

## **MIGMATITAS DE LA MAJADA, SIERRA DE ANCASTI: ESTRUCTURA INTERNA DEL NÚCLEO CRISTALINO DE LAS SIERRAS PAMPEANAS SEPTENTRIONALES, NOROESTE ARGENTINO**

Ricardo Mon<sup>1</sup> y Clara Eugenia Cisterna<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, UNT – CONICET, Miguel Lillo 205, Tucumán, 4000, Argentina

### **INTRODUCCIÓN**

El análisis de las meso y microestructuras de las rocas que integran el núcleo cristalino en distintas regiones ha permitido realizar interpretaciones acerca de las condiciones geodinámicas de su evolución y definir los episodios tectónicos impresos en ellas. Este es el caso del basamento ígneo – metamórfico que conforma extensas regiones en el noroeste de Argentina y que ha sido comparado con zonas de arcos magmáticos con intensas anomalías térmicas corticales y episodios de alto metamorfismo durante etapas de engrosamiento cortical (Mon y Hongn, 1996; Cisterna et al., 2010), en base al estudio de las relaciones estructurales entre los miembros magmáticos foliados, rocas de mediano y alto metamorfismo y migmatitas. En el marco geológico de las Sierras Pampeanas Septentrionales, los bloques de basamento cristalino que afloran en el antepaís andino entre 26° y 32° de latitud S son evidencias aisladas de las estructuras más antiguas de esta parte del continente. Su composición litológica es altamente variada, participando de ella metamorfitas de distinto grado, una gran variedad de cuerpos graníticos y extensos cinturones de migmatitas. En este trabajo se analizan las migmatitas que integran el basamento ígneo – metamórfico en el área de La Majada, en la sierra de Ancasti (Catamarca, noroeste de Argentina) cuya complejidad estructural es una síntesis de su historia deformacional. Estas rocas presentan características petrográficas y estructurales representativas del entorno regional y comparables con otras áreas de las Sierras Pampeanas (sur de la sierra de Aconquija, sierra de Ambato), integrando una franja migmatítica que se extiende extensamente a lo largo de centenares de kilómetros en el noroeste de Argentina (Larovere et al., 2009; Cisterna et al., 2010,).

### **GEOLOGÍA**

Como consecuencia del levantamiento cenozoico de las Sierras Pampeanas en el noroeste de Argentina (26° - 33° S), se encuentra ampliamente expuesto el basamento metamórfico - ígneo que preservó la historia geológica neoproterozoica a paleozoica inferior de dos cinturones orogénicos parcialmente sobreimpuestos y que permiten definir el Ciclo Pampeano (500-550 Ma) y el Ciclo Famatiniano (500-450 Ma) ((Pankhurst y Rapela, 1998; Lucassen et al., 2000) en el margen suroccidental de Gondwana. La sierra de Ancasti integra las Sierras Pampeanas Septentrionales (Caminos, 1979) y se ubica con rumbo submeridional entre 28°00' y 29°45' S y 65°10' y 65°50' W (Fig. 1). Está compuesta por metamorfitas de bajo, mediano y alto metamorfismo, vinculadas con granitos, granodioritas y tonalitas pre, sin y post cinemáticos (Toselli et al., 1983). Las metamorfitas son comparables con las que se presentan en la sierra de Aconquija (Cisterna et al., 2010) y en la sierra de Ambato (Córdoba, 1994). En relación al metamorfismo regional vinculado al desarrollo de metamorfitas de bajo, mediano y alto grado en las Sierras Pampeanas es el resultado de un evento tectono-térmico de edad cámbrica inferior y corresponde a la Orogenia Pampeana (Rapela et al., 1998; Sims et al., 1998). Las rocas asignables al Ordovícico - Devónico (~ 500 - 390 Ma) se habrían originado durante la Orogenia Famatiniana y son coincidentes con los picos de metamorfismo en diferentes áreas de las Sierras Pampeanas, como en la sierra de Ancasti (Willner, 1983). En relación a los episodios deformacionales impresos en las rocas del basamento, Cisterna (2003) define un clivaje (S<sub>1</sub>) que oblitera las estructuras originales en esquistos y gneises, mientras que una segunda deformación (D<sub>2</sub>) imprime en la zona estructuras de transposición y plegamientos y paragénesis minerales típicas de grado medio y alto de metamorfismo, incluyendo anatexis parcial.

