

Evidencias de procesos de fraccionamiento y mezcla de magmas en el Complejo Intrusivo Las Angosturas, Sistema de Famatina

Clara E. CISTERNA¹, María E. MEDINA² y José L. FERNÁNDEZ TURIEL²

¹Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Miguel Lillo 205, 4000, Tucumán. E-mail: claracisterna@hotmail.com

²Instituto de Ciencias de la Tierra "Jaume Almera", Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Martí i Franqués s/n, 08028, Barcelona, España. E-mail: jlfernandez@ija.csic.es

RESUMEN. El Complejo Intrusivo Las Angosturas constituye el norte de la sierra de Narváez, en el Sistema de Famatina, noroeste de Argentina. Se trata de granitoides de edad ordovícica inferior cuya composición varía de tonalitas y leucotonalitas a granodioritas y monzogranitos, con biotita y hornblenda. En estas rocas se destaca la abundancia de enclaves de composición granodiorítica a tonalítica y diorítica a basáltica; cuya morfología, dimensiones y relaciones con el encajante es variable e indicativa de procesos de interacción de magmas de composición contrastada. Los datos petrográficos, mineralógicos y químicos permiten indicar como mecanismo más adecuado para la evolución de la serie de granitoides una diferenciación por cristalización fraccionada juntamente con un proceso de mezcla, definido por la interacción de un magma granodiorítico con un fundido básico, de origen profundo. El emplazamiento de los granitoides se produce en un arco magmático activo, conocido como arco famatiniano, al igual que para otras intrusiones de similar posición estratigráfica en el noroeste de Argentina.

Palabras clave: *Granitoides, Ordovícico, Fraccionamiento, Mezcla de Magmas*

ABSTRACT. Evidence for fractionation and mixing processes in Las Angosturas Intrusive Complex, Famatina System, Argentina.. Las Angosturas Intrusive Complex forms the northern segment of the sierra de Narváez, in the Famatina System of north-western Argentina. It consists of Lower Ordovician granitoids whose composition varies from tonalite and leucotonalite to granodiorite and monzogranite, with biotite and hornblende as the main mafic minerals. There remarkable abundance of granodioritic to tonalitic and dioritic to basic enclaves, whose morphology, size and relationships with the are variable is indicative of interactive processes between magmas of differing compositions. Petrographical, mineralogical and chemical studies suggest that the most appropriate mechanism for the evolution of the granitoid series is one of differentiation by crystal fractionation, together with a process of mixing, involving the interaction between a granodioritic magma with a basic melt of deep origin. The emplacement of the granitoids produced an active magmatic arc, generally known as the Famatinian arc, and which has similar characteristics to other intrusive complexes of similar age in north-western Argentina.

Key words: *Granitoids, Ordovician, Fractionation Process, Magma Mixing*

Introducción

En los últimos años, son numerosos los trabajos referidos al emplazamiento de granitoides de edad paleozoica en el noroeste de Argentina, donde se analizan particularmente los procesos vinculados a su génesis en el marco geotectónico de márgenes continentales activos (Pankhurst *et al.* 1998, 2000; Saavedra *et al.* 1998 entre otros). En el Sistema de Famatina el magmatismo eopaleozoico está representado por intrusiones de características calcoalcalinas y generadas por fraccionamiento y mezcla de magmas, entre las que pueden citarse los granitoides de Ñuñorco, Sañogasta, Paganzo y Valle Fértil (Saavedra *et al.* 1998). Pankhurst *et al.* (2000) vinculan estos emplazamientos con los granitos tipo - I correspondientes a un

cinturón magmático famatiniano, gran parte del cual se extiende con dirección sur en la provincia de La Rioja y hacia el norte, en la provincia de Catamarca.

En el norte de la sierra de Narváez, en el marco geológico regional del Sistema de Famatina, aflora un conjunto de granitoides que por sus características petrográficas, químicas y relaciones de campo se pueden definir como Complejo Intrusivo Las Angosturas (Fig. 1). Estudios previos sobre estas magmatitas se refieren al intrusivo principal que constituye el núcleo de la sierra y que fue denominado granodiorita de Las Angosturas por Cisterna (1998). En el presente trabajo se brindan nuevos datos químicos que, junto con las evidencias petrográficas y relaciones de campo, permiten realizar interpretaciones acerca de la génesis del magmatismo famatiniano en este tramo del noroeste de Argentina.

Geología

Las rocas que constituyen el encajante del Complejo Intrusivo Las Angosturas, están representadas por una secuencia volcánica - sedimentaria de edad ordovícica inferior (Cisterna 2001). Los términos sedimentarios son de naturaleza marina, granulometría variable y alto contenido de material volcánico; donde se ha reconocido sobre las rocas pelíticas la acción de un metamorfismo regional de muy bajo grado definido por las paragénesis tremolita - clorita - cuarzo y cuarzo - clorita - muscovita (Cisterna 1994). El contenido fósil de estas sedimentitas es abundante, presentando una rica fauna de braquiópodos entre los que se destacan formas restringidas al Ordovícico temprano tales como *Paralenorthis riojanus*, *Famanorthis turneri*, *Tritoechia* sp. (Benedetto 1994). Las volcanitas constituyen afloramientos de gran extensión y están representadas por facies lávicas y piroclásticas e hidroclastitas cogenéticas (Cisterna 1994). Investigaciones previas indican que el lapso de sedimentación correspondiente a ciertas facies de las sedimentitas citadas, es parcialmente sincrónico con algunos depósitos típicamente volcánicos (Cisterna 2001), lo que permite indicar para las volcanitas una edad ordovícica inferior.

Los granitoides intruyen las secuencias volcánicas - sedimentarias y se relacionan a través de una discordancia erosiva con las capas de sedimentos continentales de edad paleozoica superior; lo que permite restringir su posición en la columna estratigráfica al Eopaleozoico. Asimismo, investigaciones recientes (Rubiolo *et al.* 2002) indican para estos granitoides una edad de 485 ± 7 Ma, según dataciones realizadas por el método U/Pb en circón.

Complejo Intrusivo Las Angosturas

El intrusivo principal, por ser el de mayor extensión areal, constituye un cuerpo discordante cuyo eje mayor se extiende con rumbo submeridional desde Las Angosturas hasta la Vuelta de Las Tolos - Campo de la Ojota y cubre un área aproximada de 160 km² (Fig. 1). Con afloramientos de menor escala, se ubican pequeñas apófisis en el flanco oeste de la sierra y 400 m al suroeste de Las Angosturas, se ubican emplazamientos de granófiros cuya superficie no excede 5 km². La intrusión de los granitoides se produjo en niveles relativamente altos de la corteza, vinculada con fallamientos regionales reactivados durante la orogenia cenozoica (Cisterna 1994). El contacto de los granitoides con las rocas hospedantes es neto, aunque suele presentar diseño irregular.

De acuerdo a las características litológicas dominantes, las magmatitas se agrupan en diferentes unidades, que por sus características petrográficas y afloramientos tipo se denominan: granitoides grises de Punta Grande (GGPG), que incluyen tonalitas, granodioritas y monzogranitos y granitoides rojos de Agua de la Zorra (GRAZ), que incluyen granodioritas y monzogranitos. Por último existe una facies petrográfica representada por los granófiros y pórfidos de Las Angosturas. Las rocas co-

rrespondientes a los granitoides grises conforman tanto los sectores centrales de este tramo de la sierra como pequeñas intrusiones elongadas que como apófisis laterales se ubican en el flanco oeste de la misma entidad (Fig. 1). Los granitoides rojos determinan afloramientos discontinuos desde el tramo de Las Angosturas, por el oeste de la sierra hasta el campo de la Ojota y manifestaciones aisladas en el sector sudoeste de las cumbres (Fig. 1). La relación entre las distintas facies de granitoides varía, presentando contactos desde netos a transicionales y según las relaciones de campo observadas, puede indicarse que los granitoides rojos representan un pulso de magma ligeramente más joven respecto al que dió origen a los grises, a los que intruyen. Respecto a las rocas de la facies de granófiros y pórfidos, se trata de diques y cuerpos lenticulares (100 m de largo y eje menor generalmente de 5 a 10 m) que están emplazados en el resto de los granitoides y *stocks* relativamente pequeños en la zona de Chaschuil; correspondientes a las etapas póstumas del mismo evento magmático. La relación entre estas rocas y el resto de los granitoides es mediante contacto neto con los granitoides grises y de neto a transicional con los rojos.

En referencia a las características petrográficas de estas magmatitas, han sido indicadas previamente por Cisterna (1998) al analizar la granodiorita de Las Angosturas. Por tal motivo a continuación sólo se indican sus rasgos principales y se describen algunas estructuras o texturas generadas por enfriamiento rápido, posiblemente vinculados a procesos de mezcla de magmas.

