

## Estructuras del basamento cristalino del borde oriental de las Cumbres Calchaquías

### Métodos de análisis de rocas intensamente deformadas

Nélida Yolanda Mansilla

Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo. Universidad Nacional de Tucumán. Miguel Lillo 205.  
San Miguel de Tucumán. República Argentina  
[nymansilla@hotmail.com](mailto:nymansilla@hotmail.com)

**Resumen:** en los esquistos bandeados, entidad de amplia distribución en las Sierras Pampeanas, se distinguen dos foliaciones tectónicas,  $S_1$  y  $S_2$ . El origen y la estructura interna del bandeo ( $S_1$ ) que los caracteriza, fue analizado en las Cumbres Calchaquías, extremo norte de las Sierras Pampeanas. El análisis a escala de afloramiento, cortes delgados y preparados para microscopio electrónico con orientación conocida, facilitó la identificación, correlación e interpretación de estructuras de geometría similar. La configuración interna de las bandas cuarzosas fue establecida con la interpretación de la distribución de los blastos de cuarzo. Los blastos fueron clasificados combinando los métodos cuantitativos aplicados para detectar la configuración interna de las bandas cuarzosas de  $S_1$ , con deformación disimulada por la recristalización.

**Palabras clave:** Sierras Pampeanas. Esquistos bandeados. Deformación. Strain. Partición del strain.

### INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

En las investigaciones realizadas desde fines del siglo XIX (BRACKEBUSH 1891; RASMUS 1916, 1919; BONARELLI y PASTORE 1918; STELZNER 1923; GONZÁLEZ BONORINO 1950 a-b, 1951a-b, 1970; PEIRANO 1956; RUÍZ HUIDOBRO 1972; CAMINOS 1979; TURNER y MON 1979) se describe el basamento de las sierras de la provincia de Tucumán a escala regional y se distinguen globalmente unidades asignándoles diferentes nombres.

Otros estudios, pusieron énfasis en aspectos geológico-estratigráficos (BOSSI 1969; PORTO y DANIELLI 1974, 1980) petrológico-petrográficos (TOSELLI y ROSSI de TOSELLI 1973, 1984; ROSSI de TOSELLI *et al.* 1982; TOSELLI 1992) y edades radimétricas (GONZÁLEZ *et al.* 1971, BACHMAN y GRAUERT 1987 a-b, LINARES y GONZÁLEZ 1990, TOSELLI 1992, SALES *et al.* 1998).

MON *et al.* (1986) distinguen unidades con características estructurales diferentes dentro del basamento del norte argentino. WILLNER y MILLER (1986) y WILLNER (1990) proponen una división tectonometamórfica del basamento. Otros estudios (MON y HONGN 1987, 1991, 1996; MONTES 1987; GARCÍA 1988; KRIOKA 1988; MARINI 1988; MON *et al.* 1988; MANSILLA 1990, 1992, 1999; CAMPOS 1994) contribuyen al conocimiento de la estructura interna del basamento.

Los esquistos bandeados (GONZÁLEZ BONORINO 1950a) entidad de amplia distribución en las Sierras Pampeanas, constituyen parte del basamento de las sierras de la provincia de Tucumán. En su estructura interna se distinguen al menos dos foliaciones y los caracteriza la más antigua que está intensamente deformada. En las Cumbres Calchaquíes los esquistos bandeados tienen exposición óptima para el análisis de su estructura interna.

Hasta el presente la estructura interna de estos esquistos aún no ha sido completamente caracterizada y persisten controversias respecto del origen del bandeo que los distingue. Algunas investigaciones relacionan esa foliación con la estratificación (GONZÁLEZ BONORINO 1950a, 1951b; TOSELLI *et al.* 1973, 1984; WILLNER 1983, 1990; WILLNER y MILLER 1986) y otras sostienen que no se preservan estructuras primarias (MON *et al.* 1986, 1988; MON y HONGN 1987, 1996; MON y MANSILLA 1998; MANSILLA y CAMPOS 1998; MANSILLA 1999; MANSILLA y CAMPOS 1999).

El análisis de la estructura interna y el origen del bandeo constituyen el objetivo principal de este trabajo.

## ANTECEDENTES

### Marco geológico regional

Las Cumbres Calchaquíes (Fig. 1) situadas entre los 26º y 27º LS y 65º 30' LO, son asignadas a la unidad morfoestructural de las Sierras Pampeanas Noroccidentales (CAMINOS 1979).

Por efecto de la tectónica andina, constituyen un bloque dislocado y limitado por fallas. Éste está elevado y corrido hacia el este y hacia el oeste sobre entidades más jóvenes. Hacia el norte buza hundiéndose por debajo de la cobertura sedimentaria. En su borde oriental se adosa el anticlinal con núcleo de basamento, Los Altos de la Totora.

Al sur de 27º LS, un corrimiento de rumbo NNO-SSE las separa del bloque mayor de la sierra de Aconquija.

