

El Batolito Carbonífero Aimogasta, Sierra de Velasco, La Rioja, Argentina.

Alejandro J. TOSELLI^{1,2}, Juana N. ROSSI², Miguel A. BÁEZ²,
Pablo GROSSE¹ y Fernando G. SARDI²

Abstract: *THREE MAJOR GRANITIC UNITIES HAVE BEEN RECOGNIZED AT THE SIERRA DE VELASCO, La Rioja within the "Batholithic Central Zone" of the Pampean Ranges. These are Aimogasta, Bazan and Patquia batholiths.*

The Aimogasta batholith of lower Carboniferous age, is conformed by San Blas, Asha, Sanagasta, Huaco, La Costa plutons and others small granites.

The plutons of the Aimogasta Batholith are intrusive into ordovician deformed orthogneisses and frequently cut their prothomilonites and milonites of Ordovician to Devonian ages.

The Huaco, Sanagasta and San Blas plutons are conformed by strong fractionated porphyritic granites with low to moderate aluminosity. Rare element-bearing pegmatites are related to the Huaco and Sanagasta granites, while the San Blas pluton contains local tin - bearing greisen.

The Asha pluton is a not fractionated porphyritic I - type granite with low peraluminosity variations.

The La Costa pluton is a fractionated, inequigranular and altered granite which shows albitized and muscovitized microcline and biotite altered to chlorite and muscovite; tourmaline is a common mineral. La Costa pluton shows an anomalous high peraluminosity as a consequence of the alteration.

Newly obtained ages assign the plutons San Blas, Asha, Huaco and Sanagasta to the lower Carboniferous. The La Costa granite has not been dated recently; older K/Ar datations on micas gave 330 to 343 Ma.

The plutons are late - to post - tectonic within a probable oblique convergence tectonic setting in an early thickened crust, which changed later to a transitional setting of uplift and extensional post orogenic collapse.

Resumen: *TRES UNIDADES GRANÍTICAS MAYORES FUERON RECONOCIDAS EN LA SIERRA DE VELASCO, que forman parte de la Zona Batolítica Central de las Sierras Pampeanas: los batolitos Aimogasta, Bazán y Patquia.*

El batolito Aimogasta de edad Carbónica inferior, comprende los plutones San Blas, Asha, Sanagasta, Huaco y La Costa, junto a otros cuerpos menores.

El agrupamiento de estos plutones en el batolito Aimogasta fue determinado en base a las relaciones geológicas de intrusividad con granitoides deformados de edad Ordovícica y cuyos contactos son a menudo fajas de protomilonitas a milonitas.

Los plutones Huaco, Sanagasta y San Blas corresponden a granitos porfiroides, fuertemente diferenciados y con moderada a débil peraluminosidad; los dos primeros están relacionados con pegmatitas portadoras de elementos raros y el San Blas es un granito fértil, con greisenizaciones locales portadoras de estaño.

El plutón Asha es un granito porfiroide poco diferenciado, entre tipo-I y débilmente peraluminoso.

El plutón La Costa es un granito inequigranular, diferenciado, con alteración tardía consistente en albitización y muscovitización del microclino, cloritización y muscovitización de biotita y presencia de abundante turmalina. Muestra una peraluminosidad alta anómala, a consecuencia de dicha alteración.

Las edades absolutas asignan al Carbónico inferior a los granitos San Blas, Asha, Huaco y Sanagasta. El granito La Costa no ha sido datado recientemente, pero existen mediciones K/Ar sobre micas que dan entre 330 a 343 Ma.

Los plutones son tardíos- a post-tectónicos, emplazados a altos niveles en la corteza y responderían a un ambiente geotectónico relacionado a una probable convergencia oblicua con engrosamiento cortical, con cambios a un ambiente transicional de levantamiento y colapso extensional post-orogénico.

¹ CONICET, INSUGEO

² Fac. Cs. Nat. e I.M.L.

E-mail: ajtoselli@yahoo.com.ar

Key words: Late- to Post-orogenic granites, Carboniferous, Sierra de Velasco. Geochemistry.

Palabras Clave: Granitos Tardío- a Post-orogénicos, Carbonífero, Sierra de Velasco, Geoquímica.

Introducción

La Sierra de Velasco, ubicada en las Sierras Pampeanas Noroccidentales de la provincia de La Rioja, está integrada por tres batolitos denominados Bazán, Patquía y Aimogasta (Rossi y Toselli 2005; Toselli et al. 2005), los dos primeros son de edad ordovícica, mientras que Aimogasta es de edad carbonífera. Estos a su vez agrupan numerosos plutones con distintas características en cuanto a sus composiciones y relaciones axiales, condicionado por la secuencia intrusiva, desde pre- y sin-tectónicos a tardíos y post-tectónicos y con diferentes niveles de emplazamiento. (Fig.1)

En el norte de la Sierra de Velasco, se destacan claramente tanto en las fotografías aéreas y satelitales, así como en el terreno, granitoides con formas redondeadas en planta, que sugieren su carácter intrusivo en un ambiente con escasos esfuerzos deformantes. Estos plutones están intruídos en granitoides más antiguos, de edad ordovícica, deformados tectónicamente, y varias fajas miloníticas, subparalelas de rumbo NO-SE cortan a algunos granitoides y son interrumpidas por otros más modernos, indicando claramente diferentes edades de intrusión con relación a las zonas de deformación. Esto nos ha permitido sugerir la existencia de un batolito de edad carbonífera, integrado por los plutones Asha, San Blas, de la Costa, Huaco y Sanagasta, junto a otros intrusivos menores aún no bien definidos (Fig.1).

El objeto del trabajo es presentar agrupados a los granitos de edad carbonífera de la Sierra de Velasco, los que a pesar de dataciones previas K-Ar (Mc Bride et al. 1976) que daban esas edades, las mismas no se habían tenido en cuenta hasta hace muy poco tiempo, habiéndose sugerido en cambio, que todos los granitos del Velasco eran de edad Ordovícica (Rapela et al. 1999, 2001, Pankhurst et al. 2000). Es nuestro propósito interpretar la mecánica de emplazamiento y posterior evolución de dichos granitos, su posible relación con otros granitos carbónicos del noroeste argentino así como la petrogénesis magmática, características geoquímicas y las relaciones temporales con las fajas de deformación, y tratar de establecer las relaciones entre los eventos de deformación y el ascenso de los plutones post-orogénicos, o si el emplazamiento no ha tenido ninguna relación con la deformación previa, utilizando para ello las relaciones de campo, así como los datos geoquímicos y geocronológicos disponibles.

Antecedentes de la Sierra de Velasco

Los afloramientos graníticos de la Sierra de Velasco, son conocidos desde los trabajos pioneros de Bodenbender (1911, 1916), donde se traza el primer esquema geológico con la distribución de las rocas en la sierra, constituida por macizos graníticos centrales intruídos en granitos gnéissicos, continuando con los trabajos de González Bonorino (1950) que interpretó al Velasco como un granito apotectónico intruído en migmatitas, y Turner (1971) que reconoce distintas litologías, con interpretaciones acordes a la época en la cual fueron realizadas. El trabajo de Caminos (1979) sistematizó las Sierras Pampeanas y realizó un encuadre regional de la Sierra de Velasco ubicándola en las Sierras Pampeanas Noroccidentales. Más tarde, los trabajos de Moya y Salfity (1982) enmarcan al magmatismo de la Sierra de Velasco dentro de su fase Oclóyica, pero los granitoides carboníferos aquí descriptos corresponderían a la fase Chánica de esos autores. Actualmente, nosotros los consideramos incluídos en el Ciclo magmático Famatiniano.

Las primeras dataciones realizadas en los granitos San Blas, Huaco y Sanagasta (McBride 1972), McBride et al. (1976), Rapela et al. (1982), en su mayoría K/Ar y Rb/Sr, señalan claramente edades carboníferas para todos ellos. Cabe destacar que estas edades obtenidas en los años 1970-1980 por los métodos citados, las consideramos válidas, ya que ellas se efectuaron en granitos no deformados y con muy poca alteración y las diferencias con las edades obtenidas por los métodos más recientes o convencionales son mínimas.

Por otra parte, trabajos recientes como los de Aceñolaza et al. (2000), Toselli et al. (2000), Rossi et al. (2000), Toselli et al. (2004); así como los trabajos específicos sobre la región realizados por Rossi y Toselli (2005), Toselli et al. (2006), muestran por las relaciones geológicas las edades relativas diferentes entre los granitoides deformados y no deformados. Asimismo, las contribuciones de Grosse y Sardi (2004) y Alasino et al. (2005, 2006), describen plutones específicos de los granitos de Velasco.

Las dataciones más recientes en los granitos del norte de la Sierra de Velasco fueron realizados por Báez y Basei (2004), Dahlquist et al. (2006) y Grosse (com.pers.), quienes obtienen edades carboníferas para los granitos San Blas, Asha, y Huaco-Sanagasta, mientras que para el Ortogneis Antinaco y Punta Negra se obtienen edades ordovícicas (Báez, com. personal).

Geología y Petrografía de los granitos

En este sector de la Sierra de Velasco se considerará al Batolito Aimogasta (Fig.1) integrado por los plutones San Blas, Asha, de la Costa, Huaco y Sanagasta, de los cuales se describen sus principales características (Cuadro 1). Las únicas rocas ígneas que precedieron a estos granitos corresponden a granitos porfíricos gnéissicos de ortogneis Antinaco y los pórfiros tonalíticos de Punta Negra, en el extremo norte de la sierra.