Granitoides Grises de Punta Grande: están representados por tonalitas y leucotonalitas, granodioritas y monzogranitos (Fig. 4a) y constituyen la facies petrográfica dominante. La textura es seriada a porfirica, de grano medio a grueso. Localmente se hallan tonalitas equigranulares a seriadas y de grano fino. El índice de color varía de 10 a 26, siendo el mafito principal biotita (entre 2 y 15% modal), mientras que la hornblenda se halla en menores proporciones (entre 1 y 6 % modal, raramente alcanza 22% modal). Al microscopio, se observan comúnmente cristales de plagioclasa con estructuras dendrítica o esqueléticas y el feldespato alcalino suele presentar parches con maclas de microclino, cuyo desarrollo se atribuye a variaciones térmicas pronunciadas (Cisterna 1994). En los monzogranitos se observan fenocristales de ortosa perítica con estructuras de tipo antirapakivi (Hibbard 1991) y también individuos levemente redondeados y micropertíticos, manteados por un nuevo crecimiento del mismo mineral, determinando finalmente un cristal euhedral. La biotita y la hornblenda están generalmente reemplazadas por clorita, minerales opacos y del grupo de la epidota; observándose ocasionalmente láminas de biotita en cuyo núcleo se conservan restos del anfíbol (Fig. 2a). La apatita puede presentarse según cristales prismáticos con marcado desarrollo en la dirección del eje c (Fig. 2b).

En esta facies petrográfica también se reconocen leucotonalitas porfiricas, grises - rosadas, que generalmente constituyen los pequeños cuerpos emplazados al

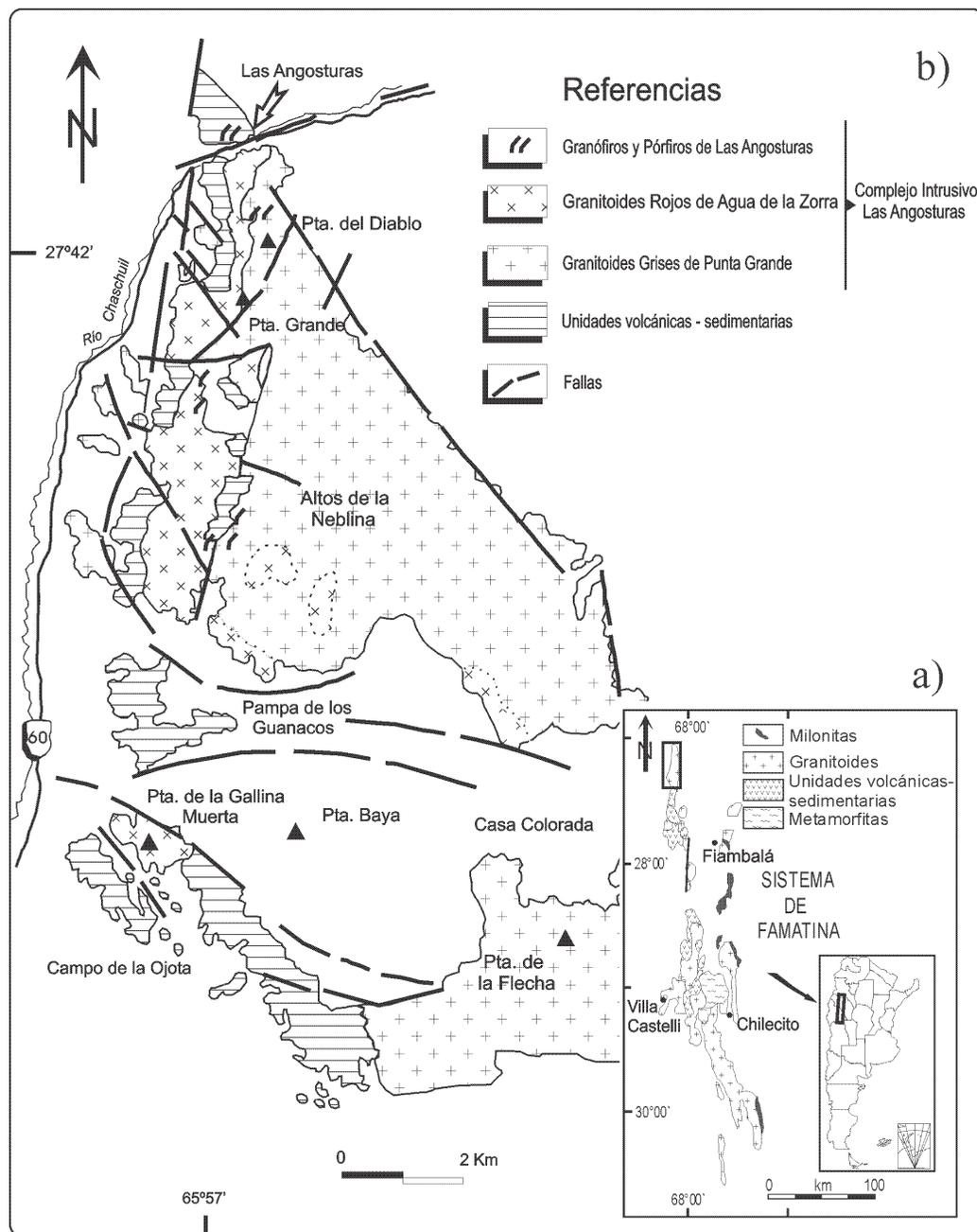


Figura 1: Mapa geológico del norte de la sierra de Narvéez, con la distribución de las magmatitas del Complejo Intrusivo Las Angosturas (modificado de Cisterna 1998).

occidente y donde es posible observar el desarrollo de estructuras de flujo magmático, coincidente con la orientación nornoroeste del eje mayor de estos cuerpos. En estas rocas el índice de color varía de 3 a 6, con fenocristales de plagioclasa blanquecina a rosada por alteración, tabular, de 2 a 2,5 cm, que están parcialmente orientados en la dirección de los filetes de flujo. Microscópicamente se destacan los fenocristales de cuarzo bipiramidados o de secciones hexagonales, que tienden al redondeamiento por un marcado proceso de corrosión por la mátriz y muestran importantes engolfamientos (Fig. 2c).

Granitoides Rojos de Agua de la Zorra: se trata de

monzogranitos y granodioritas (Fig. 4a) con textura seriada a porfiroide y fuertemente afectadas por fenómenos de alteración y feldespatización o constituyen diques en los granitoides grises. Estas rocas tienen características similares a las descritas previamente y sólo contienen biotita como mafita principal. Se destacan por estar alteradas en grado avanzado respecto a los granitoides grises, presentándose la plagioclasa con importantes reemplazos de clorita y minerales del grupo de la epidota.

Granófiros y Pórfidos de Las Angosturas: la textura porfírica que los caracteriza está definida por la existencia de fenocristales de cuarzo y feldespato cuyas dimensio-

