7: Formación Puncoviscana (Precámbrico a Cámbrico inferior). 8: materiales terciarios (punteado) y cuaternarios (blancos)

Fig. 2. Map of the Santa Rosa de Tastil (SRT) batholith. Dacites (1), grey granodiorites (2) and red granites (3) of Cambrian ages from this batholith. This region also encompasses Tertiary monzodiorites (4) and trachytes and rhyolites (5). 6: Eopaleozoic Mesón and Santa Victoria groups (undifferentiated). 7: Puncoviscana Formation, of Precambrian to Lower Cambrian age. 8: Tertiary (dotted) and Quaternary (white) sediments

se atribuye a la fase Tílcárica (Turner y Méndez, 1975), de finales del Neoproterozoico según algunos autores (Turner y Méndez, 1975; Turner y Mon, 1979; Mon y Hongn, 1991) y del Cámbrico medio en opinión de otros (Aceñolaza *et al.*, 1990 y 2000).

Los materiales de la región de Tastil también están deformados por fallas andinas. A escala regional destaca el lineamiento de Calama-Olacapato-Toro (Salfity *et al.*, 1975), una zona de cizalla continental que se extiende por el norte de Chile y de Argentina (fig. 1), con rumbo NO-SE y movimiento sinistro (Salfity 1985). Este lineamiento está jalonado por manifestaciones magmáticas neógenas, como el stock monzodiorítico del Acay (Llambías *et al.*, 1985). Considerando que el batolito de Tastil está justo al norte de la traza principal del lineamiento, la falla de rumbo NO-SE que recorre el borde SO del batolito (fig. 2) podría interpretarse como una fractura menor del lineamiento, aunque según Marrett y Strecker (2000) no presenta evidencias de desplazamiento de rumbo. La mitad septentrional del batolito está afectada por fallas inversas, de rumbo N-S y con buzamientos hacia el oeste, (fig. 2). La más occidental provoca el cabalgamiento de granitos rojos sobre niveles de calizas de la Formación Yacoraite que, a su vez, yacen discordantemente sobre los granitos rojos. Hacia el este del cerro Chachayo hemos detectado otra falla de este sistema de cabalgamientos, que coloca granodioritas grises sobre granitos rojos (fig. 2).

Composición litológica del batolito

El batolito de Tastil está compuesto por cuatro facies principales (fig. 2), todas ellas ricas en magnetita. Junto con las granodioritas grises y los granitos rojos descritos por Kilmurray e Igarzábal (1971), coexisten rocas volcánicas y subvolcánicas de naturaleza dacítica, concentradas en dos franjas de dirección N-S que ocupan zonas periféricas del batolito. Además, parte de los afloramientos orientales del batolito, cartografiados previamente como granitos grises, corresponden a monzodioritas, a las que llamaremos "monzodiorita de Las Burras", intrusivas en la Formación Puncoviscana, en las dacitas y en los granitos grises (fig. 2). La identificación de las dacitas y de las monzodioritas constituye uno de los aportes más significativos de esta contribución; las primeras están relacionadas genética y temporalmente con los granitos grises y rojos, mientras que las segundas, asociadas a traquitas y andesitas, son una expresión del magmatismo neógeno de la Cordillera Andina.

A pesar del tiempo transcurrido, el trabajo de

Kilmurray e Igarzábal (1971) proporciona descripciones petrográficas de los granitos grises y rojos que siguen siendo válidas, por lo que aquí sólo se incluyen algunos aspectos que completan sus descripciones, y que son importantes desde el punto de vista estructural. Las granodioritas grises son rocas holocristalinas de grano mediano o grueso, compuestas por cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico y biotita. Localmente contienen cordierita. El cuarzo suele presentar formas equidimensionales y sólo ocasionalmente llega a desarrollar una débil extinción ondulante, lo que denota la ausencia de deformación en estado sólido. Los granitos rojos también están compuestos por cuarzo, feldespato, plagioclasa y biotita. Son de grano mediano y constituyen pórfidos en las zonas de borde, por ejemplo en el angosto de la Quesera. El cuarzo y el feldespato potásico forman intercrecimientos granofíricos y texturas gráficas, lo que sugiere un nivel de emplazamiento muy somero para los granitos rojos, acorde también con la presencia de cavidades miarolíticas. Muchos granitos rojos están afectados por procesos hidrotermales que en algunos casos llegan a provocar la sustitución completa de sus minerales primarios por agregados ricos en clorita, epidota y hematites.

Las dacitas son rocas de grano fino y textura lamprofírica, que están compuestas por fenocristales de plagioclasa, biotita, anfíbol y/o piroxeno inmersos en una matriz, de grano muy fino a microcristalina, con cuarzo, plagioclasa y biotita. Se distinguen por presentar una marcada foliación definida por la orientación preferente de los fenocristales. La foliación está realizada por la disposición concordante de los numerosos fragmentos ahusados de basamento que aglutinan y por algunas bandas microcristalinas, casi vítreas, con texturas fluidales. El idiomorfismo de los fenocristales, la ausencia de deformación intracristalina y la abundancia de fenocristales imbricados indican que la foliación se debe a flujo magmático.

Las dacitas se apoyan discordantemente sobre el basamento y el granito rojo intruye en dacitas y granodioritas grises. Dado que el granito rojo es pretremadociense, las granodioritas grises, las dacitas y las areniscas del Grupo Mesón deben ser más antiguas. Esta cronología relativa concuerda con los resultados de la datación U/Pb sobre circones de las dacitas, que han brindado una edad de 526 ± 2 Ma (fig. 3); resultados provisionales sobre el granito rojo indican una edad de 520 Ma (Hongn *et al.*, 2001).