Granito Asha, constituye el flanco oriental del extremo norte de la sierra de Velasco (Fig. 1). En dirección norte-sur se extiende por aproximadamente 40 km; en el flanco oriental se encuentra en contacto neto con el Granito de la Costa (Alasino et al. 2006). Es un granito esencialmente porfírico, presenta contacto neto con milonitas que lo separan del granito San Blas al noroeste. En el extremo norte intruye en el pórfiro tonalítico Punta Negra (Saravia 1997, Rossi et al., 1997). En la zona de contacto y paralelamente a ella, el plutón Asha desarrolla una notable estructura planar de los fenocristales de feldespatos potásico. Este granito es a su vez intruído por el plutón San Blas. La mineralogía está representada por fenocristales de microclino, en una matriz de grano medio a grueso compuesta por microclino, cuarzo, plagioclasa, biotita y menores proporciones de muscovita, circón, apatita y magnetita > ilmenita, la susceptibilidad magnética da $SI = 6 \times 10^{-3}$ en valores medios. Dataciones realizadas por Mc Bride et al. (1976) determinaron por K/Ar sobre biotita una edad de 330 ± 10 Ma, y Báez et al. (2004) obtuvieron por U/Pb sobre monacitas 344 ± 1 Ma.

Plutón de la Costa, fue estudiado recientemente por Alasino et al. (2006). En nuestra interpretación, en base a sus características texturales, mineralógicas y geoquímicas, está constituido, por una serie de unidades relativamente pequeñas e independientes.

Nosotros extendemos este plutón por el flanco oriental de la sierra de Velasco formando una estrecha faja estimada en 40 Km de largo, desde aproximadamente Finca Asha, pasando por Santa Vera Cruz, Anjullón, Anillaco hasta Aminga. La muy baja susceptibilidad magnética, $SI < 0,10$ a $0,14 \times 10^{-3}$ diferencia muy bien en el campo este granito del plutón Asha.

El granito de Santa Vera Cruz y Anjullón tiene textura inequigranular de grano medio a grueso (4 a 5 mm). Está compuesto por microclino con incipiente hasta avanzado grado de reemplazo por

plagioclasa sódica y moscovita, la plagioclasa varía desde albita a oligoclasa ácida, la biotita es escasa y muy a menudo está cloritizada. La moscovita es abundante y secundaria, con frecuentes reemplazos sobre microclino y biotita. Alasino et al., (2006) presentan análisis de biotitas y moscovitas de estos granitos con inusualmente altos contenidos en F (3,94 a 0,83%, en biotitas y de 1,26 – 0,47 % en moscovitas). La turmalina es muy común y tardía, rellenando espacios y como vetas en la roca. La aparente diferenciación magmática en este granito, interpretada por estos autores, no se sostiene por que no hay buenas correlaciones (coeficiente de correlación > 0.75, ya sea positivos o negativos) entre K_2O y Rb, entre Rb y Sr o entre Rb y Ba. Hay buena correlación en cambio, entre Rb y Na_2O . El alto índice de saturación en alúmina ISA ~ 1,30 se debe a la sobreabundancia de moscovita secundaria. La evolución de este granito apunta a un estado de greisenización incipiente.

El leucogranito Anillaco tiene textura inequigranular de grano fino a medio, (entre 0,5 y 1mm) y es de aspecto aplítico, composición monzogranítica, con moscovita > biotita y granate accesorio.

Los granitos Aguas Blancas, Aminga y Pinchas no están aún bien definidos pero son los únicos con dataciones K/Ar sobre micas que varían entre 328 a 330 Ma (biotitas) y 333 a 343 Ma sobre moscovitas (Mc Bride et al., 1976), por lo cual se los asigna al Carbonífero.

BATOLITO PLUTONES LITOLOGÍA	AIMOGASTA San Blas, Huaco, Sanagasta, Asha, La Costa Granitos porfíricos a equigranulares. Pórfiros graníticos.
MINERALES DIAGNOSTICOS ORIGEN	Biotita > moscovita; moscovita > biotita, fluorita, berilo, apatita, zircón, monacita Cortical
REL. ISA PROMEDIO	San Blas: 1,11 Huaco: 1,11 Sanagasta: 1,03 Asha: 1,08 La Costa: 1,30 San Blas: 0,04-0,08
SUSCEPTIBILIDAD MAGNETICA *10⁻³SI	Huaco: 0,06 Sanagasta: 0,14 Asha: 6,0 La Costa: 0.08-0.10
EDADES "Ma"	San Blas: U-Pb en circones 334 +/- 5; U-P SHRIMP en circón: 340 +/-3. Huaco: 354 U-Pb en monacita, incierta Sanagasta: U-Pb en mon: 352,7 +/-1,4, concord. Asha: U-Pb en monacitas 344 +/-1 La Costa: No hay mediciones recientes.
PROFUNDIDAD DE EMPLAZAMIENTO	San Blas: < 10 km Huaco < 10 Km Sanagasta < 10 Km Asha: < 10 Km La Costa: < 10 km
RELACIONES AXIALES (ancho-largo)	San Blas: 1:1.2 Huaco: 1:1.5 Sanagasta: 1:1.1 Asha: 1:6 N-S La Costa: 1:6 N-S
AMBIENTE TECTONICO	Tardío- a post-tectónico – Colisión/transtensión
CARACTERÍSTICAS	Fenocristales de Feld. K, son comunes. Plutones epizonales Tardío- y post-tectónicos. Pegmatitas con berilo, Sn, W and As. Granitos orbiculares.
ELEMENTOS PARTICULARES	Rocas subvolcánicas, pórfiros y diques. Greisens con Sn y W Pórfiros graníticos con miarolas.

Tabla 1: Cuadro sintético de los caracteres del Batolito Aimagasta, mostrando las relaciones entre los tipos litológicos, orígenes sugeridos y ambiente tectónico.

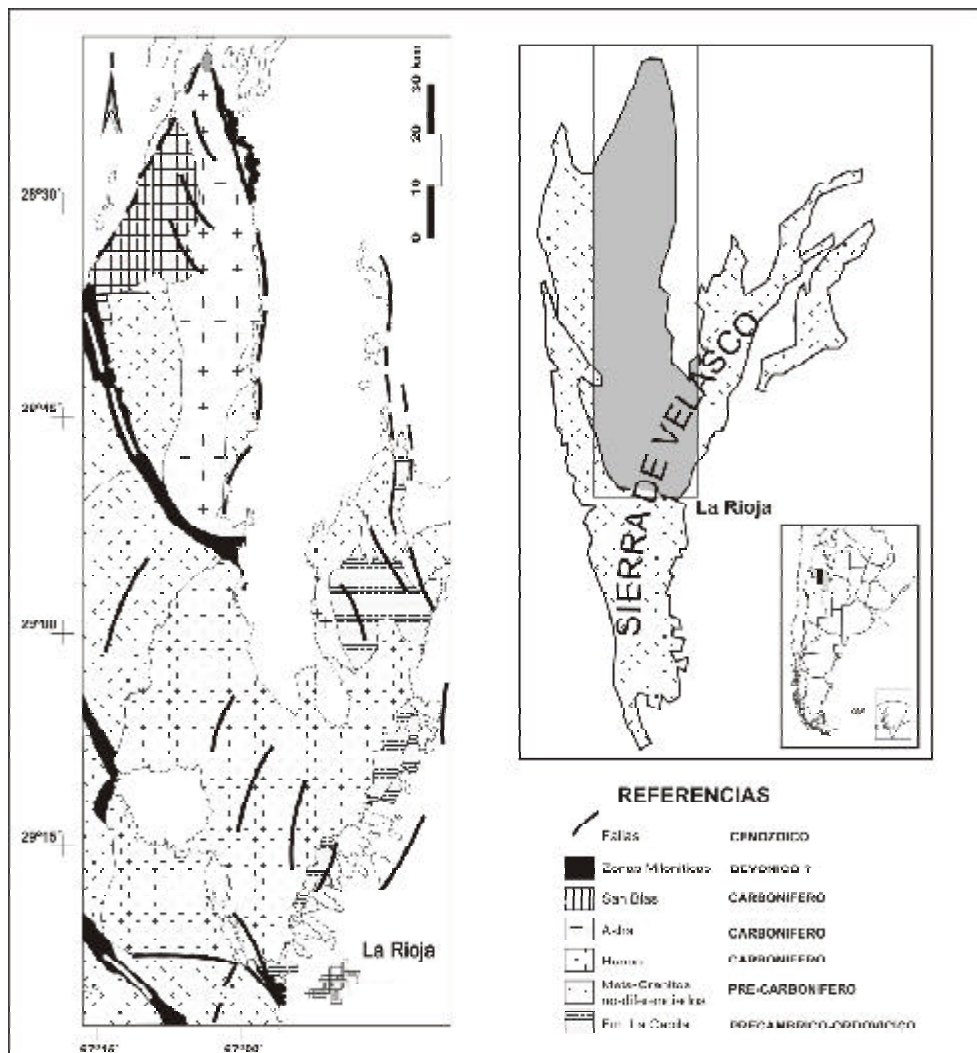


Fig. 1: Sierra de Velasco. Bosquejo Geológico del Batolito Aimogasta de edad carbonífera.