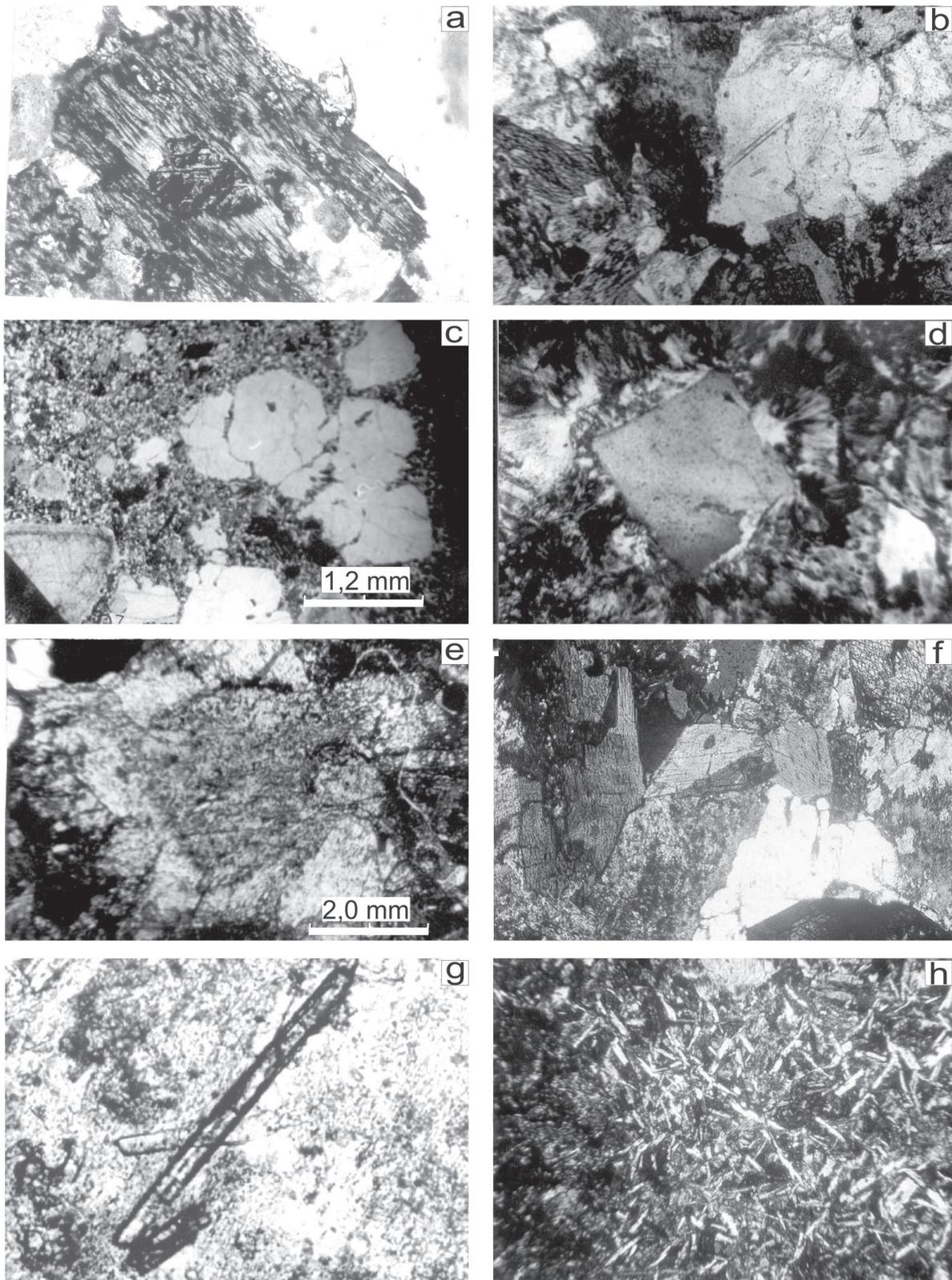


Figura 2: Fotomicrografías. **a**, Biotita cloritizada en cuyo núcleo se conservan relictos del anfíbol a expensas del cual cristalizó la mica. Nícoles X. **b**, Hornblenda cloritizada y cristales de apatita acicular en tonalita gris verdosa. Nícoles X. **c**, Fenocristal de cuarzo parcialmente asimilado por el mosaico fino. Nícoles X. **d**, Fenocristal de cuarzo que nuclea crecimientos esferulíticos de cuarzo y feldespato. Nícoles X. **e**, Grueso cristal de plagioclasa con parcial asimilación desde sus bordes. Nícoles X. **f**, Secciones basales y longitudinales de hornblenda verde intercrecidas con plagioclasa caolinizada; cuarzo intergranular. Nícoles X. **g**, Cristal prismático de circón con importante desarrollo en la dirección del eje c. Nícoles //. **h**, Microlitos de plagioclasa en enclave básico. Nícoles X.

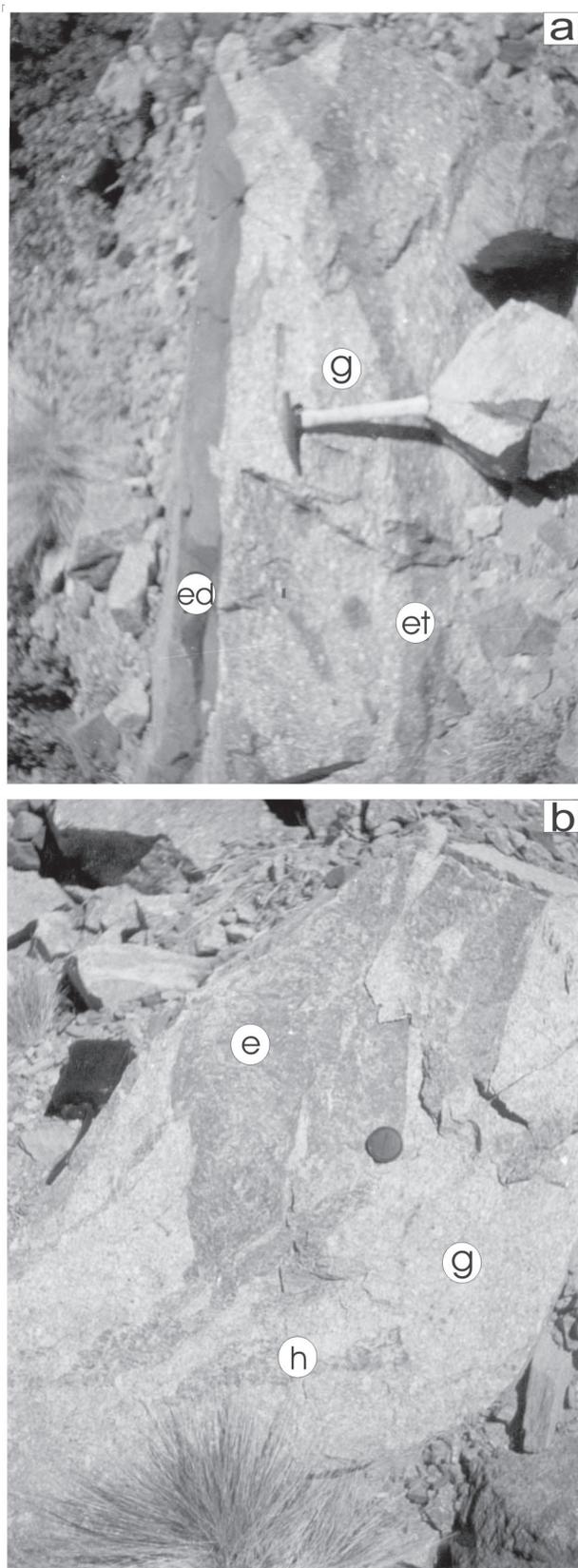


Figura 3: a, Atloramiento de monzogranito gris (g) con inclusiones de composición tonalítica (et) y enclave diorítico (Ed). b, Granodiorita (g) con enclave tonalítico (e) de forma irregular y sectores híbridos (h).

nes están en el orden de los milímetros. Al microscopio se reconocen las estructuras granofíricas y el desarrollo de esferulitas (Fig. 2d).

Enclaves y rocas híbridas

Los enclaves ígneos fueron analizados detalladamente por Cisterna (1998), tanto en referencia a su distribución en la granodiorita de Las Angosturas, como a sus relaciones con el hospedante y características petrográficas destacadas. La composición de estas rocas varía de granodioritas y tonalitas a dioritas y gabros (Fig. 4a) y por su ubicación en el complejo intrusivo analizado, se consideran del siguiente modo:

- Enclaves tonalíticos – granodioríticos, que sólo se hallan en los granitoides grises. La granulometría es fina a media y los contactos con el hospedante son netos a transicionales. La forma varía de redondeada a irregular, elongados (Fig. 3a); e incluso determinan estructuras de *schlieren*. En algunos casos las inclusiones elongadas presentan gruesos cristales de plagioclasa tabular orientados de modo paralelo al eje mayor y al contacto con el granitoide, sin evidencias de deformación intracristalina.

- Enclaves dioríticos – cuarzdioríticos, hospedados tanto en la facies de granitoides grises (Fig. 3a) como en los granitoides rojos. Son rocas de grano fino y la forma de las inclusiones es redondeada a elíptica, ocasionalmente elongadas. Los contactos con los granitoides son generalmente netos, lobulados y convexos hacia el encajante. Por sus características es posible indicar que los mismos fueron incluidos en un hospedante no totalmente cristalizado, como glóbulos de magma básico en el fundido granítico. También se observan estructuras de flujo en las zonas de contacto con el hospedante, con el desarrollo de venillas del granitoide que se introducen en el enclave. Es frecuente el desarrollo de bordes de enfriamiento, evidenciados por la disminución en la granulometría del enclave hacia los bordes.

Los distintos enclaves, tanto granodioríticos como tonalíticos y dioríticos, presentan características mineralógicas similares a las de los granitoides hospedantes (Cisterna 1998) y de las observaciones microscópicas se puede destacar la existencia de cristales de feldespato en desequilibrio con el mosaico, tales como plagioclasas readsorbidas por feldespato potásico o megacrístales ortosa en reacción con la matriz que incluso determinan siluetas fantasmas (Fig. 2e). El mafito más abundante es hornblenda, que puede presentar bordes engolfados y textura cribosa a poiquilitica (Fig. 2f). También se hallan cristales de apatita de hábito acicular y circón, con importante desarrollo en dirección del eje c (Fig. 2g).