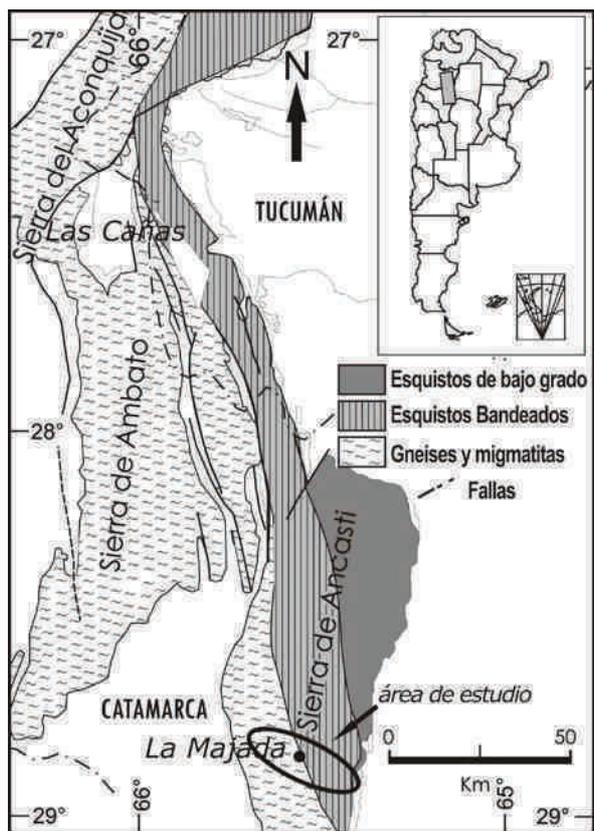


Figura 1: Mapa geológico regional (modificado de Mansilla et al., 2007).

## LA MAJADA

En el tramo medio de la sierra de Ancasti se ubica la zona de La Majada (29° S y 65°20' - 65° 40'), donde aflora basamento ígneo - metamórfico constituido por pequeños stocks de granitoides (de escasos metros hasta 5 km) con marcada foliación en los bordes, emplazados en esquistos, gneises y migmatitas (Cisterna, 2003). Los granitoides presentan contactos interdigitados y plegados con los esquistos, gneises y migmatitas encajantes. También existen cuerpos leucocráticos con formas lenticulares o como venas (de centímetros hasta 6 m), asociados con las migmatitas. Las venas y diques pegmatíticos son abundantes en la zona.

## PETROGRAFÍA

Esquistos y gneises. Constituyen extensos afloramientos y también se hallan como cuerpos de *resisters* de hasta un metro cúbico en las migmatitas. Los *resisters* están en contacto neto con el hospedante y pueden acompañar la foliación migmatítica, incluso plegados. Los esquistos y gneises son grises a verdosos, bandedados, de grano fino a medio. Una primera foliación se caracteriza por la alternancia de folias con espesores de pocos milímetros a 1,5 cm y compuestas por biotita y microlitones

leucocráticos. La fábrica está definida por la alternancia de folias leucocráticas (0.5 y 2.0 cm de espesor) y de bandas grises verdosas a negruzcas, con biotita. La asociación mineral común en los esquistos es  $Qtz + Pl + Bt \pm Sil + Ap + Zrn \pm Ilm$  y  $Qtz + Pl + Grt + Ms + Ap + Zrn \pm Ilm$  (símbolos de Kretz, 1983) y en los gneises  $Qtz + Pl + Bt \pm Sil \pm Kfs + Ap + Zrn \pm Ilm$ . También se reconoce una segunda deformación definida por un clivaje de crenulación que coincide con las superficies axiales del plegamiento asociado. En los *resisters* son frecuentes las venas blanquecinas, de grano grueso, cuarzo-feldespáticas (10-20 cm de espesor), concordantes con la foliación principal y comúnmente se presentan plegadas y boudinadas.