Plutón San Blas, constituye un notable afloramiento de forma semicircular, que se extiende por 30 kilómetros al sur de San Blas de Los Sauces, con un ancho aproximado de 10 kilómetros. Presenta contactos netos al este, a través de una marcada escarpa topográfica, con la zona milonítica que lo separa del Granito Asha. El contacto norte con el mismo granito no es muy neto y las diferencias entre ambos granitos son texturales y mineralógicas. Hay muy poca diferencia entre las edades de ambos granitos.

Hacia el sur-oeste, se pone en contacto con el Ortogneis Antinaco-N (Rossi et al., 1999, 2005), mientras que su flanco occidental es cubierto por sedimentos modernos, debido a una falla reciente de rumbo NNE, que corta al cuerpo. El techo plano es un claro indicio de su intrusión en un ambiente frágil y muy somero, con caracteres claramente post-tectónicos. Está formado por tres facies de granitoides, sin ningún tipo de deformación, que van desde pórfiros graníticos rosados a grises, pasando a granitos porfíricos rosados y a granitos equigranulares de granulometría mediana a gruesa.

Localmente presentan estructuras miarolíticas, de varios centímetros y diques sin-plutónicos, de grano fino y bordes poco definidos. En estas variedades se desarrollan fajas de greisen localizadas, portadoras de Sn (Segemar 1983, inédito). Están formados por cuarzo, microclino y plagioclasa con biotita > muscovita, apatita, circón y monacita.

La susceptibilidad magnética es muy baja, de $0,04$ a $0,08 \times 10^{-3}$ SI, denotando se trata de un granito carente de magnetita. Dataciones realizadas por Mc Bride (1972) sobre un greisen, por K/Ar sobre muscovita dio 328 ± 10 Ma, mientras que Báez et al. (2004) por U/Pb convencional sobre circones y monacitas de granitos, obtuvieron 334 ± 5 Ma. Por otra parte, Dahlquist et al. (2006) obtienen una edad U-Pb SHRIMP sobre circón de 340 ± 3 Ma.

Plutón Huaco, está constituido por granitos porfíricos a equigranulares de grano grueso, que constituyen los mayores afloramientos del centro-norte y este de la sierra. Presentan orientación preferencial de las micas y de los fenocristales de microclino, producidos por el flujo magmático laminar subhorizontal y carecen de deformación dúctil y/o cataclástica. Las fases porfíricas pueden alcanzar hasta un 40% de fenocristales, con tamaños de 8 a 10 cm. La composición es granítica con variaciones a granodioritas, con coloraciones grises a rosadas. La mineralogía está representada por cuarzo, microclino y plagioclasa, junto con biotita > muscovita, apatita y circón. El plutón tiene forma elipsoidal, con caracteres post-tectónicos y tiene la particularidad de desarrollar pegmatoides orbiculares localizados. Periféricamente al plutón, se desarrollan pegmatitas pequeñas portadoras de berilo, espodumena y fosfatos (Cravero, 2004, Sardi y Grosse 2005). La intrusión fue posterior a las fajas miloníticas regionales, que se fragmentaron y quedaron como bloques, dentro del granito. Las edades determinadas, pueden agruparse entre 336 y 350 Ma, tanto por K/Ar como por Rb/Sr (McBride, 1972; Mc Bride et al., 1976; Rapela et al., 1982; Linares y Quartino, 1978).

Recientemente, Grosse obtuvo una edad incierta U-Pb en monacita estimada en 354 ± 57 Ma (com.pers.). La falta de deformación y las bajas relaciones axiales, nos permiten considerar como muy factibles las edades carboníferas obtenidas.

Plutón Sanagasta (Grosse y Sardi, 2004) es de forma elipsoidal y presenta contactos gradacionales hacia el Plutón Huaco en la zona de Sanagasta. Está formado por monzo- y sieno-granitos porfíricos biotíticos, con texturas manteadas en algunos fenocristales de microclino, que generalmente están muy caolinizados y se implantan, en una matriz de grano medio a grueso constituida por cuarzo, plagioclasa, biotita, escasa muscovita, apatita, circón y opacos. Son comunes enclaves microgranulares máficos, félsicos y de milonitas. En la zona oriental intruye en esquistos micáceos de la Formación La Cébila, mientras hacia el sur lo hace con la faja milonítica El Telégrafo, orientada aproximadamente E-O. Este plutón contiene también pegmatitas pequeñas, portadoras de berilo, alojadas periféricamente al mismo (Cravero, 2004, Sardi y Grosse 2005).

Edades K/Ar determinadas por Mc Bride (1972) y Mc Bride et al. (1976) dan sobre biotita 332 y 360 Ma. Grosse obtuvo una edad U-Pb concordante en monacita de 353 ± 1 Ma (com.pers.)

Caracteres Geoquímicos

La interpretación de las características geoquímicas de los granitoides, se basa en 52 análisis de elementos mayores y trazas, que comprenden a los diferentes plutones que constituyen el batolito Aimogasta. Los análisis sobre roca total de elementos mayores menores y trazas, incluyendo tierras raras, fueron analizados en Actlabs (Canadá), usando una combinación de técnicas de fluorescencia de rayos-X (XRF), INAA, ICP e ICP-Ms (rutina WRA+trace 4Lithoresearch).

Los análisis de roca total se muestran en la Tabla 2 en la que se presentan los promedios de los plutones San Blas, Asha, La Costa, Huaco y Sanagasta.

El contenido en SiO₂ de los diferentes granitos oscila entre 67,96% y 73,21 %. Los plutones San Blas, Huaco y Sanagasta varían desde débiles a moderadamente peraluminosos. El granito Asha oscila desde metaluminoso a débilmente peraluminoso, mientras que el plutón de la Costa es fuertemente peraluminoso.

Los diagramas geoquímicos tanto de los elementos mayores como los trazas de los diferentes granitoides permiten estimar el ambiente tectónico de intrusión así como observar las características evolutivas que tienen lugar en los diferentes plutones.

	San Blas (18)	Asha (8)	La Costa (4)	Huaco (19)	Sanagasta (3)
SiO ₂	73,21	69,47	67,96	73,11	71,44
TiO ₂	0,28	0,57	0,29	0,22	0,36
Al ₂ O ₃	13,60	14,51	17,20	13,59	13,87
Fe ₂ O _{3t}	2,17	3,14	1,97	2,03	2,82
MnO	0,06	0,07	0,07	0,05	0,05
MgO	0,38	0,83	0,78	0,30	0,38
CaO	0,94	1,53	1,05	0,80	1,20
Na ₂ O	3,23	3,01	2,95	3,03	3,09
K ₂ O	4,87	5,19	5,99	5,34	5,69
P ₂ O ₅	0,19	0,34	0,64	0,24	0,21
PF	1,00	1,02	1,66	0,81	0,47
Total	99,94	99,67	100,54	99,51	99,59
ISA	1,11	1,08	1,30	1,11	1,03
Cr	26	25	7	41	84
Ni	2,1	1,8	5	4,9	14
Co	43,7	25,8	19	53	29,2
Sc	5,7	8,1	4	4,2	7
V	24	51	23	14	22
Cu	1,5	6,9	0	0	0
Sn	9,28	5,38	3,25	12	n.d.
Be	10,3	7,4	19,5	15,5	9,4
Rb	448	338	331	362	297
Ba	167	454	446,	184	352
Sr	49	128	108	50	88
Ga	23	24	24	28	42
Ta	10,4	4,4	3,8	11	9
Nb	35,5	20,3	16,6	31,2	35,7
Hf	5,5	6,4	3,2	5,5	n.d.
Zr	160	237	116	120	123
Y	53	32	33	30	35
Th	36,6	36,3	14,4	24	42,2
U	6,72	8,23	6,27	11,05	7,65
La	37,97	59,43	28,30	27,97	52,50
Ce	84,54	131,26	63,68	61,22	105,45
Pr	9,76	14,91	7,36	7,36	14,33
Nd	36,91	55,16	29,8	30,49	63,40
Sm	8,30	10,53	6,88	6,98	13,46
Eu	0,65	1,33	1,18	0,63	1,29
Gd	7,32	8,04	6,63	6,15	11,33
Tb	1,45	1,12	1,18	1,01	1,57
Dy	8,87	5,78	6,51	6,07	8,95
Ho	1,77	1,04	1,09	1,03	1,44
Er	5,46	2,96	2,86	2,89	3,82
Tm	0,90	0,43	0,39	0,40	0,39
Yb	5,74	2,61	2,31	2,54	2,99
Lu	0,82	0,38	0,32	0,31	0,30

Tabla 2: Análisis químico promedio de elementos mayores como óxidos % ; Fe₂O_{3t}: óxido férrico total y trazas en ppm de los plutones del Batolito Aimogasta. PF: pérdida por fusión; n.d.: no determinado; 0: no detectado; ISA: Índice de saturación en alúmina.

La proyección de K_2O contra SiO_2 (Gill, 1981) (Fig. 2) revela que todos los granitos son altos en potasio, pero en el diagrama AFM (Fig. 3) algunos granitos como San Blas y Huaco muestran caracteres calcoalcalinos y tendencias evolutivas hacia el extremo A. El granito Asha no tiene miembros evolucionados y por otra parte, el granito de La Costa presenta muchas muestras que se proyectan en el extremo A. Esto se explica no por una evolución natural, sino por la moscovitización avanzada que presentan muchos de estos granitos.

En el diagrama de aluminosidad de Maniar y Piccoli (1989), todos los plutones, excepto el de La Costa, se proyectan en el campo de los granitos débil a moderadamente peraluminosos, mientras que éste último es en general fuertemente peraluminoso (Fig. 4).