- Los enclaves básicos sólo se hallan en las magmatitas de la facies de granófiros y pórfidos. Se trata de rocas afáníticas que constituyen inclusiones de forma angular a subredondeada, cuyas dimensiones no exceden los 6 cm y en contacto neto con el hospedante. Representan inclusiones de magma máfico, menos modificado, congeladas y desmembradas en el hospedante. Al microscopio se ob-

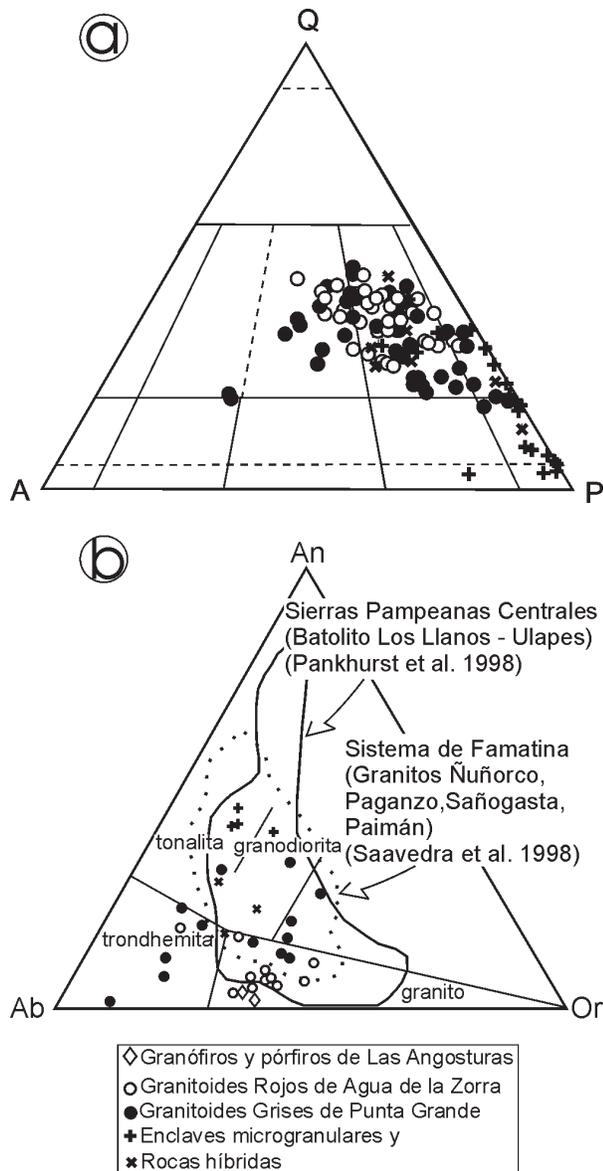


Figura 4: a, Diagrama QAP modal para las rocas del Complejo Intrusivo Las Angosturas, donde se incluyen los datos correspondientes a enclaves y rocas híbridas asociadas. b, Diagrama Ab-An-Or (Barker 1979). Aunque las rocas del Complejo Intrusivo Las Angosturas se ubican en zonas que corresponden típicamente a márgenes continentales activos, son las magmatitas más diferenciadas aquellas que se separan ligeramente hacia el campo de las trondhemitas.

serva un mosaico fino a criptocristalino, con abundante clorita, minerales del grupo de la epidota y opacos. La plagioclasa constituye microlitos (Fig. 2h) o se halla como fenocristales, comúnmente caolinizada. También se observan restos de augita y olivino, reemplazados casi totalmente por minerales del grupo de la epidota, clorita y calcita. Se destaca la existencia de cristales de cuarzo asimilados y con el desarrollo de estructuras oclares, relacionados con pequeños cristales de hornblenda y biotita. Es llamativa la existencia de cristales euhedrales de magnetita, que en general están ubicados en la zona de contacto con el encajante.

Respecto a las rocas híbridas, se reconocen localmente sólo en la facies de granitoides grises, donde determinan fajas de hasta 8 m de espesor y se relacionan transicionalmente con los granitoides (Fig. 3b). Generalmente estas zonas también incluyen enclaves microgranulares dioríticos o cuarzdioríticos. La composición de estas rocas es tonalítica o granodiorítica (Fig. 4a) y sus características petrográficas y mineralogía es similar a la de los granitoides grises, aunque el índice de color es mayor que en éstos.

Características químicas

Los datos químicos utilizados son los óxidos mayoritarios y minoritarios de Cisterna (1994) y las determinaciones de elementos trazas y tierras raras (Cuadro 1) se realizaron en el laboratorio del Instituto de Ciencias de la Tierra "Jaume Almera", del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), España.

Se trata de magmatitas predominantemente peraluminosas, excepcionalmente metaluminosas (Cisterna 1998); que juntamente con las inclusiones ígneas y rocas híbridas asociadas definen una serie continua que se extiende entre los 57.5% y 76.5% de SiO_2 , con un índice de Peacock de 62.5 para las magmatitas en general, según lo cual se trata de rocas cálcicas, mientras que los enclaves son calcoalcalinos. Estas rocas se ubican en la zona típica para plutonitas de márgenes continentales activos en el diagrama normativo An-Ab-Or (Fig. 4b), de modo similar a otras intrusiones del paleozoico inferior del Sistema de Famatina (Saavedra *et al.* 1998) y de Sierras Pampeanas centrales (Pankhurst *et al.* 1998).

Los granitoides en general presentan contenidos medios a altos en potasio (fig. 5), con ciertas excepciones que corresponden a las leucotonalitas (hasta 3,5 modal de feldespato potásico y menos de 1% de biotita). También se ubican en las zonas bajas en potasio algunas muestras en las que la movilización de los álcalis en la biotita y feldespatos se produjo por alteración hidrotermal posmagmática. Si bien los altos porcentajes en el contenido de K (entre 3 y 4%) reflejan la abundancia modal de feldespato potásico y/o de biotita, es necesario considerar que para las rocas más diferenciadas de la serie como es el caso de los GPLA el contenido alto de potasio está efectivamente ligado a la existencia de ortosa (hasta 30%); pero en el caso de monzogranitos y granodioritas los mayores contenidos de K también se relacionan a mayores relaciones modales Bi/Hbl que explican un leve enriquecimiento de la alúmina (Fig. 5). Para los enclaves, el contenido de Al también es menor en relación al resto de las inclusiones, cuando el mafito dominante es la hornblenda.

Las tendencias determinadas por los distintos óxidos vs sílice (Fig. 5) demuestran un progresivo fraccionamiento de los granitoides en general. Sin embargo también existen evidencias de diferenciación en la facies de granitoides grises, al ser analizada juntamente con las rocas híbridas y enclaves la distribución de los valores es

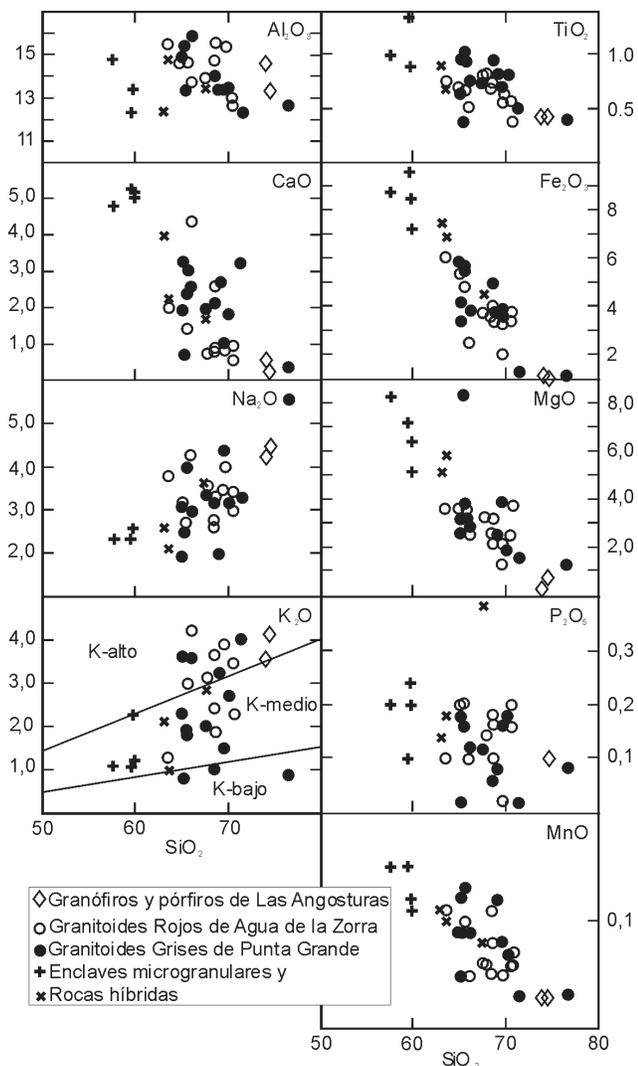


Figura 5: Diagramas de variación Harker para elementos mayoritarios de las magmatitas analizadas (con modificaciones de Cisterna 1998). Las tendencias son en general continuas, lo que se explica por el fraccionamiento de las principales fases minerales en estas rocas. Los campos indicados en K_2O vs SiO_2 , son los de Le Maitre *et al.* (1989).

continúa desde dioritas a tonalitas, granodioritas y rocas más ácidas de la misma unidad (monzogranitos y leucotonalitas). Lo mismo se observa mejor en las relaciones de los óxidos de Ca, Fe o Mg vs sílice (Fig. 5), pues la distribución de los valores responde a las variaciones en la composición y proporciones de feldespatos y de los mafitos dominantes, que varían de hornblenda a biotita y de 29 % se reducen a 1 % en el caso de las rocas leucocráticas. En el caso especial del Fe_2O_3 , se presentan cambios netos que están directamente vinculados con las variaciones en los minerales máficos presentes en estas magmatitas.