Las monzodioritas de Las Burras son rocas holocristalinas de grano medio, compuestas por cuarzo, plagioclasa y hornblenda como mineral máfico dominante. Bastantes muestras tienen piroxeno y/o biotita; esta última suele reemplazar a la hornblenda y en

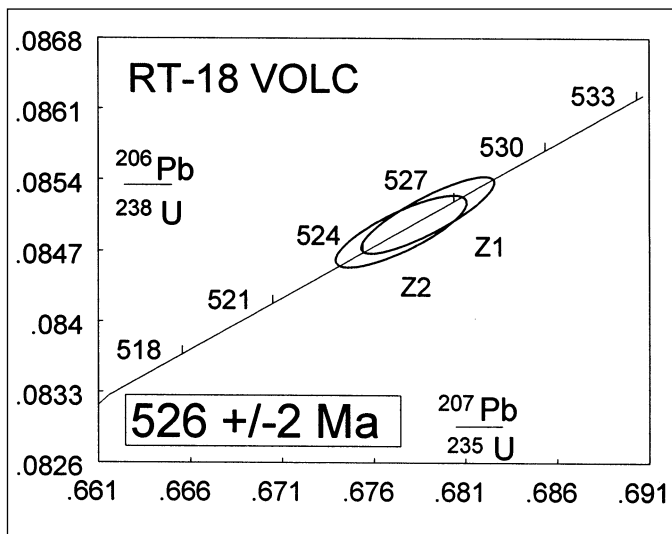


Fig. 3. Datación U/Pb en circones de una dacita
 Fig. 3. U/Pb age on zircon from a dacite sample

ocasiones al piroxeno. La monzodiorita presenta dos tipos litológicos principales, el monzodiorítico propiamente dicho que domina, y otro ligeramente más ácido correspondiente a granodioritas con feldespatos poiquilíticos de talla centimétrica, que otorgan una textura porfídica a la roca. Sobre las monzodioritas se disponen rocas volcánicas, en su mayoría básicas (basaltos y andesitas). Vetas de cuarzo-turmalina-magnetita son comunes tanto en la monzodiorita como en las rocas encajantes. Algunas de ellas fueron motivo de explotaciones artesanales de magnetita y dieron lugar a exploraciones recientes.

La monzodiorita de las Burras presenta gran similitud con el stock monzodiorítico del Acay estudiado por Llambías *et al.* (1985), y que tiene una edad Ar/Ar de 18,9 Ma (Petrinovic *et al.*, 1999). Los resultados preliminares de dataciones U/Pb llevadas a cabo sobre circones de la monzodiorita sugieren una edad cenozoica, próxima a la de 15,4 Ma (K/Ar) obtenida por Sillitoe (1977) pocos kilómetros al NE en rocas similares.

Características estructurales del batolito

La geometría laminar de las granodioritas grises y los granitos rojos es patente a partir de criterios de campo, como la orientación N-S y con buzamiento de unos 40°O del contacto occidental entre ambos tipos de granitos y la de los abundantes filones-capa de pórfidos rojos que intruyeron en la mitad septentrio-

nal de la granodiorita (fig. 2). Asimismo, dentro de la franja oriental de granitos rojos, el contacto con el basamento es una zona amplia donde se entremezclan láminas de granitos rojos e innumerables enclaves lenticulares de las rocas de caja (zona con rayado discontinuo de la fig. 2). Los enclaves definen una orientación N-S inclinada unos 50°E que es paralela a la estratificación de los materiales encajantes, lo que sugiere una forma lacolítica para los granitos al restituir la estratificación a la horizontal. La geometría laminar de los granitos es también necesaria para poder explicar la formación de los cabalgamientos paralelos a la estratificación que involucran a la Formación Yacoraite, a los granitos rojos y a las granodioritas grises.

La forma cartográfica del afloramiento principal de monzodioritas es la de una elipse con su eje mayor dispuesto según N60°E, es decir, oblicua a la estructura de las restantes rocas ígneas. La foliación y el bandeo composicional son paralelos entre sí, y dibujan un domo asimétrico con el centro escorado hacia el SE y buzamientos elevados en sentidos centrífugos (fig. 2).

Este estudio estructural del batolito de Tastil combina datos de campo y microestructurales con el análisis de la susceptibilidad magnética en más de 750 muestras, procedentes de 132 estaciones de muestreo repartidas por el batolito. En esas estaciones se extraen dos o tres testigos de sondeos orientados, con una perforadora portátil refrigerada por agua. De cada testigo se obtienen 2 ó 3 muestras como las utilizadas con fines paleomagnéticos. El interés de la susceptibilidad magnética se debe a su idoneidad para determinar estructuras planares y lineares en plutones carentes de deformación (Bouchez, 1997). La susceptibilidad magnética en campo bajo, K, es el cociente entre un campo magnético inductor externo, al que se someten las muestras, y el campo inducido que éstas desarrollan. La anisotropía de la susceptibilidad magnética corresponde a un tensor de segundo orden, que queda representado geoméricamente por un elipsoide de ejes K1, K2 y K3, en el que K1 es la lineación y K3 el polo de la foliación de la fábrica magnética de las rocas. La orientación de la fábrica magnética coincide generalmente con la de las estructuras planares y lineares de las rocas (Tarling y Hrouda, 1993).

La susceptibilidad magnética es elevada en las cuatro facies (fig. 4), obteniéndose valores medios de K de $8,77 \times 10^{-3}$ SI en las granodioritas grises, $9,13 \times 10^{-3}$ SI en los granitos rojos, $22,86 \times 10^{-3}$ SI en las dacitas y 46×10^{-3} SI en las monzodioritas. Semejantes valores de K son característicos de granitos cuya susceptibilidad magnética está controlada por minerales ferro-