Los esquistos bandeados constituyen gran parte del basamento de las Cumbres Calchaquíes y están expuestos en su flanco oriental.

Continúan hacia el sur (Fig. 1) por el borde oriental de la sierra de Aconquija y ocupan la franja central de la sierra de Ancasti.

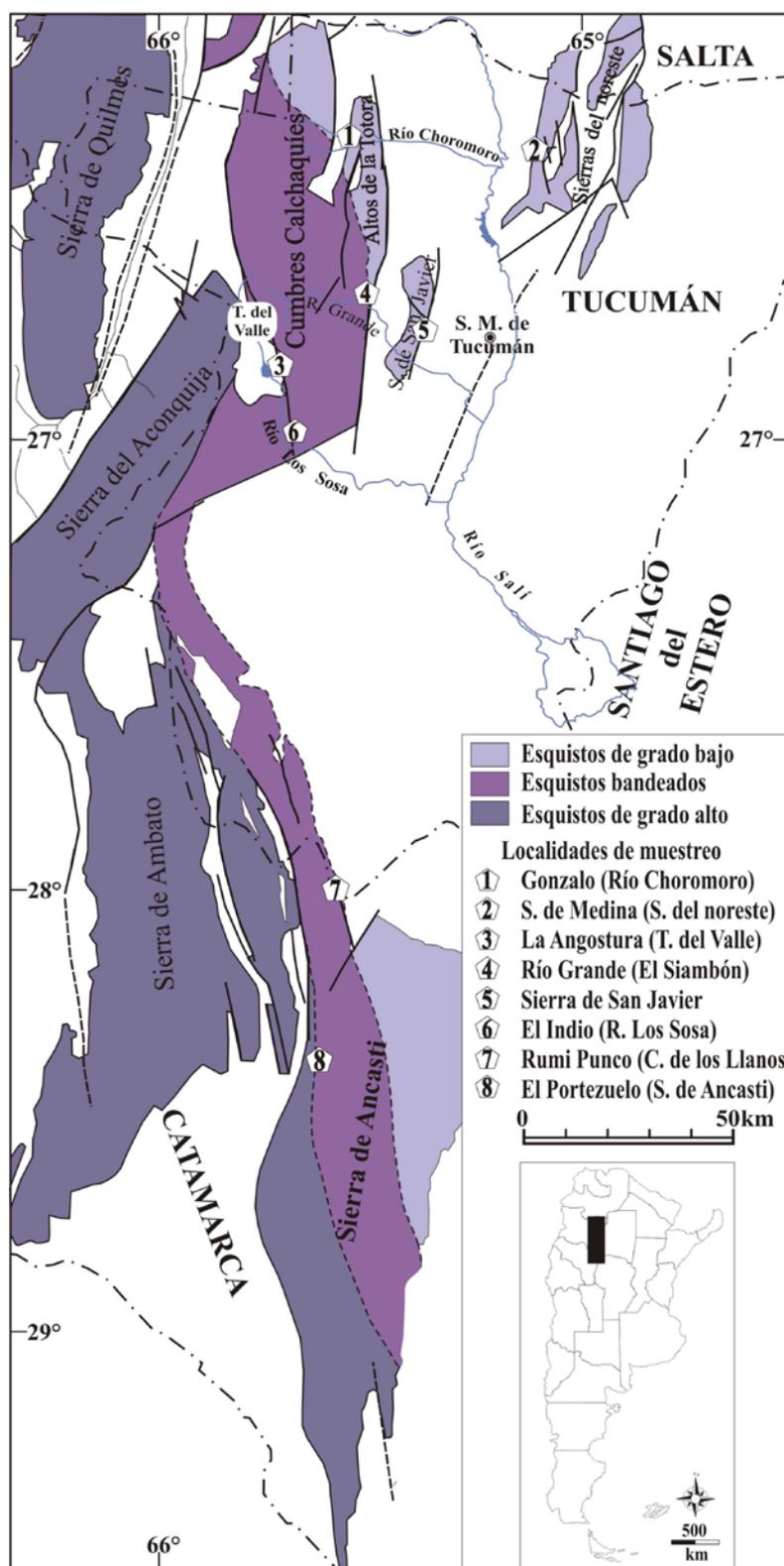


Figura 1. Distribución regional de las entidades del basamento metamórfico y localidades de estudio. Esquema regional modificado de MON (1976)

## **Cinturones metamórficos altamente deformados**

Las menciones de rocas altamente deformadas son frecuentes para todos los continentes y en la literatura geológica se conocen desde la segunda mitad del siglo XIX. En las que se refieren a los cinturones miloníticos, estudiados principalmente en granitoides, son clásicos los trabajos de SIMPSON y SCHMID (1983) y LISTER y SNOKE (1984).

Hay menciones referidas a rocas altamente deformadas con anisotropías previas en CARRERAS (1975 a-b), CARRERAS *et al.* (1977), CARRERAS y CASAS (1987), CARRERAS y DRUGUET (1994), LLOYD y FREEMAN (1994), LUCAS y ST-ONGE (1995), CARRERAS (1997), DRUGUET y HUTTON (1998), CESARE (1999), MAMTANI *et al.* (1999), de WIT *et al.* (2001), MANDAL *et al.* (2004).