En los diagramas de variación Harker para los elementos trazas (Fig. 6), la distribución de los valores para los elementos Rb y Ba demuestra un claro enriquecimiento con el aumento de la sílice, posiblemente ligado a la cristalización de feldespato potásico en las rocas más

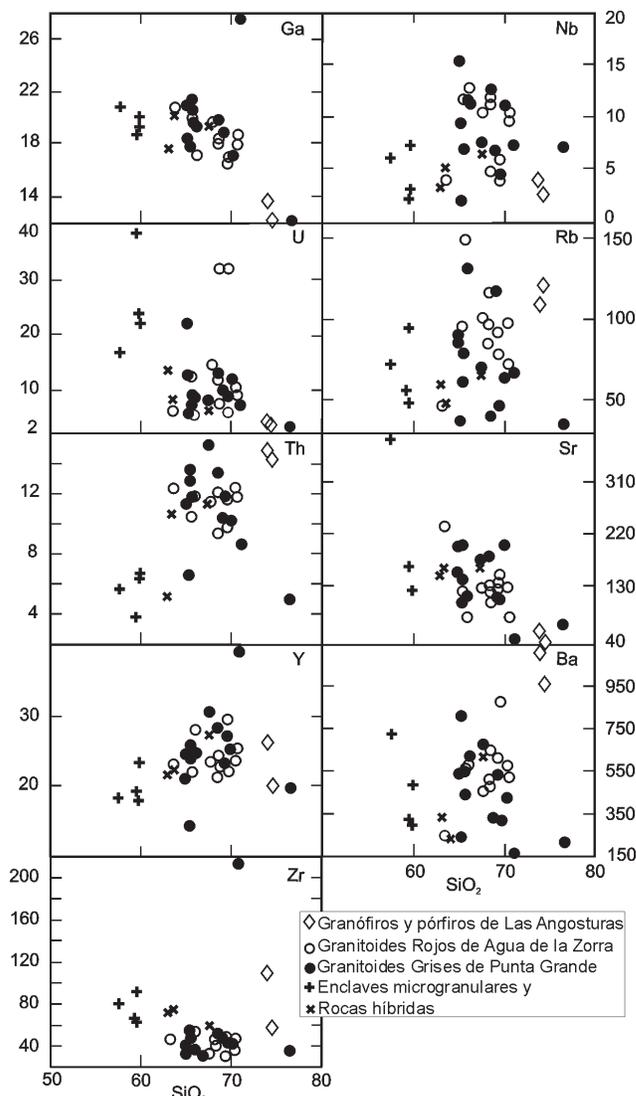


Figura 6: Diagramas de variación Harker para los elementos trazas determinados en las magmatitas de Las Angosturas. La dispersión en los valores, tanto para elementos LIL como HFS se adjudica a episodios de alteración posmagmáticos.

diferenciadas. En el caso del Sr es posible indicar que alrededor del 69% de sílice se esboza una suave inflexión en la tendencia de la serie (Fig. 6) que también se puede adjudicar a la cristalización de la fase mayoritaria del feldespato alcalino tanto en los granófiros y pórfidos como en los monzogranitos de los granitos grises. Los elementos HFS, el Th e Y demuestran un progresivo enriquecimiento con el aumento en la acidez en las magmatitas, similar a lo que generalmente se cita para intrusiones de granitoides tipo I según Chappell (1996); aunque en las rocas analizadas también es necesario indicar que existe cierta dispersión de los valores, que posiblemente se explica por la alta movilidad de los elementos citados durante las etapas de alteración posmagmáticas (Bea 1996). En referencia al U, un decrecimiento del mismo con el aumento de la sílice se explica al recordar que es en las rocas más diferenciadas donde casi no se observa

Cuadro 1: Elementos trazas y tierras raras determinados para las magmatitas de la sierra de Narváez.

muestra	Ba	Sr	Rb	Nb	Ga	U	Th	Y	Zr
1									
5187d	159,11	47,97	66,27	6,87	27,38	7,20	8,30	38,61	207,42
5195	324,76	112,98	46,82	4,44	16,48	9,06	11,60	27,24	44,66
3651	443,14	198,43	61,25	6,88	20,61	7,47	12,90	25,97	55,01
5189	532,76	118,17	117,90	6,77	18,91	10,20	10,44	23,29	45,76
3645	563,76	144,78	79,14	11,91	21,15	9,06	13,58	24,24	47,43
5176	548,31	155,38	85,63	15,32	20,94	12,95	11,40	21,29	35,10
5192	622,32	114,36	131,97	11,56	19,32	8,68	11,92	24,84	36,37
5183	681,47	175,55	70,40	7,57	19,44	7,68	15,29	30,69	33,88
5182	430,61	199,54	64,10	11,13	17,03	11,81	10,21	25,39	42,25
5184	815,24	196,97	91,70	9,40	18,39	22,12	11,37	24,63	40,03
3656b	333,28	181,79	40,08	12,46	19,82	13,15	13,45	28,32	50,95
5197	243,97	102,39	37,89	1,87	17,85	6,04	6,67	14,50	40,96
5193*	211,73	67,12	35,42	7,12	12,13	3,36	4,96	19,83	35,58
2									
5196	460,32	125,45	101,73	10,18	19,75	14,56	11,60	23,41	32,02
5199	569,96	129,28	98,81	9,56	18,70	10,64	11,83	25,29	35,77
5202	646,13	130,16	118,13	11,80	18,12	7,77	12,14	24,15	45,50
5200	483,71	117,40	85,83	11,08	18,43	11,81	12,20	21,29	39,71
5178	556,14	118,12	97,01	11,54	20,03	12,61	10,57	21,86	39,27
5186	873,65	122,65	79,48	5,86	17,07	6,10	11,74	29,43	46,30
5179	511,82	100,65	97,89	4,48	18,25	32,06	9,36	23,31	41,94
5180	612,58	147,06	92,92	4,02	16,69	32,00	9,87	22,37	29,32
5201	578,58	78,05	150,71	12,63	17,21	5,63	11,87	28,01	51,74
5177	243,48	230,60	46,92	3,84	20,84	6,33	12,49	22,89	44,94
5194	527,51	76,32	73,60	10,24	18,04	9,52	12,51	23,77	44,93
3									
5190	984,99	41,50	123,20	3,01	12,52	4,57	14,52	20,31	60,80
5191	1136,50	61,17	112,64	4,15	14,02	5,05	15,03	26,44	111,80
4									
5187b	620,98	161,35	65,81	6,69	19,44	6,64	11,36	27,20	58,81
5188	332,05	148,83	60,79	3,21	17,65	13,40	5,16	21,85	71,35
5187c	246,80	160,72	47,69	5,32	20,12	8,15	10,56	22,35	74,77
5181	486,18	409,13	48,03	7,42	20,01	23,70	6,77	18,01	90,71
5198	304,95	124,10	95,12	3,03	19,34	22,04	6,36	23,38	62,98
5187a	318,45	165,10	55,69	2,18	18,82	38,39	3,81	19,34	65,08
5185	732,40	381,29	72,91	6,13	20,89	16,67	5,60	18,37	79,46

(1) Granitoides Grises de Punta Grande ; (2) Granitoides Rojos de Agua de la Zorra ; (3) Granófiros y pórfiros de Las Angosturas ; (4) Rocas híbridas y enclaves microgranulares.

circón; mineral en cuya estructura se ubica casi exclusivamente este elemento al tratarse de magmatitas ácidas (Bea 1996).

Todas las muestras del Complejo Intrusivo Las Angosturas se caracterizan por presentar un marcado enriquecimiento en LREE (La a Nd) relativo a los REE pesados (Ho a Lu), lo que puede observarse en los diagramas normalizados a condritos de la figura 7. Por otra parte, los MREE (Sm a Tb) en general determinan una suave pendiente que equivale sólo a variaciones graduales en el contenido de los mismos. Las características enunciadas permiten indicar que el equilibrio del fundido habría estado controlado principalmente por el fraccionamiento de plagioclasa y hornblenda. Asimismo, la relación $[La/Lu]_N$ varía entre 2,7 y 5,9 para los enclaves microgranulares y 2,5 a 7 para las rocas híbridas; es de 3,8 a 8,4 para las tonalitas, granodioritas y monzogranitos de los granitoides grises y 1,5 para las leucotonalitas. En el caso de las rocas de los granitoides rojos varía de 4,7 a 4,0 y de 3,3 a 3,4 para los granitoides y pórfidos la Angostura. En las magmatitas en general, la anomalía de Eu es negativa (Fig. 7 a y b) y se puede vincular a la cristalización y separación de plagioclasa

en el líquido. Esta anomalía es fuertemente negativa para la leucotonalita analizada y para los granófiros y pórfidos (Fig. 7d), que corresponden a las rocas más diferenciadas del complejo. En el caso de los enclaves la anomalía de Eu es suave o inexistente (Fig. 7 c), posiblemente debido a que el fraccionamiento de plagioclasa no es efectivo en los mismos.