**Migmatitas.** Varían de metatexitas a diatexitas, aunque el litotipo dominante son las metatexitas. Las metatexitas están integradas por bandas micáceas de paleosoma, de grano fino (0,2 a 1,2 mm), grises verdosos, de cm a dm de espesor y concordantes con el bandedado que se extiende regionalmente en el área (Fig. 2). También integran las metatexitas, venas y cuerpos subredondeados blanquecinos (cuarzo-feldespáticos) de leucosoma, de unos pocos milímetros de espesor hasta 30 cm, y porciones verde negruzcas, de grano fino, ricas en biotita, con buen desarrollo de una foliación gnéisica. Son frecuentes las metatexitas estromatíticas, caracterizadas por un bandedado donde alternan venas de leucosoma blanco a rosado con espesores de escasos milímetros y hasta 25 cm intercalados con *resisters* esquistosos y melanosoma biotítico. La composición del leucosoma es  $Qtz + Pl + Kfs \pm Bt \pm Sil \pm Grt$ ; mientras que el melanosoma con espesores que varían desde unos pocos milímetros hasta unos 10 cm, desarrolla *schlierens* compuestos por  $Bt + Qtz \pm Pl \pm Sil \pm Grt$ . Las diatexitas muestran contactos con las metatexitas que varían de netos a gradacionales. Se caracterizan por su textura más homogénea respecto a las metatexitas y presentan *schlierens* biotíticos generalmente de unos pocos centímetros. También contienen *resisters* esquistosos. Las diatexitas más comunes son grises, de grano grueso a medio, en muchos casos de textura uniforme, están compuestas por  $Qtz + Pl + Kfs + Bt \pm Grt$ . Los *schlierens* de biotita son abundantes, definen la foliación en estas rocas y el granate forma porfiroblastos de hasta 3 cm. también se presentan diatexitas leucocráticas son blanquecinas, en ellas la biotita está distribuida de modo uniforme y no presentan *schlierens*. La textura de estas diatexitas es gruesa y su composición es  $Qtz + Kfs + Pl + Bt \pm Grt$ . Las migmatitas también incluyen venas pegmatoides blanquecinas a rosadas, concordantes y discordantes respecto al bandedado de las migmatitas. Sus espesores varían de 1 o 2 cm hasta 30 cm y el contacto con el hospedante es neto a difuso. La composición de los pegmatoides concordantes con las

migmatitas hospedantes es generalmente  $Qtz + Pl + Kfs \pm Bi \pm Grt \pm Ms$ . También se presentan pegmatoides constituidos por cuarzo, turmalina y muscovita, o como concentraciones subredondeadas de igual composición. El contacto con las migmatitas es neto y son discordantes.



#### ESTRUCTURA

*Estructuras premigmatíticas.* La geología de los esquistos y gneises es diferente de la reconocida en las migmatitas. Estas estructuras se observan en los afloramientos y en los *resisters* de las migmatitas (Fig. 3), cuya estructura interna es comparable con la de los esquistos bandeados que forman el protolito. Las metamorfitas muestran: - un primer bandeo tectónico; - plegamiento del primer bandeo al que se asocia un segundo clivaje que habitualmente se transforma en un bandeo; y - venas de cuarzo concordantes con esta estructura.

*Estructuras sinmigmatíticas.* Se han definido principalmente en las metatexitas. Se destaca una foliación migmatítica que está caracterizada por la continuidad de las bandas de melanosoma y leucosoma y la disposición concordante de los *resisters* de esquistos. Esta foliación se halla plegada por un episodio posterior (Fig. 2) y este plegamiento da lugar al desarrollo de una nueva foliación a la que generalmente se asocia la migración de fundido. Esta deformación, bajo condiciones de alta ductilidad, genera pliegues apretados de longitudes de onda y amplitudes que varían desde 3 o 4 cm. y cuyos planos axiales son paralelos al segundo

bandeo de las migmatitas. Los pliegues de este episodio están retomados por un plegamiento posterior correspondiente a una nueva fase deformacional y que genera en general pliegues abiertos, frecuentemente simétricos. Esta fase produce ondulaciones y pliegues en las estructuras previas. En el caso de las metatexitas estromatíticas, la fase de plegamiento más reciente genera boudíns desmembrados y estructuras de *pinch and swells*. También se desarrollan venas de leucosoma plegadas y desmembradas.