En las rocas con anisotropías previas como los esquistos bandeados, es mayor la dificultad para identificar las estructuras más antiguas y determinar su origen.

## **METODOLOGÍA DE TRABAJO**

Además de analizar la bibliografía concerniente al basamento del extremo norte de las Sierras Pampeanas, se revisó la bibliografía referida a métodos de investigación de rocas altamente deformadas: HOBBS *et al.* (1981), SIMPSON y SCHMID (1983), RAMSAY y HUBER (1983, 1987), LISTER y SNOKE (1984), WILLIAMS (1985), SHELLEY (1994, 1995), PASSCHIER y TROUW (1996), WORLEY *et al.* (1997), MAMTANI *et al.* (1999).

### **Selección de localidades de estudio**

En la selección de localidades para analizar en detalle los esquistos bandeados, se consideraron particularmente las menciones bibliográficas que señalan aspectos estructurales controvertidos del basamento de las Cumbres Calchaquíes (GONZÁLEZ BONORINO 1950a-b, 1951b; RUÍZ HUIDOBRO 1972; TOSELLI y ROSSI de TOSELLI 1973, 1984; MON y HONGN 1987, 1991, 1996) especialmente algunos no resueltos sobre la naturaleza del bandeo que los caracteriza (ROSSI de TOSELLI 1982; MARINI 1988; GARCÍA 1988; MON *et al.* 1988; MANSILLA 1990; MANSILLA y CAMPOS 1998), por ser esta entidad de amplia distribución en las Sierras Pampeanas.

Fueron relevadas otras localidades (Fig. 1) como complemento para establecer relaciones con algunas entidades del basamento del extremo norte de las Sierras Pampeanas y del extremo sur de la Cordillera Oriental (Los Altos de la Totorá, sierra de San Javier y sierras del noreste de Tucumán) o con los esquistos bandeados del basamento de otras sierras pampeanas, Cumbres de los Llanos (sur de la provincia de Tucumán) y sierra de Ancasti (provincia de Catamarca).

### Obtención de las muestras, selección y preparación

En los afloramientos se describieron y midieron las estructuras y en los más representativos se orientaron muestras en el terreno para la elaboración de preparados con orientación conocida.

De todos los ejemplares se obtuvieron cortes delgados y en los de estructura más compleja, dos o tres cortes perpendiculares entre sí (Fig. 2) para determinar con mayor precisión la disposición en el espacio de los elementos constituyentes de la estructura interna.

Todos los preparados de rocas, fueron orientados para analizar el bandeo ( $S_1$ ) motivo por el cual las estructuras que se describen están referidas a  $S_1$ .

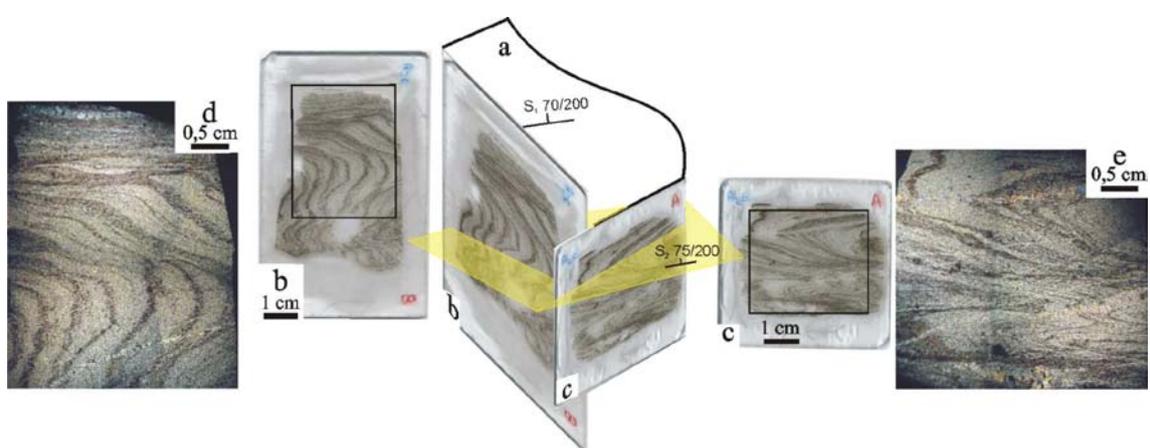


Figura 2. Esquema con la ubicación de dos cortes delgados perpendiculares a la foliación  $S_1$ . a. muestra orientada de la localidad La Angostura, Tafi del Valle. b y c. cortes delgados. d y e. Fotomicrografías del área comprendida en los recuadros de los cortes delgados b y c, respectivamente.