Las magmatitas del Complejo Intrusivo Las Angosturas presentan una distribución de valores para la relación Nb vs Y coincidente con las de batolitos formados en márgenes continentales activos (Fig. 8), claramente evidenciadas por el bajo contenido en elementos HFSE. Características similares son enunciadas para las series de granitoides tipo I por Chappell (1996). Cabe destacar, que las plutonitas analizadas coinciden en sus características con otras intrusiones del Paleozoico inferior del Sistema de Famatina, tratándose esencialmente de granitoides de arco volcánico (Fig. 8). En relación a las magmatitas de igual posición estratigráfica en Sierras Pampeanas centrales, tales como las de Los Llanos y Ulapes (Pankhurst *et al.* 1998), coinciden al tratarse de emplazamientos relacionados a zonas de márgenes activos.

Cuadro 1: Continuación.

muestra	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
1														
5187d	645,40	28,13	4,87	20,73	4,59	0,56	5,33	1,00	7,03	1,58	5,18	0,97	4,67	1,27
5195	43,08	85,03	8,69	37,88	6,94	1,10	7,15	1,05	6,09	1,18	3,54	0,66	2,99	0,77
3651	60,63	115,90	10,89	48,72	8,41	1,61	8,04	1,10	6,05	1,09	3,34	0,56	2,76	0,73
5189	42,54	82,44	8,46	36,04	6,66	1,22	6,35	0,90	5,16	0,97	2,78	0,48	2,35	0,59
3645	58,05	110,60	10,09	47,02	7,90	1,64	7,76	1,04	5,42	1,06	3,08	0,52	2,53	0,61
5176	49,11	94,78	8,46	40,94	6,63	1,39	6,40	0,84	4,54	0,85	2,38	0,45	1,93	0,53
5192	47,89	92,70	8,85	40,73	7,36	1,22	7,13	1,01	5,54	1,05	3,07	0,52	2,50	0,61
5183	60,71	118,00	10,67	50,28	8,63	1,42	8,54	1,17	6,58	1,23	3,61	0,62	2,60	0,68
5182	23,15	73,57	7,98	32,65	6,03	1,10	6,10	0,88	5,07	0,98	2,92	0,54	2,46	0,68
5184	41,73	82,70	8,34	36,76	6,56	1,26	6,49	0,91	5,26	0,99	2,90	0,51	2,30	0,62
5197	18,73	56,19	6,03	23,42	3,95	0,67	3,72	0,52	2,69	0,50	1,40	0,24	1,16	0,30
5193	8,02	17,07	2,32	9,17	2,62	0,27	3,10	0,57	3,61	0,73	2,18	0,46	2,23	0,57
2														
5196	45,16	88,58	8,21	38,28	6,74	1,22	6,64	0,94	5,24	0,98	2,92	0,50	2,38	0,60
5199	45,96	91,64	8,55	39,02	7,28	1,24	7,15	1,00	5,76	1,08	3,30	0,57	2,70	0,67
5202	46,07	90,38	8,75	39,00	6,89	1,22	6,76	0,96	5,37	1,03	2,94	0,52	2,62	0,64
5200	24,95	80,72	8,81	36,18	6,60	1,03	6,06	0,87	4,86	0,93	2,72	0,47	2,40	0,58
3656b	52,97	101,30	10,24	44,58	7,83	1,43	7,89	1,17	6,54	1,27	3,81	0,64	3,22	0,80
5178	37,68	73,71	7,64	33,33	5,89	1,08	5,58	0,82	4,56	0,84	2,38	0,47	2,05	0,54
5186	44,47	85,36	8,51	38,36	6,84	1,17	7,19	1,04	6,21	1,21	3,65	0,64	3,06	0,80
5179	23,27	71,95	7,99	32,23	5,97	1,03	5,78	0,83	4,75	0,90	2,70	0,48	2,23	0,60
5180	23,54	67,10	7,60	30,08	5,89	0,92	5,09	0,80	4,53	0,85	2,25	0,48	1,90	0,56
5201	23,49	80,57	8,33	34,08	6,51	1,03	6,49	1,01	5,94	1,14	3,45	0,60	3,14	0,81
5177	52,89	100,90	10,00	44,96	7,55	1,47	6,93	0,92	4,95	0,93	2,58	0,49	2,11	0,61
5194	37,94	82,57	7,85	33,55	6,33	1,00	6,03	0,93	5,19	0,96	2,83	0,54	2,40	0,69
3														
5190	19,86	51,30	5,08	17,61	3,07	0,41	3,34	0,50	2,93	0,65	1,96	0,41	2,08	0,62
5191	49,13	86,13	7,87	30,53	5,29	0,63	5,46	0,82	4,80	1,01	3,16	0,58	3,40	0,85
4														
5187b	47,50	93,77	9,07	39,52	7,39	1,15	7,08	1,02	5,77	1,10	3,36	0,60	2,67	0,75
5188	13,79	41,32	4,69	18,75	3,85	0,85	4,25	0,67	4,12	0,84	2,53	0,53	2,32	0,71
5187c	20,53	64,47	6,98	28,11	5,11	0,87	5,07	0,78	4,42	0,84	2,49	0,48	2,19	0,64
5181	38,08	75,22	7,96	36,89	5,58	1,45	4,95	0,67	3,57	0,66	1,91	0,36	1,71	0,50
5198	16,86	44,43	5,87	24,21	4,88	1,06	5,04	0,81	4,79	0,95	2,89	0,55	2,72	0,74
5187a	12,75	23,85	3,55	14,51	3,14	0,81	3,47	0,57	3,44	0,69	2,12	0,44	2,05	0,54
5185	20,62	70,43	8,13	35,26	5,60	1,52	4,94	0,65	3,46	0,69	2,03	0,37	1,83	0,57

Discusión

Del análisis de los datos de campo, mineralógicos y químicos del Complejo Intrusivo Las Angosturas surgen las siguientes consideraciones para interpretar los procesos vinculados a su génesis:

1. El Complejo Intrusivo Las Angosturas está constituido por una serie de magmatitas cuyas relaciones de intrusividad y contactos permiten indicar su edad relativa. Es así como los granitoides grises de Punta Grande representan emplazamientos tempranos y en niveles relativamente superiores de la corteza, a juzgar por las paragénesis minerales desarrolladas por fenómenos de contacto en las unidades encajantes y que sugieren presiones de 2 kbar y temperaturas entre 550° y 600°C (Cisterna 1998). La intrusión de los granitoides rojos de Agua de la Zorra se produce cuando aún no estaban totalmente consolidados los granitoides grises, ante las evidencias que surgen del tipo de contacto (interdigitados, con bandeamientos, etc.) entre las diferentes plutonitas. Finalmente, los granófiros y pórfidos de Las Angosturas culminan con el episodio magmático, de-

biendo destacarse que parte de las relaciones entre estas rocas y los granitoides rojos demuestran que éstos últimos no habrían cristalizado totalmente cuando se produjo la intrusión de la facies más diferenciada. En relación a las evidencias químicas, la serie de magmatitas desarrolla una tendencia evolutiva pautada por procesos de diferenciación y, a juzgar por las variaciones en el contenido de tierras raras, controlada principalmente por el fraccionamiento de plagioclasa y hornblenda.

2. Si bien se puede considerar como mecanismo más adecuado para la evolución de la serie de granitoides un proceso de diferenciación por fraccionamiento, también debe considerarse un proceso de interacción del fundido félsico con un magma básico justificado por la gran variedad de inclusiones ígneas alojadas en las magmatitas. Las evidencias petrográficas también denotan un proceso de mezcla incompleto y de hibridización en muchos enclaves, especialmente en aquellos de composición intermedia. Es así como la existencia de enclaves tonalíticos y granodioríticos sólo en los granitoides grises, debió producirse por la inyección de un fundido básico en las etapas tempranas de la cristalización de

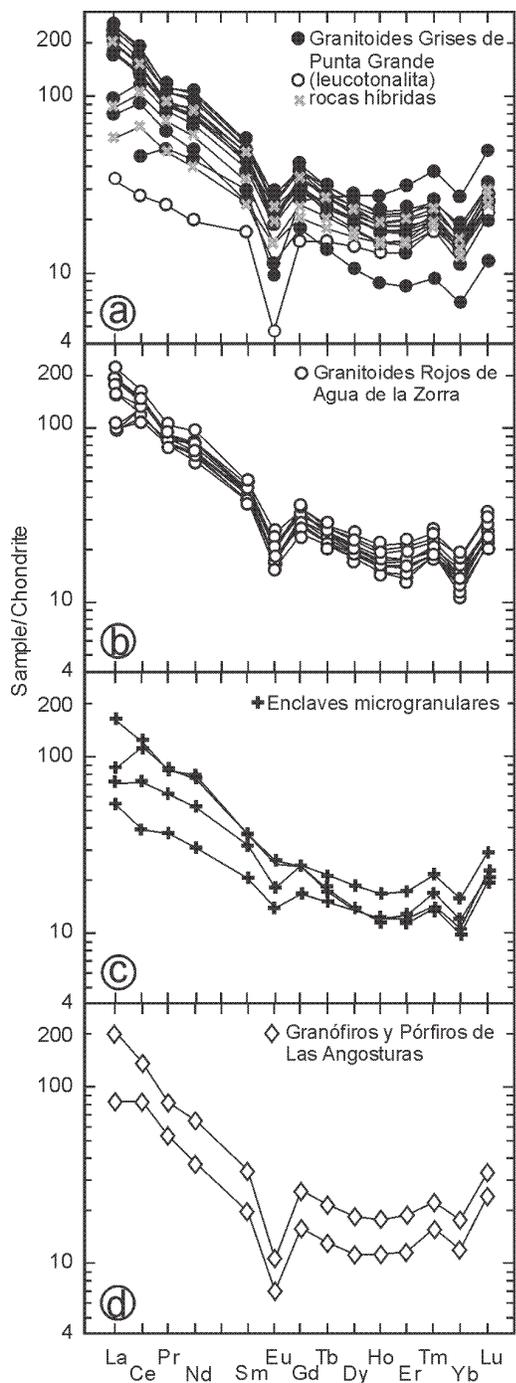


Figura 7: Diagramas normalizados a condritos de tierras raras para los distintos tipos de magmatitas descritas en el Complejo Intrusivo Las Angosturas.