*Estructuras posmigmatíticas.* Se trata de una deformación dúctil-frágil que genera superficies de cizalla. Es común el desarrollo sigmoides de cuarzo y de feldespatos.

#### CONCLUSIONES PRELIMINARES

Las relaciones de temporalidad que se desprenden del análisis de las estructuras impresas en las migmatitas de La Majada y los esquistos y gneises que afloran en el área, en especial de los esquistos que constituyen *resisters* en ellas, son coherentes con lo indicado por Lucassen et al. (2000) entre otros autores, quienes consideran que las migmatitas fueron generadas durante un evento posterior a la consolidación y deformación del núcleo cristalino, asociado probablemente al Ciclo Famatiniano. En las Sierras Pampeanas Septentrionales la estructura interna de los componentes del cinturón migmatítico fue producida al menos por tres episodios de deformación compresiva superpuestos. Gran parte de las deformaciones ocurrieron bajo condiciones sub-sólidas y de fusión parcial de las rocas (Mon y Hongn, 1996). De acuerdo a los resultados de Larrovere et al. (2009) estas migmatitas evolucionaron en la facies de anfibolita a granulita con presiones medias a altas (4 a 9 kbar) y temperaturas entre 630° a 760°C. En la zona de La Majada, Cisterna et al. (2005) indican temperaturas en el orden de 605° - 660°C y presiones relativamente bajas para el episodio de deformación dúctil impreso en las anfibolitas. Los esquistos bandeados que integran el protolito encierran una historia de deformación polifásica y la estructura de los *resisters*, nítidamente discordante con respecto a las migmatitas, resulta de episodios previos (Ciclo Pampeano) a la migmatización y deformación de estas rocas. Las migmatitas de La Majada están representadas por metatexitas y diatexitas que revelan deformación múltiple. En las metatexitas se reconoce un primer bandeo acompañado de un plegamiento intrafolial paralelo a él, que genera una foliación paralela a los planos axiales de los pliegues intrafoliales que

la acompañan. Un episodio de deformación posterior genera pliegues que también afectan a los resisters. Se sobrepone un plegamiento posterior que genera figuras de interferencia y está acompañado por un clivaje de plano-axial que se manifiesta aisladamente. Las estructuras más recientes, formadas después de la migmatización, son el resultado de una deformación por cizallamiento dúctil. En la sierra de Ancasti, al igual que en la sierra de Aconquija, el cinturón migmatítico está implantado en un protolito de metamorfitas esquistosas. Dentro de este mismo cinturón se encuentran restos no digeridos de esquistos que aparecen como *resisters* conservando gran parte de su estructura original. La deformación de los esquistos es atribuible al Ciclo Pampeano (Pankhurst y Rapela, 1998) y la deformación múltiple posterior ocurrida bajo condiciones de gran ductilidad que se manifiesta en las migmatitas, se puede adjudicar al ciclo Famatiniano. De acuerdo a estas observaciones los cinturones Pampeano y Famatiniano tienen un contacto irregular y difuso dado por el alcance irregular de la invasión migmatítica. Estos cinturones orogénicos forman parte del borde móvil del Gondwana postulado por Lucassen et al. (2000).

## AGRADECIMIENTOS

Proyectos financiados por CONICET (PIP N° 5112) y CIUNT (26/G217 y 26/G332), a la Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, de la Universidad Nacional de Tucumán.