Las observaciones se realizaron a distintas escalas. Sobre cortes pulidos para analizar las estructuras de muestras de mano y facilitar su reconstrucción en tres dimensiones. Se prepararon cortes delgados de dimensiones convencionales (1,5 x 4 cm) para identificar los minerales constituyentes de la fábrica y otros de dimensiones mayores (5 x 8 cm ó 10 x 15 cm) para observar conjuntos de microestructuras.

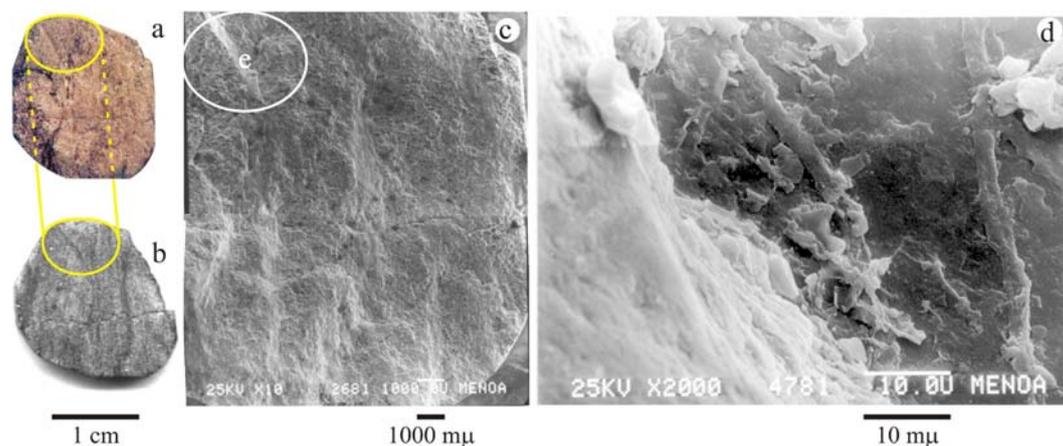
Se prepararon cortes delgados especiales para análisis con microsonda electrónica y muestras para analizar las estructuras con microscopio de barrido electrónico.

Se tomaron fotografías de las mesoestructuras más destacadas en los afloramientos más conspicuos y de los cortes pulidos de las muestras.

Las estructuras de dimensiones menores fueron analizadas en lupa binocular con luz polarizada para obtener información de conjunto. Para mayores detalles se empleó

microscopio petrográfico y de barrido electrónico. En todos los casos se tomaron fotografías sobre las cuales se destacaron con esquemas los rasgos más significativos.

Sobre las fotomicrografías se hicieron mapas esquemáticos de los cortes delgados, cortes pulidos y preparados para el microscopio de barrido electrónico. Especialmente en microscopía electrónica es necesaria una orientación de referencia identificada a distintas escalas (Fig. 3) para lograr resultados precisos.



**Figura 3. Preparado de un micropliegue para microscopía electrónica. a. pastilla con baño de oro para observar con el microscopio de barrido electrónico. b. contraparte de a para identificar con la lupa las mismas estructuras de a en b. c. mosaico de imágenes tomadas en el microscopio de barrido electrónico para ubicar los detalles. D. detalle del punto e, señalado en c.**

### Métodos de análisis de la deformación interna

La deformación interna en las bandas de cuarzo, fue investigada con el método de FRY (1979) y el análisis de la fábrica del cuarzo con platina universal de cuatro ejes. Con el empleo del software libre GeoFryPlots 3.0 (HOLCOMBE 1999), se aplicó el método de Fry en zonas aproximadamente iguales dentro de cada banda para determinar la partición de la deformación interna (RAMSAY y HUBER 1983). Para los diagramas de frecuencia se empleó el software libre Stereonet versión 2.46. Ambos estudios se hicieron sobre las mismas bandas de cortes delgados orientados (Fig. 4 a) para confrontar los resultados. Los blastos fueron numerados para su identificación dentro de cada área.

Con los resultados de estos dos métodos (Tablas del apartado con la clasificación) se diseñó una clasificación de blastos de cuarzo para detectar e interpretar la configuración interna de las bandas. La clasificación y sus fundamentos se describen aparte.

