

# PLUTÓN LA COSTA, UNA EXPRESIÓN DE MAGMATISMO TIPO-S EN EL SECTOR NORESTE DE LA SIERRA DE VELASCO, SIERRAS PAMPEANAS

Pablo H. ALASINO<sup>1</sup>, Juan A. DAHLQUIST<sup>1</sup>, Carmen GALINDO<sup>2</sup> y César CASQUET<sup>2</sup>

<sup>1</sup> CRILAR, Entre Ríos y Mendoza s/n°, C.P. 5031, Anillaco, La Rioja.

Email: palasino@crilar-conicet.com.ar. Email: jdahlquist@crilar-conicet.com.ar

<sup>2</sup> Departamento de Petrología y Geoquímica. Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense, Madrid, España.

Emails: cgalindo@geo.ucm.es, casquet@geo.ucm.es

## RESUMEN

Estudios combinados de petrología, química mineral y geoquímica de roca total revelan la presencia de dos unidades graníticas peraluminosas con minerales aluminosos magmáticos tales como granate y mica blanca y la presencia distintiva de turmalina. Las evidencias aquí presentadas indican que estas dos facies, Anillaco y Anjullón, junto a la unidad peraluminosa Santa Cruz estudiada en trabajos previos, constituyen una serie de rocas co-sanguíneas, emplazadas en niveles someros de la corteza y las cuales conforman una unidad ígnea mayor denominada aquí plutón La Costa, la cual aflora en el sector noreste de la sierra de Velasco. La asociación mineral, la química mineral y la geoquímica de roca total permiten definir al plutón La Costa como un clásico granitoide tipo-S, derivado de una roca fuente de composición esencialmente pelítica. Diferentes estudios demuestran que la generación de granitoides tipo-S requiere de un alto gradiente geotérmico, por lo cual el plutón La Costa indica que la corteza en esta región soportó un notable calentamiento durante la generación del magma. Sin embargo, la ausencia de datos geocronológicos impide definir el evento tectomagmático que produjo el magma primordial de este plutón.

Palabras claves: *granate, cordierita, andalucita, granitoides peraluminosos, Sierras Pampeanas.*

**ABSTRACT:** *La Costa pluton, an expression of S-type magmatism in the northeastern sector of the Sierra de Velasco, Sierras Pampeanas.* Combined petrology, mineral chemistry and whole-rock geochemistry studies reveal the presence of two peraluminous granitic units with magmatic aluminous minerals, such as garnet and white mica, and the distinctive presence of tourmaline. The evidence presented here indicates that these two facies, Anillaco and Anjullón, together with the peraluminous Santa Cruz unit studied in previous works, constitute co-sanguineous rocks, emplaced in shallow levels of the crust, conforming a greater igneous unit, named here as La Costa pluton, that outcrops in the northeast sector of the sierra de Velasco. The mineral assemblage, the mineral chemistry and the whole-rock geochemistry allow defining the La Costa pluton as classic S-type granitoids, derived of a source rock of dominant pelitic composition. Several studies demonstrate that a high geothermal gradient is required for the generation of S-types granitoids, thus the La Costa pluton indicates that the crust supported a remarkable heating in this region during the generation of the magma. However, the absence of geochronological data prevents identification of the tectomagmatic event that yielded the parental magma of this pluton.

Key words: *garnet, cordierite, andalusite, peraluminous granitoids, Sierras Pampeanas*

## INTRODUCCIÓN

La sierra de Velasco forma parte de la provincia morfoestructural de las Sierras Pampeanas, estas últimas ubicadas en el noroeste de Argentina (Fig. 1) y constituidas por un basamento cristalino conformado por rocas metamórficas y por diversas rocas ígneas de edad paleozoica, en proceso de elevación desde el Mioceno hasta la actualidad, por una tectónica compresional

desarrollada durante la orogénesis Andina (e.j., González Bonorino 1950, Jordan y Allmendinger 1986).

El presente trabajo, el cual corresponde a un estadio de avance de un estudio de mayor envergadura actualmente en curso tiene como objetivos: (i) informar acerca del hallazgo de rocas graníticas de composición peraluminosa; con mica blanca y granates de probable origen magmático, y rocas graníticas peraluminosas con abun-

dante plagioclasa (~ 44 %) y como mineral accesorio distintivo turmalina, las cuales afloran en el sector NE de la sierra de Velasco (Fig.1) y (ii) establecer comparaciones petrológicas, de química mineral y geoquímicas, entre las rocas graníticas caracterizadas en este trabajo y la unidad peraluminosa Santa Cruz con cordierita y andalucita magmática, la cual se halla al norte de las rocas reportadas en este trabajo (Fig. 1) y que ha sido descrita en diferentes trabajos

(Alasino *et al.* 2004a, b y 2005), a fin de definir si éstas constituyen diferentes facies de un único plutón.