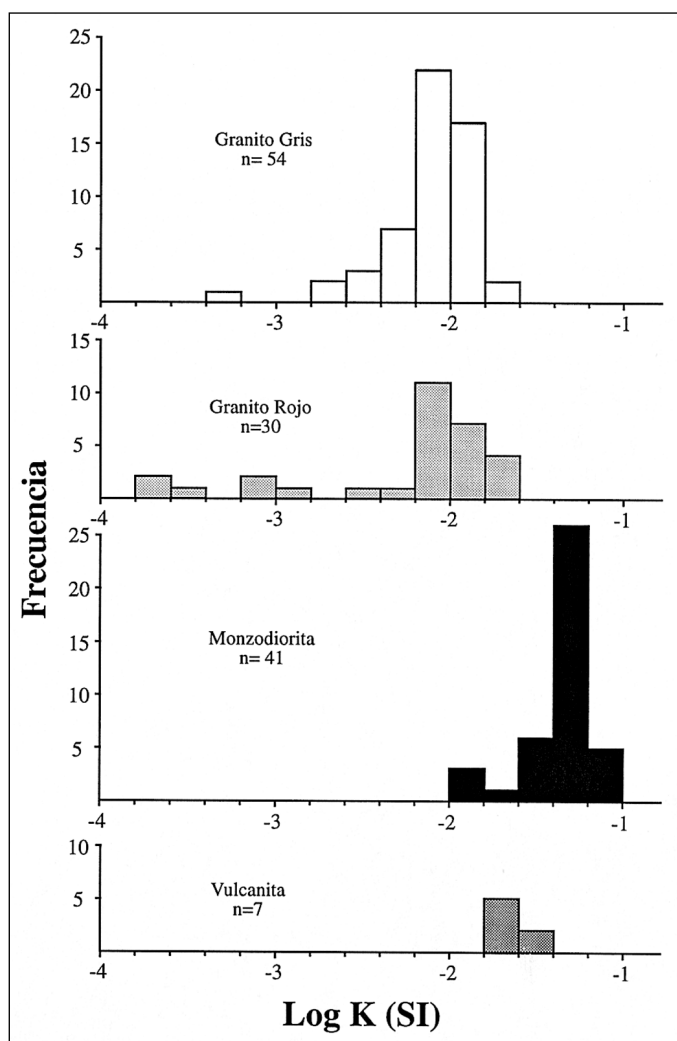


Fig. 4. Histogramas de frecuencia de los valores de la susceptibilidad magnética, K, en las principales facies ígneas del batolito de Tastil

Fig. 4. Frequency diagrams of the mean susceptibility, K, in the main petrographic types of the Tastil batholith

magnéticos (Bouchez, 1977; Ferré *et al.*, 1999). Esta interpretación es coherente con la presencia de magnetita en todas las facies. Los granitos rojos ofrecen valores de K muy dispares (fig. 4), en consonancia con la heterogeneidad de las sustituciones de la magnetita por minerales antiferromagnéticos, hematites, durante la alteración hidrotermal de los granitos. Los valores de la anisotropía magnética, P, expresada como K_1/K_3 , también está caracterizada por valores muy dispersos, que oscilan entre 1,48 y 11,67 en los granitos grises, 0,41 y 5,33 en los granitos rojos, 3, 63 y 56,82 en las dacitas y entre 2,13 y 14,42 en las monzodioritas. Estas dispersiones son consecuencia de que en las rocas ferromagnéticas la fábrica magnéti-

ca depende de la forma de los minerales portadores del magnetismo (Tarling y Hrouda, 1993), y su anisotropía varía en respuesta a las interacciones magnéticas, aditivas o sustractivas, entre granos de magnetita muy próximos (Bouchez, 1997). La elevada anisotropía de algunas dacitas sugiere la existencia de granos de magnetita de tipo monodominio, lo que no es de extrañar dado el carácter microcristalino de la matriz de estas rocas.

La figura 5 muestra los resultados del estudio de la fábrica magnética del batolito. Las rocas que mejor definen la estructura antiformal del batolito son las dacitas, probablemente reflejando que las dos franjas en las que afloran coinciden justamente con los dos flancos del antiforme y que su foliación está muy bien desarrollada. En las granodioritas grises predominan las foliaciones con buzamientos suaves hacia el O y NO. En los granitos grises se aprecia una notable variación direccional de la foliación, atribuible a la destrucción, total o parcial, de la fábrica primaria como consecuencia de las alteraciones tardías. La orientación de la lineación es comparable, NNE-SSO, en las granodioritas y dacitas. En ambos casos tienden a dibujar círculos máximos (fig. 5), que denotan la estructura antiformal del batolito.

Discusión

La nueva cartografía del batolito de Tastil (figura 2) refleja una complejidad mayor que la considerada hasta ahora, pues un tercio de los afloramientos atribuidos anteriormente a los granitos corresponden a vulcanitas antiguas vinculadas con los granitos o a monzodioritas neógenas. La figura 6 sintetiza la sucesión de eventos neoproterozoico-eopaleozoicos que proponemos: 1) Deformación y metamorfismo del basamento (Neoproterozoico terminal, quizá Cámbrico basal, Nemakitiense-Daldyniense), 2) Sedimentación de las areniscas del Grupo Mesón del angosto de la Quesera hace más de 520 Ma (Cámbrico Inferior), 3) Evento magmático del batolito de Tastil, ca. 520 Ma, y 4) Depósito del Grupo Santa Victoria desde el Tremadociense Inferior en la secuencia del angosto de la Quesera. El significado de esta sucesión de eventos y de sus edades se discute a continuación.

Neoproterozoico-Eopaleozoico. Consideraciones estratigráficas y cronológicas

Las edades del basamento epimetamórfico, de los Grupos Mesón y Santa Victoria y del batolito de Tastil