En el diagrama R1-R2 de de la Roche y Leterrier (1973, modificado para discriminación tectónica por Batchelor y Bowden (1985), todos los granitoides se proyectan en los campos, tardío-orogénico, sin-colisión y post-orogénico y lo hacen en los valores de R1 entre 2000 y 3000. Estos valores se encuentran en el rango de variación que postulan Dawei et al. (1996) de 2300-2600 para los granitos post-orogénicos y que se diferencian de los granitos anorogénicos, que tienen un rango de variación para R1 entre 500 y 2600 (Fig. 5).

La evolución de los granitoides en el diagrama A-B [$A = Al-(K+Na+2Ca)$ y $B = Fe+Mg+Ti$] (Villaseca et al. 1998), indican peraluminosidad variable para los diferentes granitoides (Fig. 6), con tendencia general desde el campo moderadamente peraluminoso, pasando a débilmente peraluminoso y terminando en el campo félsico. Esta tendencia está bien marcada para el granito San Blas (Fig. 6a); los granitos Huaco-Sanagasta son de por sí evolucionados y se concentran en el campo félsico (Fig. 6b). El plutón Asha se encuentra entre los campos de los granitos tipo-I y débilmente peraluminosos (Fig. 6c), mientras que el plutón La Costa muestra una tendencia anómala desde granitos félsicos con alta peraluminosidad, hacia el campo de granitos altamente peraluminosos.

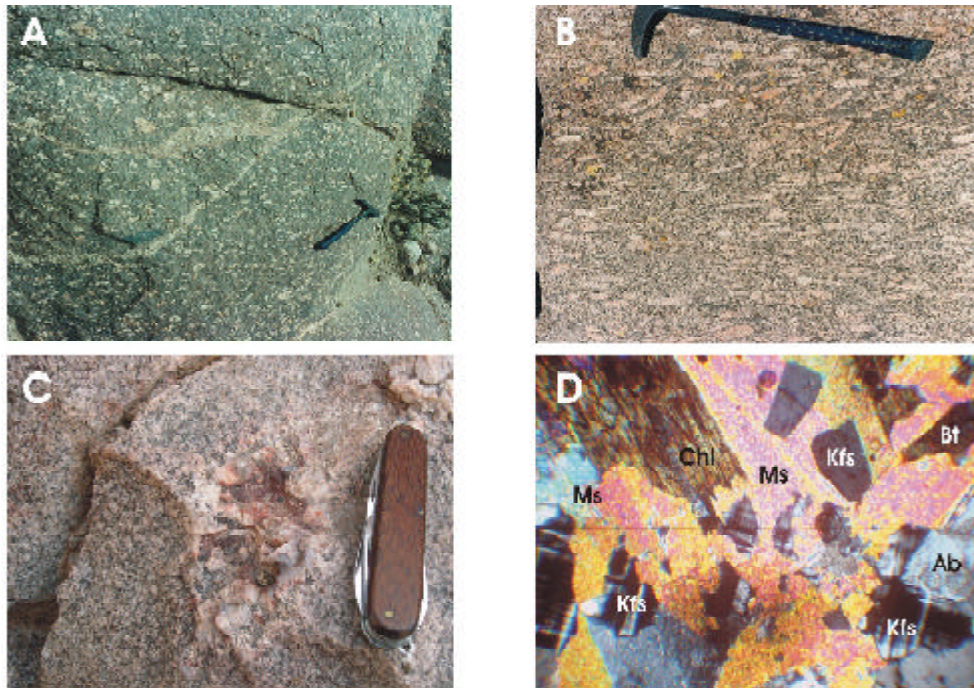


Fig. 2: A: Plutón San Blas: pórfido granítico; B: Plutón Huaco: Alineación magmática de los fenocristales de microclino; C: Estructura miarolítica en el Granito San Blas; D: Fotomicrografía del plutón La Costa: muscovitización del microclino y biotita. Bt: biotita; Ms: muscovita; Chl: clorita; Ab: albita; Kfs: microclino. Campo visual 5,3 mm.

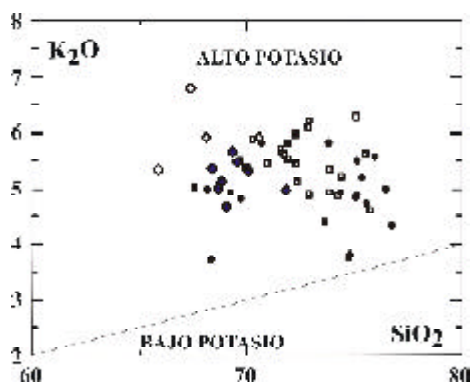


Fig. 3: Diagrama de Gill (1981) Todos los granitos se proyectan en el campo de alto K. Símbolos: círculos llenos: San Blas; rombos llenos: Asha; cuadrados vacíos: Huaco; cuadrados llenos: Sanagasta; rombos vacíos: La Costa.

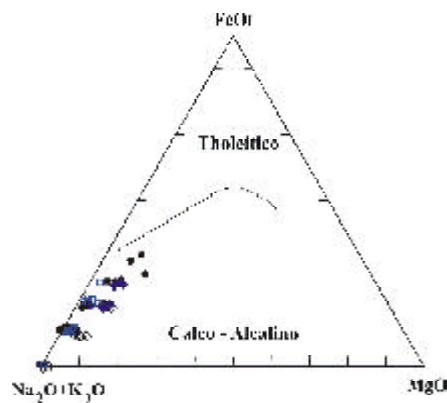


Fig. 4: Diagrama AFM (Irvine y Baragar 1971). Todos los granitos se proyectan en el campo calco-alcalino alto en álcalis. Símbolos como en Fig. 3.

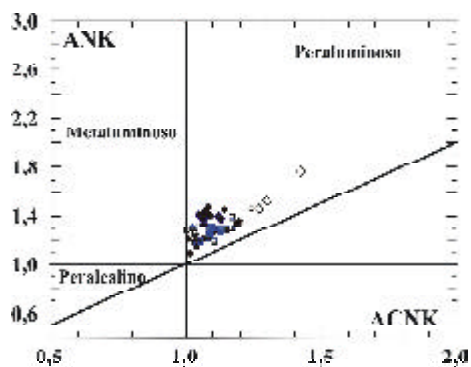


Fig. 5: Diagrama de peraluminosidad (Maniar y Piccoli 1989). Los granitos se encuentran en el campo débil a moderadamente peraluminoso, excepto La Costa que es fuertemente peraluminoso. Símbolos como en Fig.3.

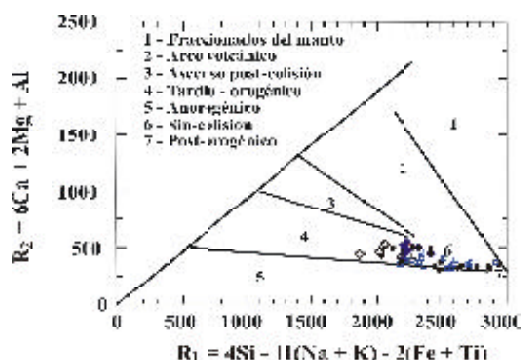


Fig. 6: Diagrama multicatiónico de Batchelor y Bowden (1985). Todos los granitos se proyectan en los campos tardío orogénicos, orogénicos y post-orogénicos. Símbolos como en Fig. 3.

Los elementos trazas Rb, Ba y Sr, permite caracterizar las tendencias evolutivas de los diferentes granitos. En el diagrama triangular Rb-Ba-Sr (Fig. 7) de El Bouseily y El Sakkary (1975), se observa que los granitos San Blas, Huaco y Sanagasta evolucionan desde granitos normales a fuertemente diferenciados; el Granito Asha, en cambio, permanece dentro de los granitos “normales”, mientras que la mayoría de las muestras del granito La Costa se proyecta en el extremo superior del diagrama.

Una de las preocupaciones actuales de la petrogénesis es distinguir si los granitos evolucionados, tienen filiación post-orogénica (PG) o anorogénica (AG). Whalen et al. (1987) fueron los primeros en notar que la relación $Ga/Al \times 10^4$ es un discriminador efectivo para los granitoides de tipo-A, especialmente para valores de $SiO_2 < 65\%$ (Eby, 1990), en que la relación $FeOt/MgO$ vs. SiO_2 , de los granitoides tipo-A, es más alta que para los granitoides tipos I-S. Mientras que para valores de $SiO_2 > 70-74\%$, en los granitos tipo-A, la concentración de álcalis, se sobrepone con los granitoides tipo I-S, al igual que con el CaO, por lo que el método pierde precisión.

Los diagramas $Ga/Al \cdot 10^4$ vs. Ce, Nb, Y y Zr de Dawei et al. (1996), permiten diferenciar el campo de los granitos de tipos I - S de los post-orogénicos (PG) y de los anorogénicos (AG) (Fig. 8 A, B, C, D, respectivamente). Los granitos tipo-AG tienen relaciones $Ga/Al \cdot 10^4$ de 4 a 9; mientras que los tipo-PG, tienen relaciones $Ga/Al \cdot 10^4$ de 2 a 4.

Los valores postulados para los granitos tipo-PG, se ajustan con los plutones de San Blas, Huaco y Sanagasta, que presentan proyecciones entre los campos I - S y PG; en cambio para los granitoides Asha y La Costa se concentran casi exclusivamente en los campos I - S.