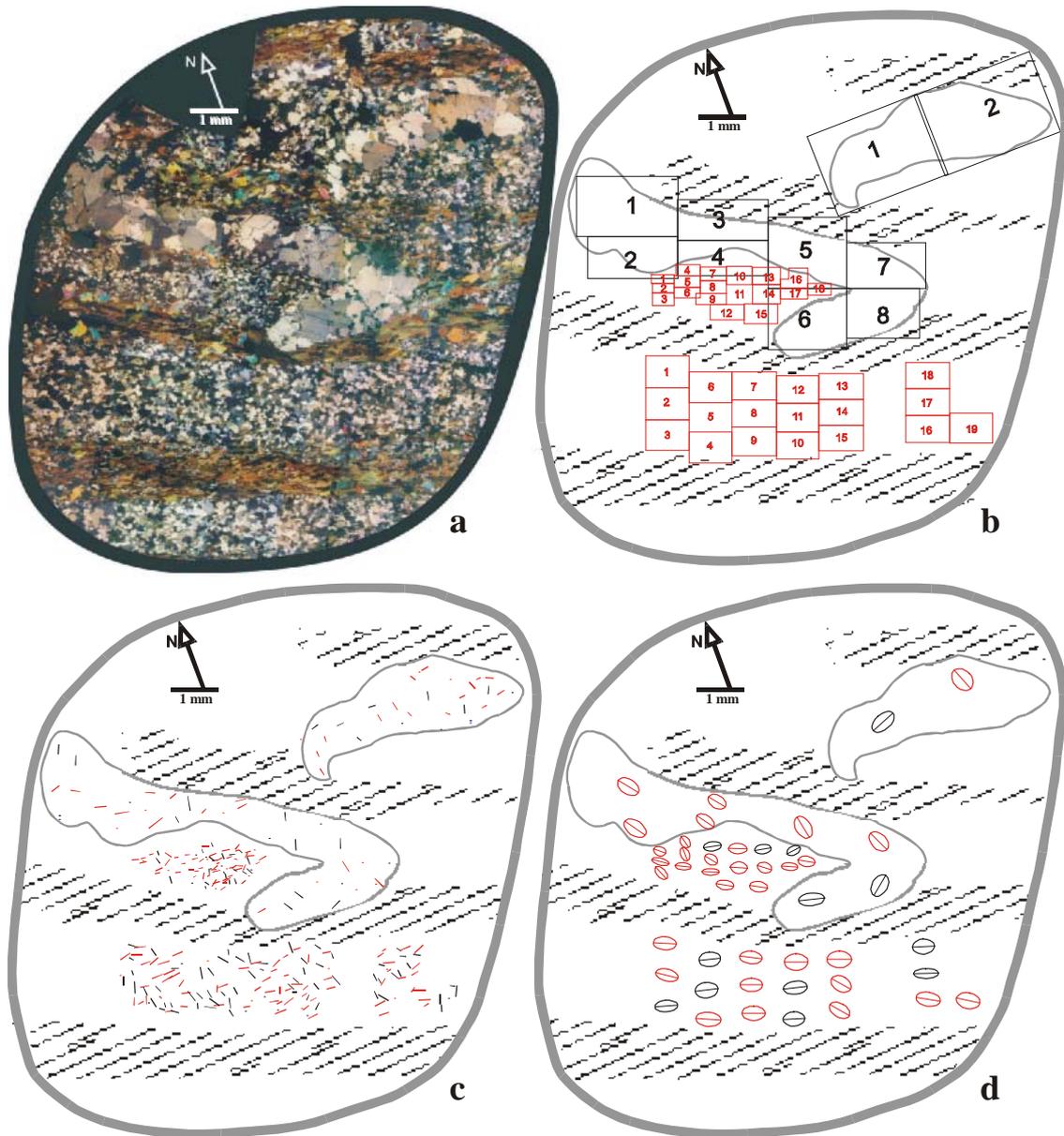


Figura 4. Modo de aplicación del método de FRY (1979) y mediciones con la platina universal. a. Mosaico realizado con fotomicrografías de un corte delgado. b. Esquema del corte delgado de a con las áreas seleccionadas para aplicar los dos métodos. Los rectángulos rojos limitan áreas con cuarzo de grano fino dentro de las bandas y los negros, áreas con blastos de tamaño mayor. c. Ejes [c] de cuarzo medidos en cada área representada en b. d. Elipses de deformación determinadas con el método de FRY (1979) utilizando los centros de los blastos del agregado de cada área. El corte delgado es perpendicular a la foliación y paralelo a la lineación de una muestra orientada de esquisto bandeado del río Los Sosa.

### Análisis complementarios

Se seleccionaron muestras de los afloramientos investigados para analizar variaciones en el contenido de elementos mayoritarios y trazas de estos esquistos.

Se efectuó un análisis con microsonda electrónica, para detectar variaciones en la composición química de la muscovita en diferentes puntos de muestreo y relacionarlas con la generación del bandeo. Se empleó este método sobre muestras orientadas, porque además del análisis puntual, es sensible a variaciones de composición en una dirección, perfiles lineales, dentro de las distintas fases presentes en una muestra o a través de una misma fase. Los cortes delgados preparados, fueron enviados para su estudio, con Microsonda JEOL JXA 8600M, a la Universidad de Concepción, Chile.

Para determinar con precisión los minerales que participan en las estructuras de las bandas de muestras de esquistos en las que por su carácter friable no se pudo obtener cortes delgados, fue necesario un análisis con rayos Roentgen. Se irradió la muestra con una lámpara con anticátodo de cobalto entre  $3^\circ$  y  $130^\circ$   $2\theta$ . Se aplicó el método del polvo, controlado con software en un equipo Philips, PW 3710 mpd. El estudio fue realizado en el Instituto de Estratigrafía y Geología Sedimentaria Global-Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo-Universidad Nacional de Tucumán.