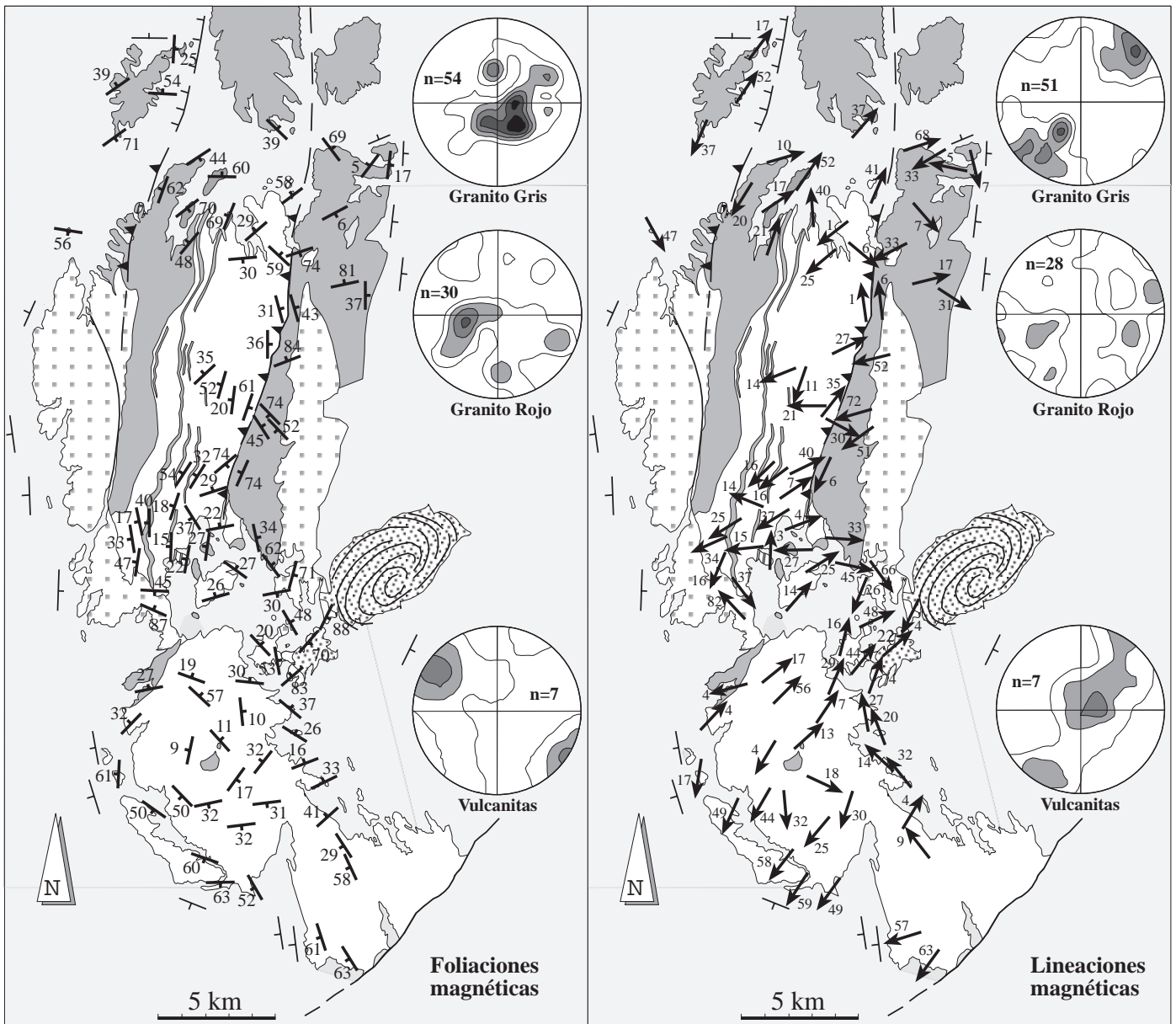


Fig. 5. Mapas de las foliaciones y de las lineaciones magnéticas en el batolito de Tastil. En las monzodioritas sólo están representadas las trayectorias del bandeado composicional
 Fig. 5. Maps of the magnetic foliations and lineations in the Tastil batholith. Within the monzodiorites only the trajectories of the layering are represented

han sido fuente de opiniones encontradas. Desde las primeras investigaciones geológicas en el noroeste argentino hasta el trabajo de Turner (1972) se atribuyó el basamento epimetamórfico al Precámbrico, el Grupo Mesón al Cámbrico y el Grupo Santa Victoria al Ordovícico. Aceñolaza y Toselli (1976) propusieron que la sedimentación del basamento epimetamórfico se prolongó hasta el Cámbrico inferior de acuerdo

con trazas fósiles y edades absolutas, elevando la edad del Grupo Mesón al Cámbrico Medio. Por otro lado, las escasas trazas fósiles del Grupo Mesón también sugieren una edad cámbrica inferior, Atdabaniense, para las secuencias siliciclásticas (Alonso y Marquillas, 1981; Omarini *et al.*, 1999; Mangano y Buatois, 2000), hecho que reabrió nuevamente el debate sobre la edad del basamento y el

Grupo Mesón. En tal sentido, la información de este trabajo proporciona un argumento sólido en favor de la edad Atdabaniense de los niveles del Grupo Mesón presentes en el angosto de la Quesera. En función de las trazas fósiles del basamento, Aceñolaza *et al.* (1999) consideran que la sedimentación ocurrió hasta el Tommotiense, 534-530 Ma, y Sureda y Omarini (1999) hasta el Nemakitiense-Daldyniense, 545-534 Ma. Considerando el tiempo transcurrido entre la intrusión del granito rojo (520 Ma) y el tiempo medio (532 y 540) de las épocas sugeridas por las trazas fósiles, el lapso involucrado por los autores citados es de 12 y 20 Ma. Durante ese tiempo debió de ocurrir la deformación, levantamiento y erosión del basamento, y el depósito de los niveles del Grupo Mesón, por lo tanto la hipótesis de sedimentación del basamento hasta el Nemakitiense-Daldyniense es la más plausible.

Los nuevos datos de la zona de Tastil permiten

también discutir la naturaleza de la discontinuidad que separa los Grupos Mesón y Santa Victoria, atribuida originalmente a la fase Irúyica del límite Cámbrico-Ordovícico (Turner y Méndez 1975). Se discute la naturaleza tectónica (Mon y Salfity, 1995; Sánchez y Salfity, 1999; Aceñolaza *et al.*, 1999; Sureda y Omarini 1999) o eustática (Moya *et al.* 1994; Aceñolaza 1999) de la fase Irúyica. En el angosto de la Quesera la edad mínima del Grupo Mesón está acotada por la del granito rojo en unos 520 Ma, y la del conglomerado basal del Grupo Santa Victoria en unos 495-490 Ma (fig. 6). Esa diferencia implica un hiato de 25 a 30 Ma, cuya larga duración concuerda mejor con un control tectónico. Por ello, relacionamos el levantamiento y erosión de los granitos de Tastil y de las areniscas del Grupo Mesón con la hipótesis de que la expansión de la cuenca del Grupo Santa Victoria se debió a la acentuación de los procesos distensivos que modelaron previamente la cuen-