Asimismo, otro diagrama propuesto por Dawei et al. (1996) utiliza los valores R1 de Batchelor y Bowden (1985) versus $Ga/Al \cdot 10^4$. En él todos los granitos del batolito Aimogasta se proyectan en el campo de los post-orogénicos (Fig.9)

Los granitoides post-orogénicos muestran, al igual que muchos complejos graníticos anorogénicos, separación de fases fluidas (pegmatitas, cavidades miarolíticas, granófiros, brechas de desgasificación, venas mineralizadas, etc.) cuyo mejor ejemplo lo constituye el plutón San Blas.

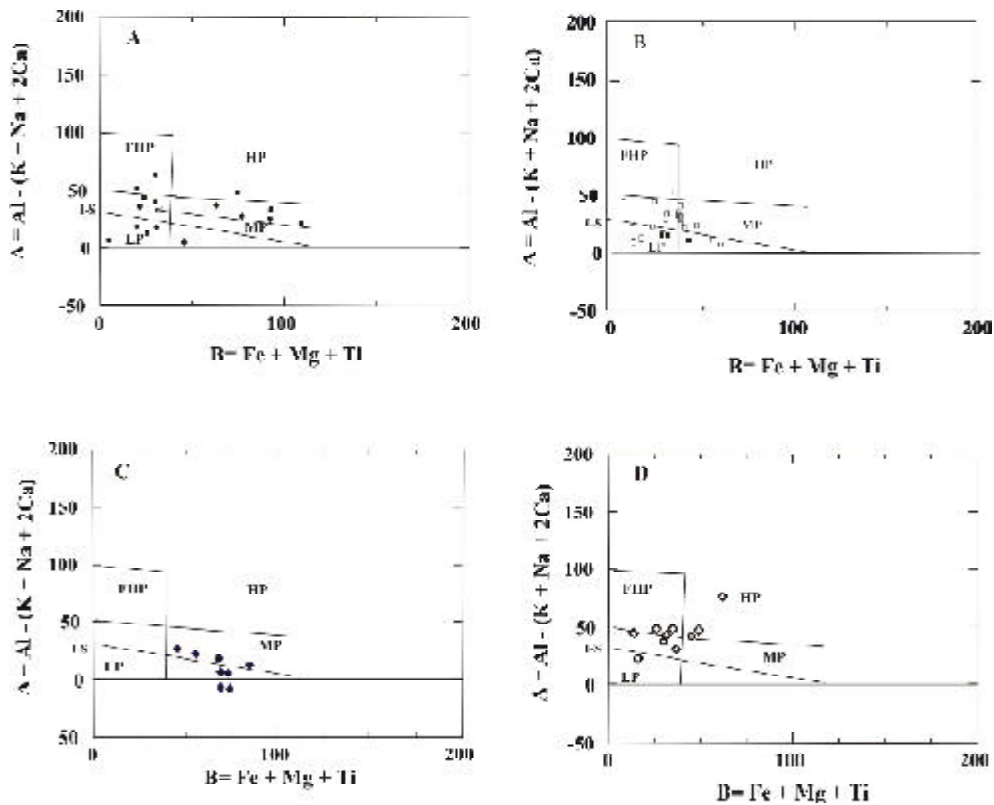


Fig.7: Diagrama A - B (Villaseca et al. 1998) discriminado. A: San Blas muestra una tendencia evolutiva desde granitos moderadamente peraluminosos a granitos félsicos diferenciados; B: los granitos Huaco y Sanagasta se proyectan casi totalmente en el campo de los granitos félsicos diferenciados. C: El granito Asha se encuentra entre los campos de los granitos tipo-I y los débilmente peraluminosos. D: El granito La Costa se encuentra en el campo de los granitos félsicos altamente peraluminosos, pasando a granitos fuertemente peraluminosos. FHP: granitos félsicos fuertemente peraluminosos; HP: granitos fuertemente peraluminosos; MP: granitos moderadamente peraluminosos. LP: granitos débilmente peraluminosos. I - S: límite entre granitos tipos I y S.

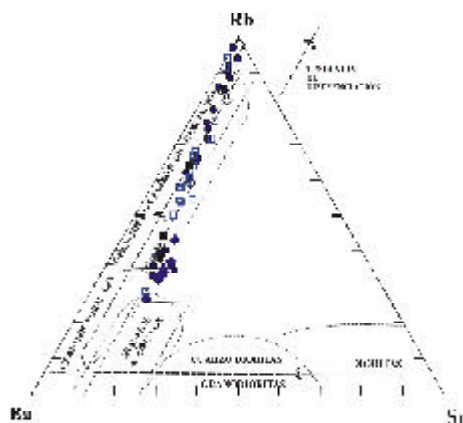


Fig. 8: Diagrama Rb - Ba -Sr (El Bouseily y El Socary 1975). Los granitos San Blas y Huaco - Sanagasta evolucionan desde "granitos normales" a "granitos fuertemente diferenciados". El granito Asha se concentra en "granitos normales", mientras que el plutón La Costa se encuentra entre "granitos normales" y "granitos fuertemente diferenciados". Símbolos como en Fig. 3.

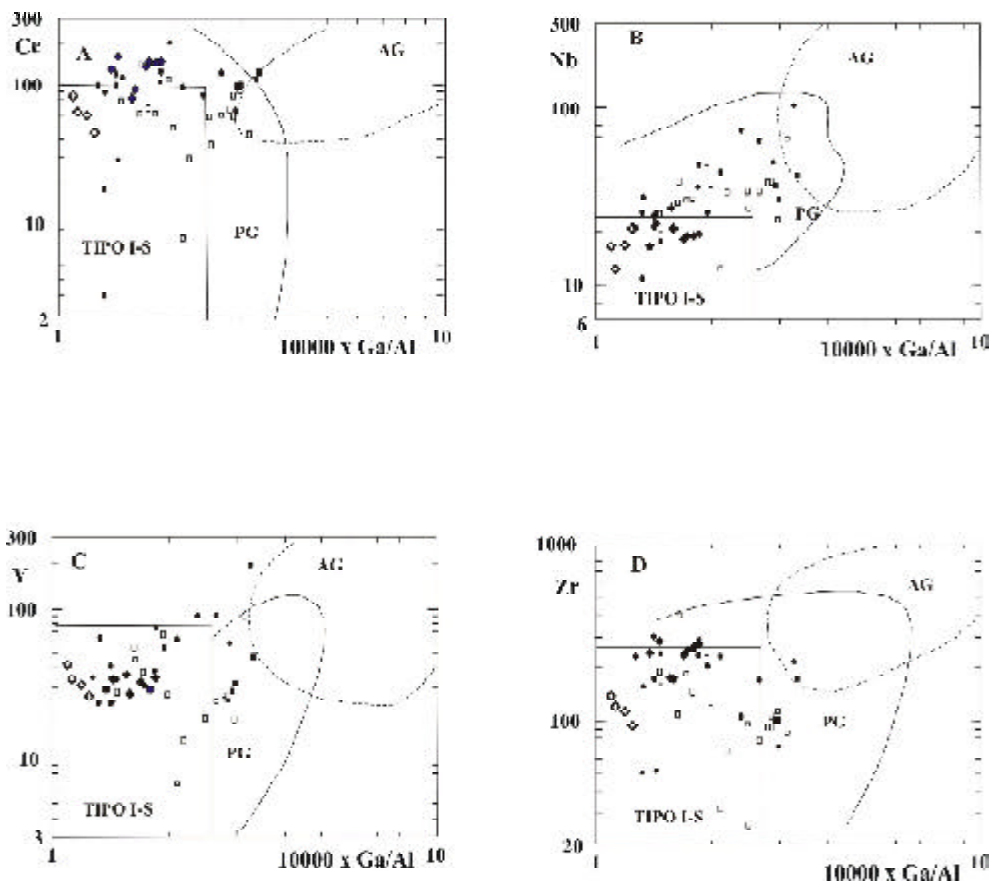


Fig. 9: Diagramas de Dawei et al. (1996) para discriminar granitos I - S, Post-orogénicos (PG) y Anorogénicos (AG). Ninguno de los granitos se proyecta en el campo anorogénico. Símbolos como en Fig. 3.

Con respecto a la abundancia de Tierras Raras totales, el promedio para los granitos post-orogénicos es 210 ppm para San Blas; 155 ppm para Huaco y 281 ppm para Sanagasta. Los diagramas de Tierras Raras promedio (Fig. 10) normalizadas a corteza continental (Taylor y McLennan, 1985), presentan en general marcada anomalía negativa de Eu, con un patrón general bastante plano de las Tierras Raras Livianas y Pesadas, para el plutón San Blas. Pero los plutones Huaco y Sanagasta muestran enriquecimiento en Tierras Raras Livianas con moderado empobrecimiento de las Tierras Raras Pesadas.

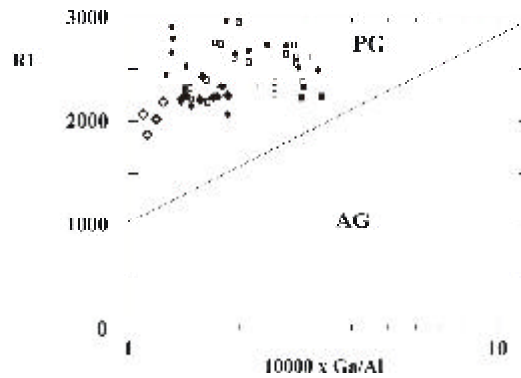


Fig. 10: Diagrama de discriminación de granitos post-orogénicos y anorogénicos en base $R_1 = 6Ca + 2Mg + Al$ versus $Ga/Al \times 10000$, según Dawei et al. (1996). Todos los granitos se proyectan en el campo PG (post-orogénicos).