#### BIBLIOGRAFÍA

Bachman, G. y Grauert, B. 1987a. *Daticiones del metamorfismo basado en el análisis isotópico Rb/Sr en perfiles de pequeña sección en metasedimentos polimetamórficos en el Noroeste Argentino*. Décimo Congreso Geológico Argentino, 3: 17-20. Tucumán.

Bachman, G. y Grauert, B. 1987b. *Análisis isotópico Rb/Sr y edad del granate almandino en los gneises bandeados polimetamórficos de la Sierra de Ancasti y Tafí del Valle (Sierras Pampeanas, NW Argentino)*. Décimo Congreso Geológico Argentino, 3: 21-24. Tucumán.

Bonarelli, B. y Pastore, F. 1918. *Bosquejo Geológico de la provincia de Tucumán*. Primera Reunión Nacional de la Sociedad Argentina de Ciencias Naturales.

Bossi, G. E. 1969. Geología y Estratigrafía del Sector sur del Valle del Choromoro. *Acta Geológica Lilloana*, 10(2): 17-64. Tucumán.

Brackebusch, L. 1891. *Mapa Geológico del interior de la República Argentina*. Actas de la Academia Nacional de Córdoba.

Caminos, R. 1979. *Sierras Pampeanas Noroccidentales*. II Simposio Geológico de la República Argentina, Academia Nacional de Ciencias de Córdoba, 6:225-291.

Campos, F. R. 1994. *Estudio en detalle de las mesoestructuras del basamento de las sierras de San Javier-Departamento Tafí Viejo-Provincia de Tucumán-República*

Argentina. Seminario. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Tucumán. 40 p. (inédito)

- Carreras, J. 1975a. Las deformaciones tardi-hercínicas en el litoral septentrional de la península del cabo de Creus (pro. de Gerona, España): la génesis de las bandas miloníticas. *Acta Geológica Hispánica*, 3: 109-115.
- Carreras, J. 1975b. Determinación de las relaciones angulares y de la deformación por cizalla, para cizallamientos en materiales con una heterogeneidad planar. *Acta Geológica Hispánica*, 4: 141-145.
- Carreras, J. y Casas, J. M. 1987. On folding and shear zone-development: a mesoscale structural study on transition between two different tectonic styles. *Tectonophysics*, 135: 87-98.
- Carreras, J. y Druguet, E. 1994. Structural zonation as a result of inhomogeneous non-coaxial deformation and its control on syntectonic intrusions: an example from the Cap de Creus area, eastern Pyrenees. *Journal of Structural Geology*, 16: 1525-1534.
- Carreras, J. 1997. Shear zones in foliated rocks: geometry and kinematics. In Sengupta S. (Ed.). *Evolution of Geological Structures in Micro to Macro-scales*, p. 185-201. Chapman y Hall, London.
- Carreras, J., Estrada, A. and White S. 1977. The effects of folding on the C-Axis fabrics of a quartz milonite. *Tectonophysics*, 39: 3-24.
- Cesare, B. 1999. Multi-stage pseudomorphic replacement of garnet during polymetamorphism: 1. Microstructures and their interpretation. *Journal of metamorphic Geology*, 17: 723-734.
- de Wit, M. J., Bowring, S. A. Ashwal, L. D., Randrianasolo, L. G., Morel, V. P. I. and Rabeloson, R. A. 2001. Age and tectonic evolution of Neoproterozoic ductile shear zones in southwestern Madagascar, with implications for Gondwana studies. *Tectonics*, 20: 1-45.
- Druguet, E. y Hutton, D. H. W. 1998. Syntectonic anatexis and magmatism in a mid-crustal transpressional shear zone: an example from the Hercynian rocks of the eastern Pyrenees. *Journal of Structural Geology*, 20: 905-916.
- Fry, N. 1979. Random Point Distributions and Strain Measurement in Rocks. *Tectonophysics*, 60: 89-105.
- García, J. 1988. Estudio Estructural y Geológico de la faja Tafí del Valle-Anfama-El Siambón. Provincia de Tucumán. Seminario, Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Tucumán, 61 p. (inédito).