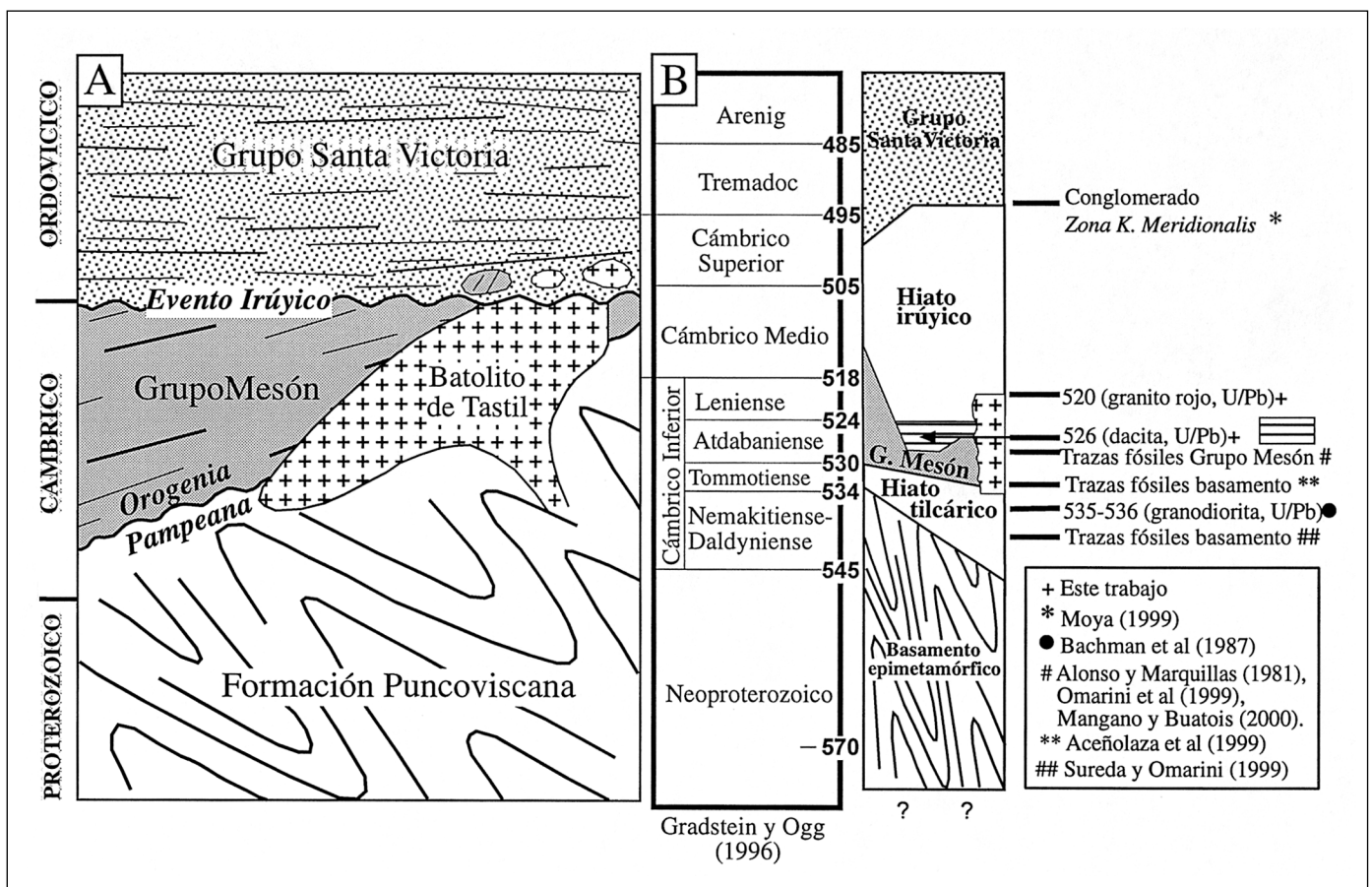


Fig. 6. A: esquema sintético de las relaciones existentes entre la Formación Puncoviscana, los granitos y las rocas sedimentarias eopaleozoicas del área de Tastil. B: interpretación geodinámica regional, con los límites temporales de Gradstein y Ogg (1996)
 Fig. 6. A: Synthetic log showing the relationships between the Puncoviscana Formation, the granites and the Eopaleozoic sedimentary rocks in the Tastil area. B: Geodynamic interpretation at the regional scale. Age boundaries after Gradstein and Ogg (1996)

ca, más restringida, del Grupo Mesón (Mon y Salfity, 1995; Moya, 1998, 1999; Sureda y Omarini, 1999; Sánchez y Salfity, 1999).