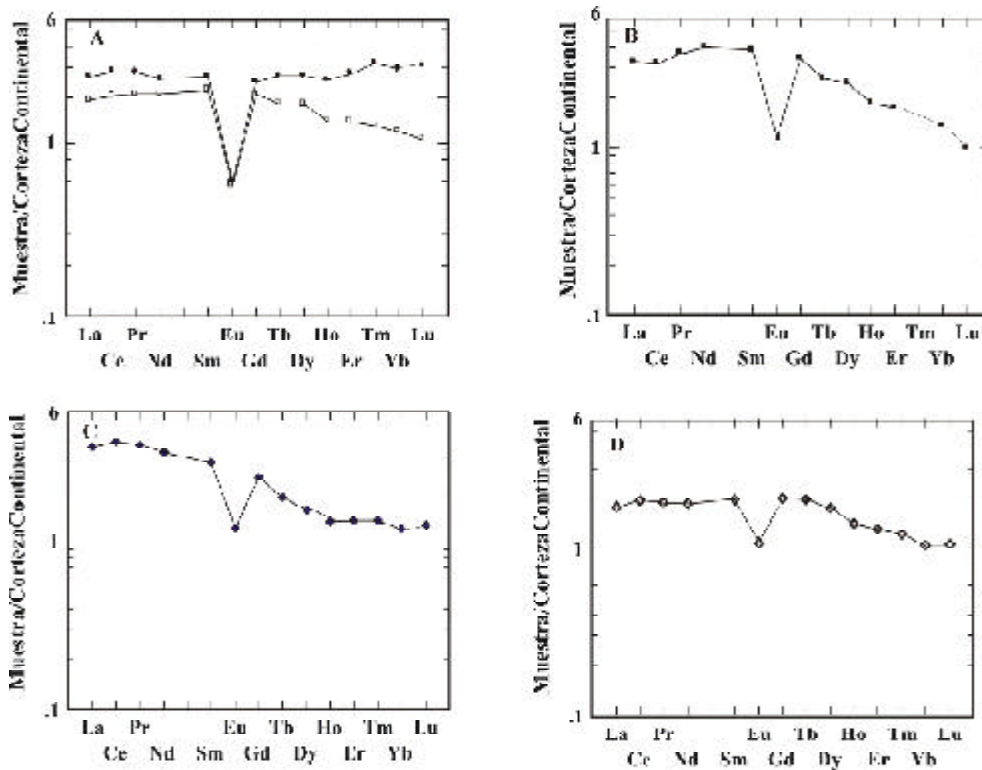


Fig. 11: Diagramas de Tierras Raras normalizados a corteza continental (Taylor y McLennan 1985). Valores promedio. A: plutones San Blas y Huaco; B: plutón Sanagasta; C: Plutón Asha; D: plutón La Costa.

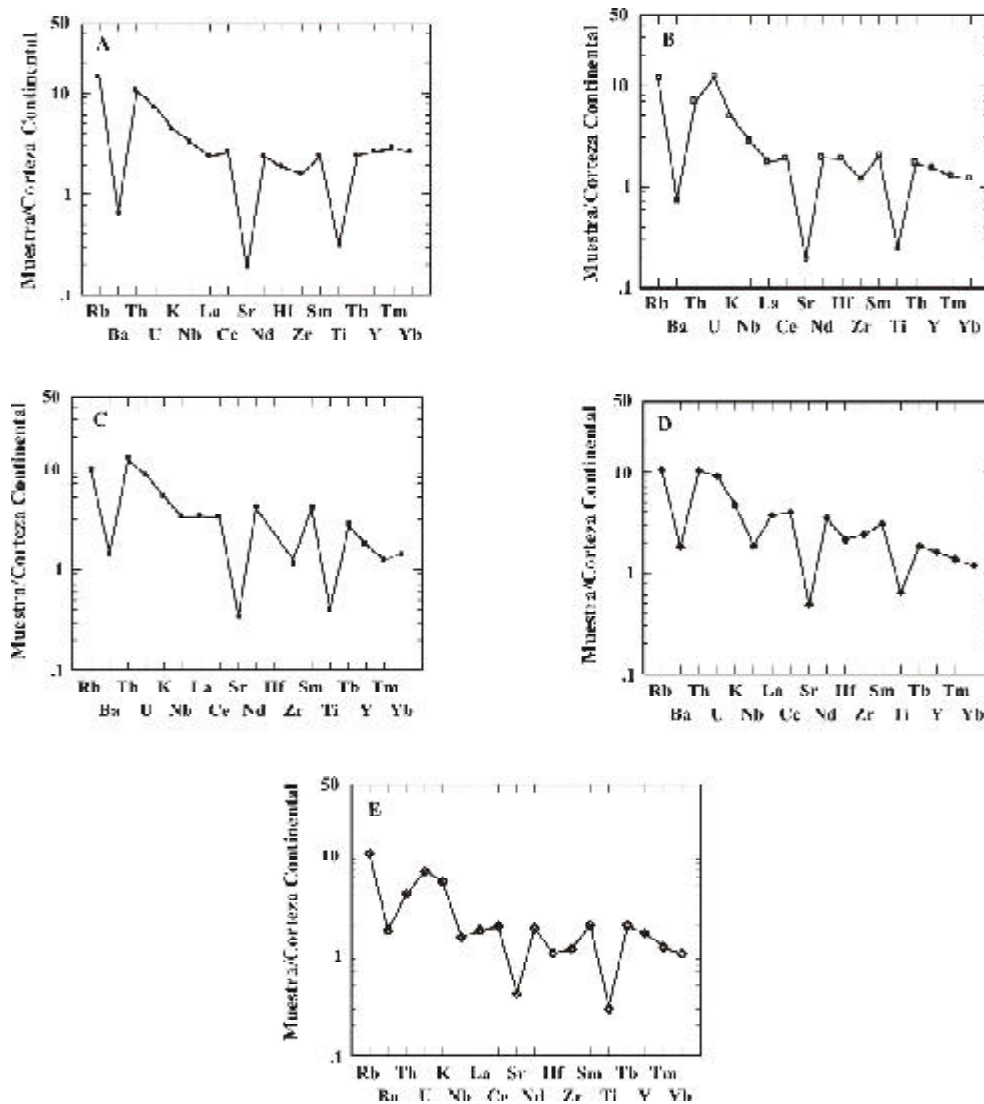


Fig. 12: Diagramas de multielementos normalizados a corteza continental (Taylor y McLennan 1985). Valores promedio. A: plutón San Blas; B: plutón Huaco; C: plutón Sanagasta; D: plutón Asha; E: plutón La Costa.

El granito Asha contiene en promedio 295 ppm, y el de la Costa 158 ppm en Tierras Raras totales. La moderada anomalía negativa de Europio, al igual que la moderada pendiente negativa de Tierras Raras pesadas, para ambos granitos sugiere su menor fraccionamiento de feldespatos en la fuente.

Los diagramas multielementos, normalizados a Corteza Continental de Taylor y McLennan (1985), se presentan en la Fig. 11. Los plutones San Blas, Huaco y Sanagasta muestran marcadas anomalías negativas de Ba, Sr y Ti, ninguna anomalía de Nb y enriquecimiento general en los valores de Rb, Th, U y K (fig.10 A, B, C, respectivamente), que es característica de muchos granitos post-orogénicos.

Los plutones Asha y La Costa muestran moderadas anomalías negativas Ba, Sr y Ti, marcada anomalía negativa de Nb y moderado enriquecimiento en Rb, Th, U y K, características generales de los granitos sin-orogénicos a tardío-orogénicos.

Consideraciones Geológicas y Discusión

El problema del emplazamiento de los granitos del batolito Aimogasta no es de fácil solución ya que la mayoría de ellos, carece de roca de caja metamórfica y de aureolas de contacto. La exhumación en el Carbonífero medio o superior ya había generado un área positiva para todos los granitos del Velasco y erosionado la mayor parte de la roca encajante metamórfica, quedando sólo los contactos con los ortogneises ordovícicos deformados.

Las geometrías particulares de los granitos San Blas, Huaco y Sanagasta, (redondeados a elipsoidales) que pueden asemejarse en parte al batolito C° Aspero (Pinotti et al. 2002) puede indicar su generación en ambientes tensionales (o no compresivos).

La activación de una zona de transcurrancia sinistral con dos componentes con dirección SE-NO podría haber facilitado el espacio para el emplazamiento (López, 2005). Dicha activación habría ocurrido después de la colisión arco-continente (Famatina-Sierra de Fiambalá) que culminó en el Devónico inferior (402 Ma) en correlación con las edades de las milonitas de la Sierras de Copacabana y Fiambalá en la Faja milonítica Tipa (Höckenreiner et al., 2003), Miller y Söllner (2005). Cabe destacar que el granito Los Ratones de edad carbonífera y otros más pequeños en la Sierra de Fiambalá se encuentran limitados entre esas fajas de cizalla cortándolas. Análogamente, sucede con los granitos de nuestro estudio, aunque la edad de las fajas de cizalla y la de su reactivación no se conoce aún.

Aunque la mayoría de las suites Tipo-A, tienen composiciones metaluminosas a peralcalinas, también han sido reconocidas ocurrencias peraluminosas, pero los datos geoquímicos y geológicos considerados arriba apoyan preferentemente que estos granitos constituyen una suite post-orogénica.