estas magmatitas; circunstancia que permite una distribución homogénea de las inclusiones y eventualmente la parcial asimilación de los enclaves por parte de los granitoides. La gran variedad composicional, morfológica, textural y estructural de estas inclusiones son evidencias de un proceso de interacción mecánica de distinto grado entre el magma félsico y máfico y el estado dinámico del sistema. Asimismo, la foliación magmática que se observa

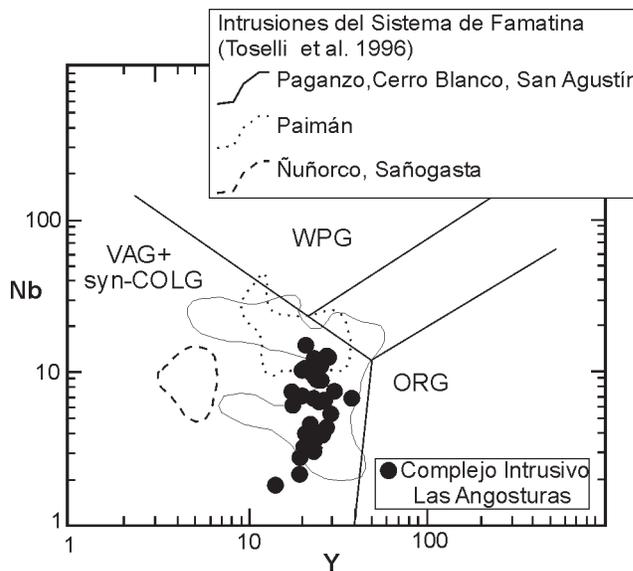


Figura 8: Diagrama Nb vs. Y (Pearce *et al.* 1984) en el cual la posición de las magmatitas del Complejo Intrusivo Las Angosturas coincide con los campos de márgenes continentales activo, al igual que otras intrusiones eopaleozoicas del Sistema de Famatina.

en algunos afloramientos de granitoides hospedantes, como es el caso de las apófisis del borde oeste de la sierra, que no se desvía alrededor de las inclusiones es un indicio, según Castro *et al.* (1995) para casos similares, de bajos contrastes en la viscosidad de los fundidos interactuantes al menos durante esta etapa de la intrusión. El desarrollo de zonas de transición entre el par enclave - hospedante, con rocas híbridas, sugiere que el proceso de mezcla produjo la desagregación completa de los glóbulos de magma básico e intercambios mecánicos y químicos entre el par enclave - granitoide.

El proceso de interacción se repite temporalmente a juzgar por la existencia de enclaves de composición diorítica a cuarzdiorítica en los granitoides grises y rojos y que también pueden presentarse constituyendo inclusiones dobles con los tonalíticos - granodioríticos, correspondiendo a la mezcla de un pulso de magma básico en un encajante parcialmente consolidado y con mayor contraste térmico y composicional. En este episodio los enclaves no son digeridos en el encajante, evidenciando que el proceso de mezcla ocurrió en más de una etapa. En estas inclusiones es raro el desarrollo de bordes de enfriamiento lo que puede adjudicarse a un gradiente térmico relativamente bajo y que en el caso de plutones relativamente pequeños como es el caso del Complejo Intrusivo Las Angosturas, es posible la generación de un sobreenfriamiento homogéneo en la inclusión (Vernon 1983).

Los enclaves basálticos que se hallan sólo en los granófiros y pórfidos son indicios de un proceso de mezcla mecánica representado por el desmembramiento de un magma básico congelado en un hospedante ácido y en estado fundido sin haberse comprobado hasta el momento si se produjo alguna interacción con el mismo. La diferencia en el contenido de sílice entre ambos fundidos

también tiene un rol considerable y que podría haber dado lugar al desarrollo de una “barrera térmica” en los bordes de la inclusión (Maurý *et al.* 1978).

3. Los datos petrográficos también apuntan a procesos de fraccionamiento y mezcla de magmas. El rango composicional continuo entre enclaves y granitoides se puede explicar por la hibridización (química y mecánica) entre fundidos de diferente composición para las etapas iniciales de la intrusión, como es el caso de los granitoides grises. La existencia de plagioclasa dendrítica o esquelética en granitoides, se explica por enfriamiento rápido debido a la introducción de un magma básico en contacto con el hospedante félsico según Lofgren (1974) y Fenn (1977) para casos similares. En el mismo sentido, se interpretan los cristales de feldespatos que tienen sus bordes interpenetrados con el mosaico adyacente, por procesos de corrosión magmática ante gradientes térmicos debidos a la intrusión de un fundido básico en un magma granítico según Eichelberger (1978). Los feldespatos alcalinos manteados también apuntan a un origen por mezcla de magmas. La existencia de cuarzo desarrollando estructuras de “reloj de arena” en los granitoides rojos se puede atribuir a descensos marcados en la temperatura durante su cristalización; en el mismo sentido se reconocen las texturas granofíricas, especialmente en los granófiros y pórfidos. También debe considerarse que una pérdida relativamente rápida de volátiles en estas magmatitas y evidenciada por el desarrollo de miarolas, podría tener un rol considerable en el desarrollo de este tipo de intercrecimiento según lo indica Fenn (1986) en casos similares.

En los enclaves, las texturas cribosas a poiquilíticas en hornblenda y biotita se adjudican a la cristalización del mafito como consecuencia del desequilibrio producido por la mezcla de fundidos de composición contrastada. De igual manera se explica la existencia de láminas de biotita en cuyo núcleo se conservan restos de hornblenda en las tonalitas de los granitoides grises; como así también los cristales de hornblenda en cuyo núcleo se conservan restos de clinopiroxeno en algunos enclaves dioríticos.

Finalmente, la interacción del fundido ácido con un pulso básico, el proceso de mezcla e hibridización, se habrían producido en profundidad y con valores de concentración de agua mayores a 2% en consideración a la presencia de hornblenda desarrollada a expensas del clinopiroxeno. Aunque la existencia de éste último, indicaría presiones de vapor aún menores. La presencia de plagioclasas zonadas normalmente, de piroxenos bordeados por hornblenda y subsecuentemente por biotita y el desarrollo de cuarzo y feldespato potásico intersticial implica continuidad en la cristalización de un fundido durante la diferenciación (Bryant *et al.* 1997) y el consecuente reajuste de las asociaciones minerales implicadas.

La existencia de restos de olivino en algunos enclaves junto a clinopiroxeno con inclusiones de plagioclasa determinando texturas ofíticas, se consideran como un indicio de que el contenido de agua habría sido menor a 2%, según datos experimentales de Egger (1972b) durante la

cristalización de los enclaves con esta asociación mineral. Por otra parte, la existencia de cristales de apatita y circon aciculares son evidencias de enfriamiento rápido durante su desarrollo (Williams *et al.* 1983).

4. Los datos químicos relacionados en diagramas tipo Harker demuestran en general el desarrollo de tendencias donde la distribución de los valores acredita la posibilidad de una evolución continua para las magmatitas y donde los enclaves también juegan un rol importante, al ubicarse en el extremo menos diferenciado de la serie. Respecto al posible equilibrio logrado entre el par enclave - granitoide ante episodios de interacción química (a excepción de los granófiros y pórfidos), son muestras de lo mismo los productos híbridos intermedios en el caso de los granitoides grises.

5. No obstante la ausencia en el campo de diques o cuerpos ígneos próximos al Complejo Intrusivo Las Angosturas y con características mineralógicas, texturales y químicas similares a las de los enclaves máficos que permitan establecer relaciones respecto al origen de estas inclusiones; en base a las observaciones de contactos, distribución y características petrográficas se piensa que la interacción de magmas de composición contrastada se produjo en profundidad. La inyección del fundido básico se produce en una etapa temprana de la cristalización del hospedante, a juzgar por la amplia distribución de los enclaves en todo complejo. Para evaluar el factor dinámico que interviene en el proceso de mezcla de magmas produciendo la dispersión de los enclaves en el hospedante y sin relación alguna con intrusiones básicas parentales, es necesario recordar que la distribución de estas inclusiones es heterogénea. Asimismo que en un área restringida es posible encontrar enclaves con características diferentes entre sí, lo que apunta a un origen pautado por diferentes episodios de interacción. Casos similares son interpretados en el mismo sentido por Wiebe *et al.* (1997).