Consideraciones geodinámicas

Las interpretaciones geodinámicas más recientes de la región establecen correlaciones temporales entre procesos ocurridos en las Sierras Pampeanas, la Cordillera Oriental y la Puna (fig. 1). Esas correlaciones recurren a migraciones espaciales y temporales de las cuencas neoproterozoicas y eopaleozoicas, de los frentes de deformación y del plutonismo, para encajar fenómenos que ocurren en diferentes niveles del basamento y con distintas edades. En casi todos los casos la referencia para el noroeste argentino es el área de Tastil, donde se considera generalmente que la deformación y el magmatismo del basamento son del Cámbrico Inferior y que el depósito del Grupo Mesón tuvo lugar en el Cámbrico Superior (Keppie y Bahlburg 1999; Aceñolaza *et al.*, 2000). La concentración de edades radiométricas en torno a 515 Ma en las sierras Pampeanas (Rapela *et al.*, 1998) y a 500 Ma en la Puna (Lucassen *et al.*, 2000) se interpretan como parte del Ciclo Pampeano previo al depósito del Grupo Mesón. Uno de los problemas geológicos pendientes del noroeste de Argentina reside precisamente en explicar convincentemente la contemporaneidad entre el depósito del Grupo Mesón y el metamorfismo de alta temperatura y presiones bajas a intermedias del basamento (Hongn y Mon, 1999). Rossi *et al.* (1992) y Becchio *et al.* (1999) sugieren que el metamorfismo pudo estar vinculado con procesos distensivos a escala cortical. Las edades obtenidas en Tastil (vulcanitas y granito rojo) son contemporáneas con las establecidas para el basamento cristalino ígneo-metamórfico de la Puna y Sierras Pampeanas pero corresponden a procesos que son nítidamente parte de la historia del Grupo Mesón. Así, es posible proponer que el batolito de Tastil es la expresión superficial de los procesos geodinámicos que produjeron el metamorfismo y magmatismo en niveles más profundos del basamento. Según esta interpretación, a partir del Tommotiense-Attabaniense (~530 Ma) ocurre un proceso de extensión que genera la cuenca del Grupo Mesón. Tal proceso se acentúa entre el Cámbrico Medio y el Ordovícico Inferior, alcanzándose un adelgazamiento litosférico que desemboca en la anomalía térmica responsable del metamorfismo y plutonismo en el basamento y del emplazamiento del batolito de Tastil en los niveles del Grupo Mesón. Con el episodio de extensión máxima se relacionarían la fase Irúyica, la amplificación de la

cuenca ordovícica respecto a la cámbrica del Grupo Mesón, la intensificación de la actividad volcánica y el súbito aumento del contenido de metales base en la cuenca del Grupo Santa Victoria reseñado por Sureda y Omarini (1999). De acuerdo con estos autores, gran parte de las rocas con edades comprendidas entre 523 Ma y 500 Ma de las Sierras Pampeanas y de la Puna estarían vinculadas con este proceso distensivo asociado al colapso del orógeno Pampeano.

También las monzodioritas de Las Burras tienen un significado geodinámico relevante, ya que se erigen como el plutón andino más oriental para esta latitud. Su edad, acotada como miocena, es aún imprecisa, por lo que sólo presentamos un esbozo de su emplazamiento sincinemático respecto de las principales estructuras andinas de la región. A lo largo del lineamiento de Calama-Olapato-Toro se ha desarrollado una de las cadenas volcánicas transversales de los Andes Centrales en un intervalo temporal que va desde hace 18 Ma hasta 0,2 Ma (Petrinovic 1999). La ubicación geográfica de la monzodiorita de Las Burras permite integrarla en dicho lineamiento, y su estructura interna sugiere que el ascenso del magma se realizó a través de fracturas de tensión asociadas a la zona de desgarre litosférico representada por el lineamiento (fig. 7). En tal sentido, la foliación de las turbiditas de la Formación Puncoviscana e incluso el batolito de Tastil definen una flexión compatible con el arrastre producido como consecuencia del movimiento sinextrorso del lineamiento de Calama-Olapato-Toro.

Conclusiones

La elaboración de un detallado mapa geológico del batolito de Santa Rosa de Tastil y su estudio estructural aportan nuevos datos para interpretar la evolución geodinámica del basamento andino del noroeste de Argentina. Los principales resultados de nuestro trabajo se resumen en lo siguiente:

- 1) Entre las rocas anteriormente incluidas en el batolito de Tastil, las granodioritas grises y los granitos rojos, se han distinguido dacitas vinculadas con las rocas plutónicas.
- 2) El batolito comprende además varios domos de monzodioritas que intruyen en los granitos y en las dacitas. Estas monzodioritas son de edad neógena, y constituyen el registro más oriental del plutonismo andino en esta transversal de los Andes.
- 3) La naturaleza del contacto entre los granitos de Tastil y las areniscas del Grupo Mesón es intrusiva

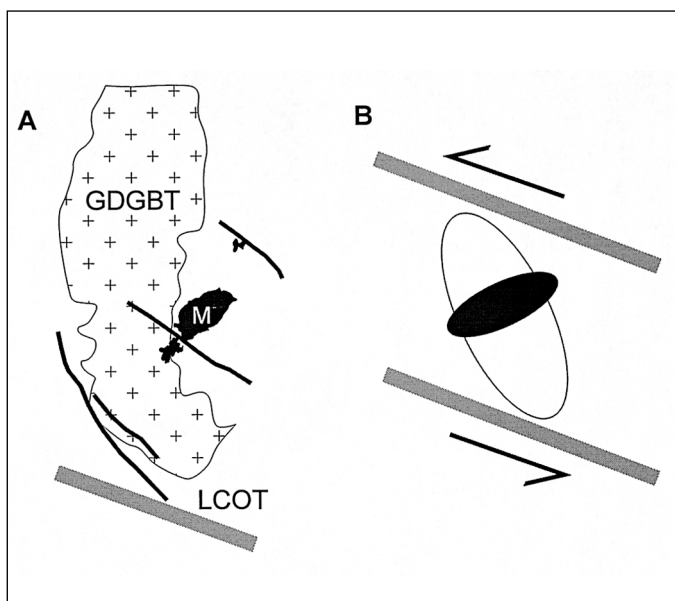


Fig. 7.- A: mapa simplificado en el que se indica el ángulo de 45° entre el domo de monzodioritas (M) y el lineamiento Calama-Olacapato-Toro (LCOT) y la reorientación de la mitad meridional del batolito de Tastil, conforme a una cizalla sinextrorsa. B: interpretación del emplazamiento del domo de monzodioritas (en negro) a favor de una fractura de tensión asociada a la zona de cizalla del LCOT

Fig. 7. A: Simplified map view, showing the orientation of the granodiorite dome (M) at nearly 45° to the Calama-Olacapato-Toro lineament (LCOT) and the arching of the southern part of the Tastil batholith in a sinistral sense. B: interpretation of the monzodiorite dome (black ellipse) exploited a tensile fracture related to the sinistral shear sense of the LCOT

y no discordante, como se había admitido hasta ahora.