Los plutones Asha y La Costa muestran caracteres tardío-orogénicos, con poca deformación tectónica y elongación del cuerpo en dirección N-S. Mientras que los plutones San Blas, Huaco y Sanagasta, que como hemos visto, tienen formas redondeadas en planta, sus niveles de emplazamiento son someros y carecen de deformación tectónica, pueden ser interpretados como post-orogénicos con caracteres tipo-S, basándonos en criterios geoquímicos y mineralógicos; así como en la ausencia de rocas más básicas, como tonalitas o cuarzo-dioritas y la alta relación inicial de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,7109$ (Rapela et al. 1982).

La formación de granitos peraluminosos, puede estar relacionada a engrosamiento cortical en relación con una colisión o a un período de extensión que sigue a la colisión.

El plutón Asha (344 Ma) con caracteres tardío- a post-cinemáticos es de emplazamiento somero. Se trata de un granito débilmente peraluminoso, con biotita y que es intruido por el granito porfírico biotítico y pórfiros del plutón San Blas (334 Ma) que carece de deformación y presenta evidencias de emplazamiento muy somero. Presenta importantes diques sin-plutónicos, texturas miarolíticas y diques póstumos de pórfiros riolíticos.

Los granitoides de los plutones Huaco y Sanagasta (336-350 Ma), carecen de deformación y muestran notables estructuras de flujo magmático subhorizontal. La fábrica porfírica es definida por el desarrollo de microclino pertítico, que en muchas localidades constituye acumulaciones, con expulsión de la matriz. La biotita y escasa moscovita, son los accesorios comunes y están acompañados por un importante séquito de pegmatitas y granitos orbiculares.

Los granitoides de San Blas, Huaco y Sanagasta, no muestran caracteres mineralógicos y geoquímicos, que se relacionen a un ambiente de rift y de granitos tipo-A. Una característica muy utilizada para establecer si un granito es post-orogénico o anorogénico es el carácter alcalino de los

granitos tipo-A, aunque no es excluyente. Este carácter nunca ha sido identificado en los granitoides estudiados, aunque en los diagramas de Batchelor y Bowden (1985), Whalen et al. (1987) y Dawei et al. (1996), tenemos que algunos valores se proyectan en los campos correspondientes a los granitoides de Tipo-A. Se trata en todos los casos de granitos biotíticos a leucogranitos, que suelen contener fluorita y frecuente turmalina, con bajo contenido en agua. En particular la relación Ga/Al tiene valores entre 1,80 y 2,50, que es más baja que los granitos tipo-A típicos y que según Whalen et al. (1987) es $> 3,75$.

Tenemos por otra parte una notable homogeneidad composicional, que permite sostener la hipótesis de una génesis común para los granitoides San Blas, Huaco y Sanagasta y que parecen responder a la cristalización fraccionada en un arco magmático continental intermedio, con relaciones iniciales de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,7109$ para Huaco (Rapela et al. 1982), y que se corresponde con los granitos tipo-S de Pitcher (1983). Estos granitoides pueden generarse por colisión continental o por cinturones de cizalla dúctil intracratónicos, en niveles altos de la corteza, en rocas de baja relación P/T y generalmente desarrollan texturas porfíricas y greisen con Sn y W. También podrían estar relacionados espacial y temporalmente a un colapso extensional tardío-orogénico de la corteza superior (Kusky 1993).

Dawei et al. (1996) fundamentan la separación de los granitos alcalinos en anorogénicos y post-orogénicos, con referencias específicas a granitos de China. Ellos consideran que los granitos post-orogénicos (tipo-PG) se forman inmediatamente después de la subducción y colisión de placas; mientras que los granitos anorogénicos (tipo-AG) son independientes de la subducción y colisión, ya que tienden a asociarse a fenómenos de rifting y corresponden a series alcalinas. La mayoría de los granitos en consideración tienen valores en $\text{SiO}_2 > 71$ y $< 77\%$, por lo que de pertenecer al tipo-A, se sobrepondrían con los granitos tipos I o S evolucionados. Según Eby (1990) la caracterización de los granitos Tipo-A es clara para valores de $\text{SiO}_2 < 65\%$ y según Pitcher (1983) los granitos tipo-A tienen valores de $\text{SiO}_2 > 77\%$, ambos campos quedan fuera del espectro composicional de nuestros granitos.

Conclusiones

El batolito Aimogasta ha sido construido por flujos intrusivos tardío- y post-orogénicos, emplazados episódicamente entre 350 y 330 Ma.

Los granitoides San Blas, Huaco, Sanagasta y Asha, tienen caracteres calco-alcalinos evolucionados, con contenidos promedio de alúmina ($\text{ISA} = 1,03-1,1$), que indican débil peraluminosidad. Mientras que el plutón La Costa el valor promedio $\text{ISA} = 1,3$, sin bien indica alta aluminosidad, ésta corresponde a los procesos de muscovitización y greisenización, junto a la importante introducción de F y B.

La interpretación de los datos geoquímicos de elementos mayores, trazas, Tierras Raras y diagramas multi-elementos, señalan que los granitos son de filiación tardío- a pos-tectónica.

La génesis granítica habría tenido lugar en un ambiente transicional de levantamiento y colapso extensional post-orogénico, con fusión anatética por descompresión en la corteza y por probable aporte de calor desde el manto y radiactivo cortical, o por ascenso de material básico. Mientras que la mecánica de emplazamiento de los granitoides se interpreta por activación de una faja de transcurrancia sinistral con dirección SE-NO.

Los granitos carboníferos de la sierra de Velasco muestran una semejanza de emplazamiento con los análogos de la sierra de Fiambalá y pueden estar correlacionados con ellos genéticamente.

Agradecimientos: Este trabajo fue posible gracias a la financiación por el "Proyecto G-321" de la Universidad Nacional de Tucumán. Se agradece las valiosas sugerencias y comentarios realizados por dos evaluadores anónimos.

Referencias

- Aceñolaza, F.G., Miller, H., y Toselli, A.J. 2000. Geología de la Sierra de Velasco, provincia de La Rioja, Argentina. *17. Geowissenschaftliches Lateinamerika-Kolloquium. Profil, Band 18*. Extended Abstracts en CD-ROM. Stuttgart.
- Alasino, P.H., Dahlquist, J.A., Galindo, C., Baldo, E.G., Casquet, C. 2005. Granitoides peraluminosos con andalucita y cordierita magmática en la Sierra de Velasco: implicancias para el orógeno famatiniano. En: Geología de la provincia de La Rioja Precámbrico-Paleozoico inferior. *Asociación Geológica Argentina. Serie D. Publicación Especial N° 8*: 109-122. Buenos Aires.
- Alasino, P.H., Dahlquist, J.A., Galindo, C. y Casquet, C., 2006. Plutón La Costa, una expresión de magmatismo tipo-S en el sector noreste de la Sierra de Velasco, Sierras Pampeanas. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 61(2): 161-170.
- Báez, M., Basei, M.A., Toselli, A.J., Rossi, J.N., 2004. Geocronología de granitos de la Sierra de Velasco (Argentina): Reinterpretación de la secuencia magmática. Simposio "Cuarenta Años de Geocronología no Brasil". Boletim de Resumos, pág. 85. Sao Paulo.
- Báez, M., y Basei, M.A. 2004. El plutón San Blas, magmatismo posdeformacional Carbonífero en la Sierra de Velasco. En: F.G. Aceñolaza, G.F. Aceñolaza, M. Hünicken, J.N. Rossi, y A.J. Toselli Eds. Simposio Bodenbender. Serie Correlación Geológica N° 19:239-246.
- Batchelor, R.A. and Bowden, P., 1985. Petrogenetic interpretation of granitoid rocks series using multicationic parameters. *Chemical Geology*, 48: 43-55.
- Bodenbender, G. 1911. Constitución Geológica de la Parte Meridional de la provincia de La Rioja y regiones limítrofes. República Argentina. Boletín Academia Nacional de Ciencias. T. XIX (Entrega 1): 1-221. Córdoba.
- Bodenbender, G., 1916. El Nevado de Famatina. Boletín Academia Nacional de Ciencias. T. XXI: 100-182. Córdoba.
- Caminos, R. 1979. Sierras Pampeanas Noroccidentales, Salta, Tucumán, Catamarca, La Rioja y San Juan. In: Segundo Simposio de Geología Regional Argentina. Vol. I:225-291. Academia Nacional de Ciencias de Córdoba.
- Cravero, O. 2004. Las pegmatitas zonadas de la Sierra de Velasco, La Rioja. En: F.G. Aceñolaza, G.F. Aceñolaza, M. Hünicken, J.N. Rossi y A.J. Toselli (Eds.) Simposio Bodenbender. Serie Correlación Geológica 19: 33-144.
- Dahlquist, J.A., Pankhurst, R.J., Rapela, C.W., Casquet, C., Fanning, C.M., Alasino, P., Báez, M. 2006. The San Blas plutón: An example of Carboniferous plutonism in the Sierras Pampeanas, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 20: 341-350.
- Dawei, H., Shiguang, W., Baofu, H., Manyuan, J. 1996. Post-orogenic alkaline granites from China and comparisons with anorogenic alkaline granites elsewhere. *Journal of Southeast Asian Earth Sciences* Vol.13 (1): 13-27.
- De La Roche, H., y Leterrier, J. 1973. Transposition du tétraèdre minéralogique de Yoder et Tilley dans un diagramme chimique de classification des roches basaltiques. *C.R. Acad. Sci., Paris. Série D*, 276: 3115-3118.
- Eby, G.N. 1990. The A-type granitoids: a review of their occurrence and chemical characteristics and speculations on their petrogenesis. *Lithos* 26: 115-134.
- El Bouseily, A.M., y El Sokkary, A.A. 1975. The relation between Rb, Ba and Sr in granitic rocks. *Chemical Geology* 16: 207-219.
- Gill, J. 1981. Orogenic andesites and plate tectonics. *Springer*, Berlin-Heidelberg-New York, p. 1-358.
- González Bonorino, F. 1950. Algunos problemas geológicos de las Sierras Pampeanas. *Revista Asociación Geológica Argentina*. Tomo V(3):81-110. Buenos Aires.
- Grosse, P., y Sardi, F., 2004. Geología de los Granitos Huaco y Sanagasta, Sierra de Velasco, La Rioja. En: F.G. Aceñolaza, G.F. Aceñolaza, M. Hünicken, J.N. Rossi y A.J. Toselli Eds. *Simposio Bodenbender. Serie de Correlación Geológica N° 19*:219-236.
- Höckenreiner, M., Söllner, F., y Miller, H. 2003. Dating de TIPA shear zone: an Early Devonian terrane boundary between the Famatinian and Pampean systems (NW Argentina). *Journal of South American Earth Sciences*, 16: 45-66.
- Irvine, T.N. and Baragar, W.R.A., 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian Journal of the Earth Sciences*, 8: 523-548.
- Kusky, T.M. 1993. Collapse of Archean orogens and the generation of late- to postkinematic granitoids. *Geology* 21: 925-928.
- Linares, E., y Quartino, B. 1978. Nuevas aportaciones a la génesis de las rocas orbiculares de La Rioja y el control recíproco de datos K-Ar e interpretación petrogénica. *Actas VII Congreso Geológico Argentino*, II: 585-593. Neuquén.
- López, J.P., 2005. Evidencias de dos eventos deformacionales en el flanco noroeste de la Sierra de Velasco. En: J.A. Dahlquist, E.G. Baldo y P.H. Alasino eds. Geología de la provincia de La Rioja. Precámbrico – Paleozoico Inferior. Asociación Geológica Argentina. Serie D. Publicación Especial n° 8: 149-154.
- Maniar, P.D. and Piccoli, P.M., 1989. Tectonic discrimination of granitoids. *Geological Society of America Bulletin*, 101:635-643.