El Complejo Intrusivo Las Angosturas se genera durante el magmatismo famatiniano del noroeste de Argentina, en una zona de arco volcánico (Cisterna 1998) donde el engrosamiento cortical producido por un margen continental activo permite la generación de magmas félsicos de carácter calcoalcalino y provenientes de zonas relativamente profundas en la corteza (Cisterna 1994). Por sus características petrográficas y químicas estos granitoides pueden compararse con otras magmatitas del Sistema de Famatina, como las de Ñuñorco (Toselli *et al.* 1996) cuya edad es de 484 ± 5 Ma según Rapela *et al.* (1999) basado en dataciones U-Pb en circones. En el ámbito geológico de Sierras Pampeanas Centrales las edades Rb - Sr para las intrusiones de granitoides varían entre 475 y 480 Ma y son comparables con las obtenidas en el Sistema de Famatina (Pankhurst *et al.* 1998). Lo indicado permite relacionar los granitoides de la sierra de Narváz con un episodio magmático que se inicia tempranamente en el Ordovícico, integrando una zona de arco continental que Saavedra *et al.* (1998) relacionan a subducción. Pankhurst *et al.* (2000) asocian estos emplazamientos con un cinturón famatiniano integrado por series de gabros - monzogranitos tipo - I .

Conclusiones

El Complejo Intrusivo Las Angosturas está compuesto por un conjunto de magmatitas cuyo emplazamiento se produjo en niveles epizonales y por sucesivos pulsos de magma calcoalcalino, en respuesta a un proceso de diferenciación que fue controlado básicamente por el fraccionamiento de plagioclasa y hornblenda. La existencia de enclaves de variada composición y el desarrollo localizado de rocas híbridas, juntamente con las evidencias petrográficas y químicas se explica por un proceso de mezcla de magmas de composición contrastada y fraccionamiento del magma granítico. La interacción entre los fundidos básico y ácido se produjo en profundidad y se repitió espacial y temporalmente. La distribución de los enclaves es heterogénea y la gran variedad morfológica y textural de ellos responde a diferentes grados de interacción entre el par enclave - hospedante.

Agradecimientos

Los autores agradecen especialmente al Dr. Julio Saavedra Alonso por la lectura crítica del manuscrito y las valiosas sugerencias aportadas. A la Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo de la Universidad Nacional de Tucumán, al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONICET) y al Instituto de Ciencias de la Tierra "Jaume Almera", del Consejo Superior de Investigaciones Científicas CSIC, instituciones que permitieron la realización de este trabajo.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Barker, F. 1979. Trondhemite definition, environment and hypothesis of origin. In : Barker, F. (ed.) *Trondhemites, dacites & related rocks*. Elsevier, New York, 1-12.
- Bea, F. 1996. Residence of REE, Y, Th and U in Granites and Crustal Protoliths ; Implications for the Chemistry of Crustal Melts. *Journal of Petrology*, 37 (3) : 521-552.
- Benedetto, J.L. 1994. Braquiópodos ordovícicos (Arenigiano) de la Formación Suri en la región del Río Chaschuil, Sistema del Famatina, Argentina. *Ameghiniana*, 31 : 221-238.
- Bryant, C., Arculus, R. y Chappell, B. 1997. Clarence River Supersuite : 250 Ma Cordilleran Tonalitic I-type Intrusions in Eastern Australia. *Journal of Petrology*, (8) : 975-1001.
- Castro, A., De la Rosa, J., Fernández, C. y Moreno-Ventas, I. 1995. Unstable flow, magma mixing and magma-rock deformation in a deep-seated conduit : the Gil-Márquez Complex, south-west Spain. *Geologische Rundschau*, 84 : 359-374.
- Chappell, B. 1996. Magma Mixing and the Production of Compositional Variation within Granite Suites : Evidence from the Granites of Southeastern Australia. *Journal of Petrology*, 37 (3):449-470.
- Cisterna, C. 1994. Contribución a la Petrología de los Granitoides del Extremo Norte de la Sierra de Narváez, Sistema de Famatina, Provincia de Catamarca. Tesis Doctoral Universidad Nacional de Salta, 355 p. (inédito).
- Cisterna, C. E. 1998. La Granodiorita de Las Angosturas, Sistema de Famatina, Argentina : caracterización petrográfica y química. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 53 (1): 57-68.
- Cisterna, C. E. 2001. Volcanismo subcúneo en el Eopaleozoico del Sistema de Famatina, Noroeste de Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 56 (1) : 16-24.
- Eggler, D. 1972b. Amphibole Stability in Water - Undersaturated Calc - Alkaline Melts. *Earth and Planetary Science, Letters*, 15 : 28-34.
- Eichelberger, J. 1978. Andesite Volcanism and Crustal Evolution. *Nature*, 275 : 21-27.
- Fenn, P. 1977. The nucleation and growth of alkali feldspars from hydrous melt. *Canadian Mineralogy*, 15 : 135-161.
- Hibbard, M. 1991. Textural anatomy of twelve magma - mixed granitoid systems. En Didier, J. y Barbarin, B. (Ed.) : *Enclaves and Granite Petrology*, Elsevier, 32 : 431 - 444. Amsterdam.
- Le Maitre, R., Bateman, P., Dubek, A., Keller, J., Lameyre, J., Le Bas, M., Sabine, M. y Schmid, R., Sorensen, H., Streckeisen, A., Woolley, A., Zanettin, B. (Eds.) 1989. *A Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms : Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks*. Blackwell Science, Oxford.
- Lofgren, G. 1974. An experimental study of plagioclase crystal morphology : isothermal crystallization. *American Journal of Earth Science*, 274 : 243-273.
- Maury, R., Didier, J. y Lameyre, J. 1978. Comparative Magma/Xenolith Relationships in some Volcanic and Plutonic Rocks from the French Massif Central. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 66 : 401-408.
- Pankhurst, R. J., Rapela, C. W., Saavedra, J., Baldo, E., Dahlquist, J., Pascua, I. y C. Fanning, 1998. The Famatinian magmatic arc in the central Sierras Pampeanas: an Early to Mid-Ordovician continental arc on the Gondwana margin. En Pankhurst, R. y Rapela, C. W. (Eds.): *The Proto-Andean Margin of the Gondwana Geological Society of London, Special Publication*, 142: 343 - 367.
- Pankhurst, R. J., Rapela, C. W. y Fanning, C. 2000. Age and origin of coeval TTG, I- and S-type granites in the Famatinian belt of NW Argentina. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh, Earth Sciences*, 91 : 151-168.
- Pearce, J., Harris, N. y Tindle, A., 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granite rocks. *Journal of Petrology*, 25 : 956-983.
- Rapela, C. W., Pankhurst, R. J., Dahlquist, J. y Fanning, C. 1999. U - Pb SHRIMP ages of Famatinian granites : new constraints on the timing, origin and tectonic setting of I - and S - type magmas in an ensialic arc. II° South American Symposium on isotope Geology, *Actas*: 264 - 267.
- Rubiolo, D., Cisterna, C. E. y Villeneuve, M. 2002. Edad U/Pb del granito de Las Angosturas en la sierra de Narváez (Sistema de Famatina, provincia de Catamarca). 15° Congreso Geológico Argentino, *Actas* 1: 359 - 362.
- Saavedra, J., Toselli, A., Rossi, J., Pellitero, E. y F. Durand, 1998. The Early Palaeozoic magmatic record of the Famatina System : a review. En Pankhurst, R. y Rapela, C. W. (Eds.): *The Proto-Andean Margin of the Gondwana Geological Society of London, Special Publication*, 142: 283 - 295.
- Toselli, J. A., Durand, F., Rossi, J. y J. Saavedra, 1996. Esquema de evolución geotectónica y magmática eopaleozoica del Sistema de Famatina y sectores de Sierras Pampeanas. 13° Congreso Geológico Argentino y 3° Congreso de Exploración de Hidrocarburos, *Actas* 5: 443 - 462.
- Vernon, R. 1983. Restite, xenoliths and microgranitoid enclaves in granites. *Journal and Proceedings, New South Wales*, 309 : 77-103.
- Williams, J., Compston, W. y Chappell, B. 1983. Zircon and monazite U-Pb systems and the histories of I-type magmas, Berridale Batholith, Australia. *Journal of Petrology*, 24 : 76-97.
- Wiebe, R., Smith, D., Sturm, M., King, E. y Seckler, M. 1997. Enclaves in the Cadillac Mountain Granite (Coastal Maine) : Samples of Hybrid Magma from the Base of the Chamber. *Journal of Petrology*, 38 (3) : 393-423.

Recibido: 7 de mayo, 2001

Aceptado: 1 de marzo, 2004