4) El perfil del Angosto de La Quesera incluye materiales de los grupos Mesón y Santa Victoria. Además de su repercusión sobre aspectos estratigráficos del basamento y de las sucesiones eopaleozoicas (Grupos Mesón y Santa Victoria) de la Cordillera Oriental argentina, estos resultados modifican sustancialmente varios conceptos geológicos de fuerte arraigo en el noroeste de Argentina.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado fundamentalmente por un proyecto trianual de cooperación hispano-argentina de la AEI, de la Universidad del País Vasco (UPV001-310-G18/99), ANPCyT (PICT 2302) y CONICET (PIP5020). Se agradece a la SMlyRE de Salta y al

SEGEMAR por el apoyo logístico para los trabajos de campo. A Elsa y Lucho, del Museo de Santa Rosa de Tastil, por su hospitalidad.

Referencias

- Aceñolaza, F.G., Miller, H. y Toselli, A.J. (Eds.), 1990. *El Ciclo Pampeano en el Noroeste Argentino*. Universidad Nacional de Tucumán, Serie Correlación Geológica, Tucumán, 4, 227p.
- Aceñolaza, F. G., Buatois, L., Mángano, G., Esteban, S., Tortello, F. y Aceñolaza, G. F. 1999. Cámbrico y Ordovícico del Noroeste Argentino. En: Caminos, R. (ed), *Geología Argentina*. Instituto de Geología y Recursos Minerales, SEGEMAR, Buenos Aires, 29(7), 169-187.
- Aceñolaza, F. G., Miller, H. y Toselli, A. J. 2000. The Pampean and Famatinian cycles –Superposed orogenic events in West Gondwana. *31st International Geological Congress*, 337-344.
- Alonso, R. y Marquillas, R. 1981. Trazas fósiles de la Formación Campanario (Grupo Mesón, Cámbrico) en el Norte Argentino. Consideraciones ambientales y cronológicas. *Revista del Instituto de Geología y Minería*, Universidad Nacional de Jujuy, 4, 32-41.
- Bachman, G., Grauert, B., Kramm, U., Lork, A. y Miller, H. 1987. El magmatismo del Cámbrico medio/Cámbrico superior en el basamento del noroeste argentino: investigaciones isotópicas y geocronológicas sobre los granitoides de los complejos intrusivos de Santa Rosa de Tastil y Cañaní. *X Congreso Geológico Argentino*, Tucumán, 4: 125-127.
- Bahlburg, H. 1990. The Ordovician in the Puna of NW Argentine and N Chile: geodynamic evolution from back-arc to foreland basin. *Geotektonische Forschungen*, 75: 1-77.
- Becchio, R., Lucassen, F., Kaseman, S., Franz, G. y Viramonte, J.G. 1999. Geoquímica y sistemática isotópica de rocas metamórficas del Paleozoico inferior: Noroeste de Argentina y Norte de Chile (21° - 27° S). *Acta Geológica Hispánica*, 34(2-3), 273-299.
- Bouchez, J.L. 1997. Granite is never isotropic: an introduction to AMS studies of granitic rocks. En: Bouchez, J.L., Hutton, D.H.W. y Stephens, W.E. (ed.), *Granite: From Segregation of Melt to Emplacement Fabrics*, Kluber, Dordrecht, 95-112.
- Dalla Salda, L., Cingolani, C. y Varela, R. 1992. Early Paleozoic orogenic belt of the Andes in SW South America: Result of Laurentia-Gondwana collision?. *Geology*, 20: 617-620.
- Dalziel, I. W. D., Dalla Salda, L. y Gahagan, L. M. 1994. Paleozoic Laurentia-Gondwana interaction and the origin of the Appalachian-Andean mountain system. *Geological Society of America Bulletin*, 106: 243-252.
- Ferré, E.C., Wilson, J. y Gleizes, G. 1999. Magnetic susceptibility and AMS of the Bushveld alkaline granites, South Africa. *Tectonophysics*, 307: 113-133.