- González, R., Kawashita, K. y Cabrera, M. 1971. Edades radimétricas de algunas rocas del basamento de las Sierras Pampeanas. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 26:527-528.
- González Bonorino, F. 1950a. Algunos problemas geológicos de las Sierras Pampeanas. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 5: 81-110.
- González Bonorino, F. 1950b. *Descripción geológica de la Hoja 13e, Villa Alberdi provincia de Tucumán*. Dirección Nacional de Minería, Boletín 74. Buenos Aires.
- González Bonorino, F. 1951a. Granitos y migmatitas de la falda occidental de la sierra de Aconquija. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 6: 137-186.
- González Bonorino, F. 1951b. *Descripción geológica de la Hoja 12e, Aconquija Catamarca-Tucumán*. Dirección Nacional de Minería, Boletín 75. Buenos Aires.
- González Bonorino, F. 1970. Migmatitas: Bases para una nomenclatura. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 25: 262-273.
- Hobbs, B. E., Means, W. D. and Williams, P.F. 1981. *Geología Estructural*. Ediciones Omega, 518 p. Barcelona.
- Krioka, M. E. 1988. *Las Estructuras del Macizo Los Altos de La Totorá y zonas aledañas. Departamento Trancas. Tucumán*. Seminario. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Tucumán. p. 53 (inédito).
- Linares E. y González R. R. 1990. *Catálogo de edades radimétricas de la República Argentina 1957-1987*. Publicaciones especiales de la Asociación Geológica Argentina. Serie B, Didáctica y complementaria, 19: 1-627. Buenos Aires.
- Lister, G. S. y Snoke, A. W. 1984. S-C Mylonites. *Journal of Structural Geology*, 6: 617-638.
- Lloyd, G. E. y Freeman, B. 1994. Dynamic recrystallization of quartz under greenschist conditions. *Journal of Structural Geology*, 16:867-881.
- Lucas, S. B. y St-Onge, M. R. 1995. Syn-tectonic magmatism and the development of compositional layering, Ungava Orogen (northern Quebec, Canada). *Journal of Structural Geology*, 17:475-491.
- Mamtani, M. A., Karanth, R. V. y Greiling, R. O. 1999. Are crenulation cleavage zones mylonites on the microscale?. *Journal of Structural Geology*, 21: 711-718.
- Mandal, N., Samanta, S. K. y Chakraborty, C. 2004. Problem of folding in ductile shear zones: a theoretical and experimental investigation. *Journal of Structural Geology*, 26: 475-489.

- Mansilla, N. Y. 1990. *Estudio Estructural del Basamento Metamórfico del Río Los Sosa, entre los km 35 y 40 de la Ruta Provincial 307. Provincia de Tucumán*. Seminario. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Tucumán. 40 p. (inédito).
- Mansilla, N. Y. 1992. *Microestructura de los Esquistos Bandeados de Cumbres Calchaquíes. Departamento Monteros. Provincia de Tucumán. República Argentina*. Octava Reunión de Microtectónica, 43-46. Bariloche.
- Mansilla, N. Y. 1999. *Microestructuras de los esquistos bandeados*. XIV Congreso Geológico Argentino. Relatorio, 1: 89-90. Salta.
- Mansilla, N. Y. y Campos, F. R. 1998. *Microestructuras comparadas de los cinturones Lules-Puncoviscana y Esquistos Bandeados. Tucumán, República Argentina*. XIII Congreso Geológico de Bolivia. Potosí.
- Mansilla, N. Y. y Campos, F. R. 1999. *Cizalla dúctil en los esquistos de Cumbres Calchaquíes, río Grande. Tucumán*. XIV Congreso Geológico Argentino. Actas, 1:126-128. Salta.
- Marini, O. R. 1988. *Estudio Estructural a lo largo del Río Los Sosa, entre los km 23 y 28 de la Ruta 307. Provincia de Tucumán*. Seminario. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Tucumán. 75 p. (inédito).
- Mon, R. 1976. La tectónica del borde oriental de los Andes en las provincias de Salta, Tucumán y Catamarca, República Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 31(2): 65-72
- Mon, R. y Hongn, F. 1987. *Nuevos aportes a la Geología del Basamento del Norte Argentino basados en la microtectónica*. Cuarta Reunión de Microtectónica, 55-61. San Juan.
- 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*, 80-3: 745-758.
- Mon, R. y Hongn, F. 1996. Estructura del basamento proterozoico y paleozoico inferior del norte argentino. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 51: 3-14.
- Mon, R. y Mansilla, N. Y. 1998. *Estructura geológica del territorio de la provincia de Tucumán*. En Gianfrancisco, M., Puchulu, M., Durango de Cabrera, J. y Aceñolaza, G., 147-156 Colegio de Graduados en Ciencias Geológicas de Tucumán. Tucumán.
- Mon, R., Hongn, F. y Omarini, R. 1988. Estructura del Basamento Andino entre los paralelos 24° y 28° latitud sur. *Quinto Congreso Geológico Chileno*, 1:19-36.