- Mc Bride, S. 1972. A potassium-argon age investigation of igneous and metamorphic rocks from Catamarca and La Rioja provinces, Argentina. *PHD Thesis* Queen's University (inédito). Ontario.
- Mc Bride, S., Caelles, J.C., Clark, A., Farrar, E. 1976. Palaeozoic Radiometric age provinces in the Andean Basement, Latitudes 25°-30°S. *Earth and Planetary Science Letters*, 29: 373-383.
- Miller, H. and Söllner, F., 2005. The Famatina complex (NW Argentina): back docking of and island arc or terrane accretion? Early Palaeozoic geodynamics at the western Gondwana margin. In: A.P.M.Vaughan, P.T. Leat and R.J. Pankhurst Eds. Terrane Processes at the Margins of Gondwana. *Geological Society, London Special Publications*, 246: 241 – 256.
- Moya, C., y Salfity, J.A. 1982. Los Ciclos Magmáticos en el Noroeste Argentino. *Quinto Congreso Latinoamericano de Geología*, Actas III:523-536. Argentina.
- Pankhurst, R.J., Rapela, C.W. and Fanning, C.M., 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*, 91: 151-168.
- Pinotti, L.P., Coniglio, J.E., Esparza, A.M., D'Eramo, F.J. and Llambias, E.J., 2002. Nearly circular plutons emplaced at shallow crustal levels, Cerro Aspero batholith, Sierras Pampeanas de Córdoba, Argentina. *Journal of South America Earth Sciences*. 15: 251-265.
- Pitcher, W.S. 1983. Granite type and Tectonic Environment. In: Hsü, K. (Ed.) *Mountain Building Processes*. Academic Press, 19-40.
- Rapela, C.W., Heaman, L.H., and Mc Nutt, R.H. 1982. Rb-Sr Geochronology of Granitoid rocks from the Pampean Ranges, Argentina. *Journal of Geology*, 90 (5):574-582.
- Rapela, C.W., Pankhurst, R.J., Dahlquist, J. y Fanning, C.M., 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. *Second South American Symposium on Isotope Geology (II SSAGI)*. Carlos Paz, Argentina. Actas: 264-267.
- Rapela, C.W., Pankhurst, R.J., Baldo, E., Casquet, C., Galindo, C., Fanning, C.M. y Saavedra, J., 2001. Ordovician Metamorphism in the Sierras Pampeanas: New U-Pb SHRIMP ages in Central-East Valle Fertil and the Velasco Batholith. *Third South American Symposium on Isotope Geology (III SSAGI)*. Pucón, Chile. Artículo 616: 1 – 4. En CD-ROM.
- Rossi, J.N., Toselli, A.J., Durand, F.R., Saravia, J. y Sardi, F.G., 1997. Significado geotectónico de corneanas piroxénicas en granitos de las Sierras de Paimán, Velasco y Famatina. Provincia de La Rioja, Argentina. *Octavo Congreso Geológico Chileno*, Actas Volumen II pags, 1498-1501. Desde 13 al 17/10/1997. Antofagasta, Chile
- Rossi, J.N., Toselli, A.J. y López, J.P., 1999. Deformación y metamorfismo en el NW de la Sierra de Velasco, La Rioja, Argentina. *Zentralblatt für Geologie und Paläontologie*, Teil I, Heft 7/8: 839-850. Stuttgart, Alemania
- Rossi, J.N. and Toselli, A.J. 2005. Paleozoic Ages and Intrusivity of Granitoides in the Velasco Range, Argentina. *19th Colloquium on Latin American Geosciences. Terra Nostra*. Schriften der GeoUnion Alfred-Wegener-Stiftung 05/1:103-104. Potsdam.
- Rossi, J.N., Toselli, A.J., Báez, M.A., Sardi, F.G., 2000. Granitoides deformados y no deformados del Norte de la Sierra de Velasco, La Rioja, Argentina. *17. Geowissenschaftliches Lateinamerika-Kolloquium. Profi*, Band 18. Extended Abstracts en CD-ROM. Stuttgart.
- Rossi, J.N., Toselli, A.J., Báez, M. 2005. Evolución termobárica del ortogneis peraluminoso del noroeste de la Sierra de Velasco, La Rioja, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*. 60 (2): 278-289.
- Saravia, J.L. 1997. Geología y Petrología del extremo noroeste de la Sierra de Velasco, Sector Alpasinche, La Rioja, República Argentina. *Trabajo final de Seminario*. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán (inédito).
- Sardi, F.G. y Grosse P., 2005. Consideraciones sobre la clasificación del Distrito Velasco de la Provincia Pegmatítica Pampeana. Argentina. *16^o Congreso Geológico Argentino*, Tomo V: 239-242. La Plata.
- Taylor, S.R., y Mc Lennan, S.M. 1985. The continental crust: its composition and evolution. *Blackwell Scient. Publ.* Oxford, 312 p.
- Toselli, A.J., Rossi, J.N., Miller, H., Báez, M., Grosse, P., López, J.P., y Bellos, L. 2004. La Geología de la Sierra de Velasco. En: F.G. Aceñolaza, G.F. Aceñolaza, M. Hünicken, J.N. Rossi y A.J. Toselli Eds. *Simposio Bodenbender. Serie de Correlación Geológica* N° 19:209-218.
- Toselli, A.J., Rossi, J.N., Sardi, F., López, J., Báez, M. 2000. Caracterización petrográfica y geoquímica de granitoides de la Sierra de Velasco, Argentina: interpretación genética. *17. Geowissenschaftliches Lateinamerika-Kolloquium. Profi*, Band 18. Extended Abstracts en CD-ROM. Stuttgart.
- Toselli, A.J., Miller, H., Rossi, J.N., Aceñolaza, F.G. and Söllner, F. 2005. The Sierra de Velasco, NW Argentina, an example for polyphase magmatism at the margin of Gondwana. *19th Colloquium on Latin American Geosciences. Terra Nostra*. Schriften der GeoUnion Alfred-Wegener-Stiftung 05/1:125-126. Potsdam.
- Toselli, A.J., Rossi, J.N., Báez, M., Grosse, P. 2006. Granitos post-orogénicos carboníferos en Sierra de Velasco, Sierras Pampeanas, Argentina. *XI Congreso Geológico Chileno Actas* Vol. II: 561-564. Antofagasta.
- Turner, J.C. 1971. Descripción Geológica de la Hoja 15d, Famatina. *Boletín N° 126. Subsecretaría de Minería*. Dirección Nacional de Geología y Minería. Buenos Aires.

- Villaseca, C., Barbero L., Herreros, V. 1998. A re-examination of the typology of peraluminous granite types in intracontinental orogenic belts. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh: Earth Sci.* 89:113-119.
- Whalen, J.B., Currie, K.L., Chappell, B.W. 1987. A-types granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. *Contributions Mineralogy and Petrology.* 95: 407-419.

Recibido: 15 de abril de 2006

Aceptado: 10 de julio de 2006