- Gradstein, F.M. y Ogg, J. 1996. A Phanerozoic time scale. *Episodes*, 19: 3-5.
- Hongn, F.D. y Mon, R., 1999. Estructura del basamento pampeano en el noroeste de Argentina (Provincias de Jujuy, Salta, Tucumán y Catamarca). En: González Bonorino, G., Omarini, R. y Viramonte, J.G. (ed.), *Geología del Noroeste Argentino*. Relatorio XIV Congreso Geológico Argentino, Salta, 1: 80-88.
- Hongn, F.D., Tubía, J.M., Aranguren, A., Mon, R. y Battaglia, R. 2001. Intrusión del granito rojo del batolito de Tastil en areniscas eopaleozoicas en el Angosto de la Quesera, Cordillera Oriental, Salta. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 56 (en prensa).
- Keidel, J. 1943. El Ordovícico inferior en los Andes del Norte Argentino y sus depósitos marino glaciares. *Boletín Academia Nacional de Ciencias*, 36(2): 140-229.
- Keppie, J.D. y Bahlburg, H. 1999. Puncoviscana Formation of northwestern and central Argentina: Passive margin or foreland basin deposit?. En: Ramos, V. and Keppie, J.D. (ed.), *Laurentia – Gondwana connections before Pangea*. Geological Society of America, Special Paper, 336, 139-143.
- Kilmurray, J. e Igarzábal, A. 1971. Petrografía y rasgos geomórficos del batolito granítico de Santa Rosa de Tastil, Provincia de Salta, Rep. Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 26(4): 417-438.
- Llambías, E.J., Sato, A.M. y Tomsic, S. 1985. Geología y características químicas del stock terciario del Nevado de Acay y vulcanitas asociadas, provincia de Salta. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 15, 158-175.
- Mangano, G. y Buatois, L. 2000. Ichnology, sedimentary dynamics, and sequence stratigraphy of the Mesón Group: A Cambrian macotidal shallow-marine depositional system in NW Argentina. En: Aceñolaza, G. F. y Peralta, S. (eds.), *Cambrian of the southern edge*. Instituto Superior de Correlación Geológica, Tucumán Miscelánea 6, 109-110.
- Marrett, R. y Strecker, M. 2000. Response of intracontinental deformation in Central Andes to late Cenozoic reorganization of South American Plate motions. *Tectonics*, 19, 452-467.
- Mon, R. y Hongn, F.D. 1991. The structure of the Precambrian and Lower Paleozoic Basement of the Central Andes between 22° and 32° S. Lat., *Geologische Rundschau*, 83, 745-758.
- Mon, R. y Salfity, J.A. 1995. Tectonic evolution of the Andes of northern Argentina. En: Tankard, A. J., Suárez, R. y Welsink (eds.), *Petroleum basins of South America*. American Association of Petroleum Geologists, Memoir 62, 269-283.
- Moya, M.C. 1988. Lower Ordovician in the southern part of the Argentine Eastern Cordillera. En: Bahlburg, H., Breitkreuz, C. and Giese, P. (ed.), *The Southern Central Andes*. Lectures Notes in Earth Sciences, Springer Verlag, 17, 55-69.
- Moya, M.C. 1998. El Paleozoico inferior en la sierra de Mojotoro. Salta-Jujuy. *Revista Asociación Geológica Argentina*, 53(2): 219-238.
- Moya, M.C. 1999. El Ordovícico de los Andes del Norte Argentino. En: González Bonorino, G., Omarini, R. y Viramonte, J. (ed.), *Geología del Noroeste Argentino*. Relatorio XIV Congreso Geológico Argentino, Salta, 1: 134-152.
- Moya, M.C., Malanca, S., Monteros, J.A. y Cuerda, A. 1994. Bioestratigrafía del Ordovícico Inferior en la Cordillera Oriental argentina basada en graptolitos. *Revista Española de Paleontología*, 9 (1), 91-104.
- Omarini, R., Sureda, R.J., Götze, H.J., Seilacher, A. y Pflüger, F. 1999. Puncoviscana folded belt in northwestern Argentina: testimony of Late Proterozoic Rodinia fragmentation and pre-Gondwana collisional episodes. *International Journal Earth Sciences*, 88: 76-97.
- Petrinovic, I.A. 1999. Magmatismo cenozoico de la Puna austral: Volcanismo en la cadena volcánica del Quevar-Acay. Características, edades y distribución. En: González Bonorino, G., Omarini, R. y Viramonte, J. (ed.), *Geología del Noroeste Argentino*. Relatorio 14° Congreso Geológico Argentino, Salta, 1, 386-390.
- Petrinovic, I.A., Mitjavila, J., Viramonte, J.G., Martí, J., Becchio, R., Arnosio, M y Colombo, F. 1999. Descripción geoquímica y geocronológica de secuencias volcánicas neógenas de trasarco, en el extremo oriental de la cadena volcánica transversal del Quevar (Noroeste de Argentina). *Acta Geológica Hispánica*, 34, 255-272.
- Ramos, V. 1974. Estructura de los primeros contrafuertes de la Puna salto-jujeña y sus manifestaciones volcánicas asociadas. *V Congreso Geológico Argentino*, Córdoba, 4, 159-202.
- Rapela, C.W., Pankhurst, R.J., Casquet, C., Baldo, E., Saavedra, J., Galindo, C. y Fanning, C.M. 1998. The Pampean Orogeny of the southern proto-Andes: Cambrian continental collision in the Sierras de Córdoba. En: Pankhurst, R.J. y Rapela, C.W. (ed.), *The proto-Andean Margin of Gondwana*. Geological Society; London, 142, 181-218.
- Rossi, J.N., Toselli, A.J. y Durand, F.R. 1992. Metamorfismo de baja presión, su relación con el desarrollo de la cuenca Puncoviscana, plutonismo y régimen tectónico. Argentina. *Estudios Geológicos*, 48, 279-287.
- Salfity, J. A. 1985. Lineamientos transversales al rumbo andino en el Noroeste Argentino. *IV Congreso Geológico Chileno*, Antofagasta, 1, 2/119-137.
- Salfity, J.A., Omarini, R., Baldi, B. y Gutierrez, W. 1975. Consideraciones sobre la evolución geotectónica del Precámbrico y Paleozoico del Norte Argentino. *II Congreso Iberoamericano de Geología Económica*, Buenos Aires, 4, 341-362.
- Sánchez, M.C. y Salfity, J.A. 1999. La cuenca cámbrica del Grupo Mesón en el noroeste argentino: Desarrollo estratigráfico y paleogeográfico. *Acta Geológica Hispánica*, 34(2-3), 123-139.
- Sillitoe, R. 1977. Permo-Carboniferous, Upper Cretaceous, and Miocene porphyry Koper-type mineralization in the Argentinian Andes. *Economic Geology*, 72, 99-109.
- Sureda, R. J. y Omarini, R. 1999. Evolución geológica y nomenclatura pre-Gondwánica en el Noroeste de Argentina (1800 – 160 Ma). *Acta Geológica Hispánica*, 34(2-3), 197-225.

Hongn, F. D. *et al.* 2001. El batolito de Tastil (Salta, Argentina): un caso de magmatismo... *Boletín Geológico y Minero*, 112 (3): 113-124

Tarling, D.H. y Hrouda, F. 1993. *The magnetic anisotropy of rocks*. Chapman and Hall, London, 217 pp.

Tubía, J. M., Aranguren, A., Hongn, F. y Mon, R. 1999. Datos preliminares sobre la estructura y emplazamiento del batolito de Santa Rosa de Tastil, Salta. *XIV Congreso Geológico Argentino*, Salta, 1: 123-125.

Turner, J. C. 1972. Puna. En: Leanza, A. (Ed.), *I Simposio de Geología Regional Argentina*, Córdoba, 91-116.

Turner, J. C. y Méndez, V. 1975. Geología del sector oriental

de los departamentos de Santa Victoria e Iruya, Provincia de Salta. República Argentina. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias*, Córdoba, 51(1-2): 11-24.

Turner, J. C. y Mon, R., 1979. Cordillera Oriental. En: Turner, J. C. (ed), *II Simposio de Geología Regional Argentina*. Academia Nacional de Ciencias, Córdoba, 2, 57-94.

Recibido: Junio 2001

Aceptado: Agosto 2001