- Mon, R., Hongn, F. y Sosa Gómez, J. 1986. *Aportes de la microtectónica al conocimiento de la Geología del Basamento metamórfico de la Provincia de Tucumán*. Tercera Reunión de Microtectónica, 73-79. La Plata.
- Montes, S. M. 1987. *Estudio geológico estructural de la quebrada del río Lules, Tucumán*. Seminario. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Tucumán. 52 p. (inédito).
- Passchier, C. W. y Trouw, R. A. J. 1996. *Microtectonics*. Springer-Verlag. 289 p.
- Peirano, P. 1956. Estratigrafía y tectónica en la parte meridional del Valle del alto Río Salí o Valle de Choromoro (Departamentos La Capital y Trancas, Provincia de Tucumán). *Acta Geológica Lilloana*, 1: 5-6. Tucumán.
- Porto, J. C. y Danielli, C. 1974. Geología del Sector NO de Trancas (Provincia de Tucumán). *Acta Geológica Lilloana*, 12:189-230. Tucumán.
- Porto, J. C. y Danielli, C. 1980. *Descripción de la hoja 10 f, Trancas, Provincias de Tucumán y Salta*. Servicio Geológico Minero Nacional (inédito).
- Ramsay, J. G. y Huber, M. I. 1983: *The Techniques of Modern Structural Geology, Volume 1: Strain Analysis*. Academic Press, 307 p., London.
- Ramsay, J. G. y Huber, M. I. 1987: *The Techniques of Modern Structural Geology, Volume 2: Folds and fractures*. Academic Press, 309-700, London.
- Rassmuss, J. 1916. *Rasgos geológicos generales de las Sierras Pampeanas*. Dirección General de Minería Geología e Hidrología, Boletín Nº13, serie B, Buenos Aires.
- Rassmuss, J. 1919. *La Sierra del Aconquija*. Primera Reunión Nacional de la Sociedad Argentina de Ciencias Naturales, Tucumán, 1916, 47-69. Buenos Aires.
- Rossi de Toselli, J. N., Saavedra Alonso, J. y Toselli, A. J. 1982. Sobre el origen de los niveles calcosilicáticos en el basamento pre-ordovícico metamorizado del Cratógeno Central Pampeano, Argentina. *Quinto Congreso Latinoamericano de Geología, Argentina*. 4: 285-296.
- Ruíz Huidobro, O. J. 1972. *Descripción de la hoja geológica 11e, Santa María*. Dirección Nacional de Minería, Boletín 134. Buenos Aires.
- Sales, A. M., Petronilho, L. A. y Kawashita, K. 1998. Datación de la edad geocronológica de rocas graníticas mediante el uso de un spike combinado Rubidio/Estroncio. *Información Tecnológica*, 9: 379-386.
- Shelley, D. 1994. Spider texture and amphibole preferred orientations. *Journal of Structural Geology*, 16: 709-717.

- Shelley, D. 1995. Asymmetric shape preferred orientations as shear-sense indicators. *Journal of Structural Geology*, 17:509-517.
- Simpson, C. y Schmid, S. M. 1983. An evaluation of criteria to deduce the sense of movement in sheared rocks. *G. S. A. Bulletin*, 94: 1281-1288.
- Stelzner, A. 1923. Beitrage zur Geologie and Paleontologie der Argentinischen Republick. Geologischer Theil Cassel one Berlin. Versión castellana: Contribución a la Geología de la República Argentina. *Actas de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba*, T VIII 1923.
- Toselli, A. J. 1992. El magmatismo del noroeste argentino. *Serie Correlación Geológica*, 8, 243 p., Tucumán.
- Toselli, A. J. y Rossi de Toselli, J. N. 1973. Metamorfismo de las Cumbres Calchaquíes I-Rasgos de deformación y blastesis en las rocas del faldeo suroccidental entre La Angostura y Tafí del Valle, Tucumán. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 28: 45-55.
- Toselli, A. y Rossi de Toselli, J. 1984. Metamorfismo de las Cumbres Calchaquíes II. Petrología del Basamento esquistoso entre La Angostura y Tafí del Valle, Tucumán. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 39: 262-275.
- Turner, J.C. y Mon, R. 1979. *Cordillera Oriental*. Segundo Simposio de Geología Regional Argentina.
- Williams, P. F. 1985. Multiply deformed terrains-problems of correlation. *Journal of Structural Geology*, 7: 3-4: 269-280.
- Willner, A. 1983. Evolución tectónica. En: Aceñolaza, F., Miller, H. y Toselli, A. J. (Eds.). *La geología de la Sierra de Ancasti*, pp. 157-187. Münster.
- Willner, A. 1990. División tectonometamórfica del basamento del Noroeste Argentino. En: Aceñolaza, F., Miller, H. y Toselli, A. J. (Eds.). *El Ciclo Pampeano en el Noroeste Argentino. Serie Correlación Geológica*, 4: 113-159. Tucumán.
- Willner, A. y Miller, H. 1986. Structural division and evolution of the Lower Paleozoic basement in the NW Argentine Andes. *Zbl. Geol. Paläont.* Teil I, 1985 H. 9/10: 1245-1255. Stuttgart.
- Worley, B.; Powell, R. y Wilson, C. J. L. 1997. Crenulation cleavage formation: evolving diffusion, deformation and equilibration mechanisms with increasing metamorphic grade. *Journal of Structural Geology*, 19: 1121-1135.

## RECURSOS ELECTRÓNICOS

Holcombe, R. J. 1999. GeoFryPlots 3.0. Strain measurement using the Fry point to point method. Department of Earth Sciences, University of Queensland. Australia  
<http://www.earthsciences.uq.edu.au/~rodh/software/>.

Recibido: 10 febrero 2011.

Aceptado: 23 noviembre 2012.