## REFERENCIAS

- Caminos, R., 1979. Sierras Pampeanas Noroccidentales -Salta, Tucumán, Catamarca, La Rioja y San Juan. En A. Leanza (Ed.): II Simposio Geología Regional Argentina. Acad. Nac. de Cs. de Córdoba, 1: 225 -291. Córdoba.
- Cisterna, C. E., 2003. Faja Intrusiva La Majada, sierra de Ancasti, Catamarca. Caracterización petrológica - estructural. Revista de la Asociación Geológica Argentina, (1): 20-30.
- Cisterna, C. E., Córdoba, G., Medina, M. E., Fernández-Turiel, J. L. y Gimeno, D., 2005. Syntectonic magmatism in a mid-crustal shear zone: an example from La Majada Complex (Sierras Pampeanas, Argentina). 12° International Symposium of Gondwana, Resúmenes:105. Mendoza.
- Cisterna, C., Mon, R. y Mena, R., 2010. Estructura interna de la franja migmatítica del núcleo cristalino de las Sierras Pampeanas Septentrionales del noroeste argentino. Revista Asociación Geológica Argentina, 66(1): 6-79.
- Córdoba, G. 1994. Contribución al conocimiento petrológico del Basamento plutónico -metamórfico del cerro de Los Ángeles, sierra de Ambato - Provincia de Catamarca -Argentina. Tesis Doctoral Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Catamarca, 205 p. (Inédito).
- Kretz, R., 1983. Symbols for rock-forming minerals. American Mineralogist, 68:277-279.
- Larovere, M., Toselli, A., Rossi, J., de los Hoyos, C., Basei, M. y Belmar, M., 2009. Age and P-T metamorphic conditions of the migmatitic basement of the Northwestern Sierras Pampeanas, Argentina. 21° Lateinamerica Kolloquium, Actas: 155-157.
- Lucassen, F., Becchio, R., Wielke, H.G., Franz, G., Thirwall, Viramonte, J. y Wemmer, K., 2000. Proterozoic-Paleozoic development of the basement of the Central Andes (18°-26°S) – a mobile belt of the South American craton. Journal of South American Earth Sciences, 13, 697-715.
- Mansilla, N., Mon, R. y Cisterna, C. E., 2007. Do the layered schists of Cumbres Calchaquíes (NW Argentina Andes) represent mylonitic zones?. Acta Geológica Lilloana, 20 (1): 93-98.
- Mon, R. y Hongn, F. D., 1996. Estructura del basamento proterozoico y paleozoico inferior del norte argentino. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 51 (1): 3-14.
- Pankhurst, R. y Rapela, C., 1998. The Proto-Andean margin of Gondwana. En: Pankhurst, R. y Rapela, C. (Eds.): The Proto-Andean margin of Gondwana, Geological Society of London, Special Publications, 142: 1-9.
- Rapela, C., Pankhurst, R., Casquet, C., Baldo, E., Saavedra, J., Galindo, C. y Fanning, C., 1998. The Pampean Orogeny of the southern Proto-Andes: cambrian continental collision in the Sierras de Córdoba. En: Pankhurst, R. y Rapela, C. (Eds.): The Proto-Andean Margin of Gondwana, Geological Society, London, Sp.Pbl. 142: 181-217.
- Sims, J. P., Ireland, T. R., Camacho, A., Lyons, P., Pieters, P. E., Skirrow, R. G., Stuart-Smith, P. G. y Miró, R., 1998. U-Pb, Th-U and Ar-Ar geochronology from the southern Sierras Pampeanas, Argentina: implications for the Palaeozoic tectonic evolution of the western Gondwana margin. En: Pankhurst, R. J. y Rapela, C. W. (Eds.): The Proto-Andean Margin of Gondwana, Geological Society, London, Special Publications 142: 259-281.
- Toselli, A., Reissinger, M., Durand, F. y Bazán, C., 1983. Rocas graníticas. En: Aceñolaza, F., Miller, H. y Toselli, A. (eds.) Geología de la Sierra de Ancasti, Münstersche Forschungen zur Geologie und Palaontologie, Hefte, 59: 79-99. Münster.
- Willner, A.P., 1983. Evolución metamórfica. En: Aceñolaza, F., Miller, H. y Toselli, A. (Eds.): Geología de la Sierra de Ancasti, Münstersche Forschungen zur Geologie und Paláontologie, Hefte, 59: 189 - 200. Münster.