### Antecedentes geológicos de la sierra de Velasco

Las primeras investigaciones publicadas de la sierra de Velasco corresponden a Bodenbender (1911), quien reconoce un amplio predominio de rocas graníticas, principalmente en su parte central, también describe a las milonitas aflorantes en el sector occidental de la sierra denominándolas “granitos gnéisicos” y a las rocas metamórficas de bajo grado en la región más oriental, actualmente conocidas como Formación La Cébila. Posteriormente se hallan trabajos de Stelzner (1923), Turner (1971) y Caminos (1979). En las últimas décadas las investigaciones se han intensificado notablemente resultando distintos trabajos, entre ellos: Rossi de Toselli *et al.* (1985, 2000, 2005) y Rossi y Toselli (2004); Toselli *et al.* (2000, 2005), Rapela *et al.* (1996, 2001), Aceñolaza *et al.* (2000), Pankhurst *et al.* (2000), Alasino (2002), Alasino *et al.* (2004a, b y 2005), Dahlquist y Alasino (2004), Báez *et al.* (2005), Bellos (2005), De los Hoyos *et al.* (2005) y Grosse y Sardi (2005).

### Metodología de estudio

El trabajo está basado en la cartografía geológica, control y muestreo intensivo de unidades litológicas en el sector nororiental de la sierra de Velasco, especialmente a través de las quebradas Santa Vera Cruz, Anjullón y Anillaco. La colección de muestras fue preparada para su estudio petrográfico mediante microscopía óptica de polarización

y a las más representativas se le efectuó conteos modales, toma de fotomicrografías y análisis de química mineral. Cuatro de estas muestras fueron seleccionadas para determinar química de roca total de elementos mayoritarios y minoritarios, usando ICP e ICP-MS respectivamente, los cuales fueron realizados en los laboratorios de Actlabs, Canadá.

Los análisis de química mineral de las principales fases minerales de las rocas halladas fueron tomados a partir de una microsonda de electrones JEOL-JXA-8900M en el Instituto de Microscopía Electrónica Luis Brú, Universidad Complutense de Madrid, España, utilizando un voltaje de aceleración de 15 kv y 20 nA de intensidad de corriente. El diámetro de haz utilizado fue de 5 micrones y el tiempo de medida, de 10 segundos (en el pico). La calibración se realizó con una combinación de metales puros, óxidos y minerales.

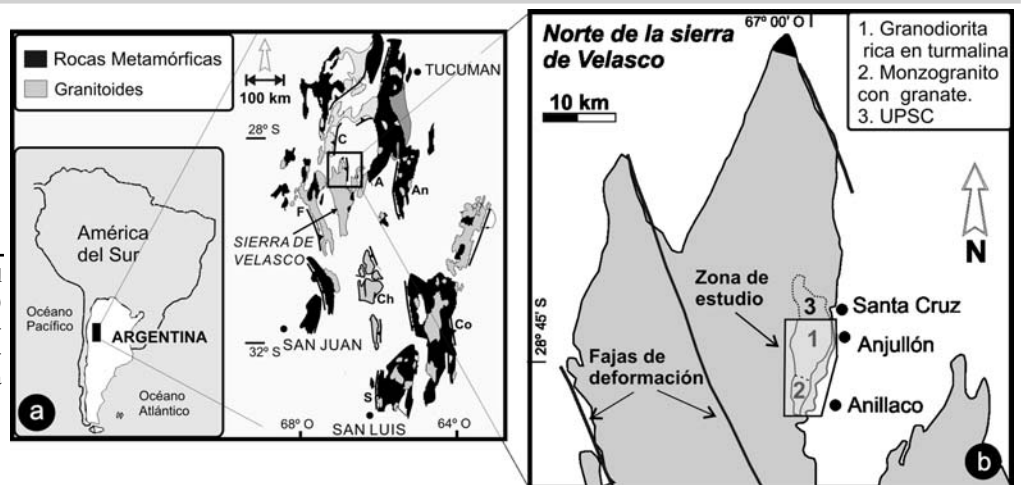
### GEOLOGÍA DEL AREA DE ESTUDIO

En campo se han reconocido dos variedades distintas de rocas graníticas, las cuales se hallan inmediatamente al sur de la unidad peraluminosa Santa Cruz (Alasino *et al.* 2005) (Fig 1).

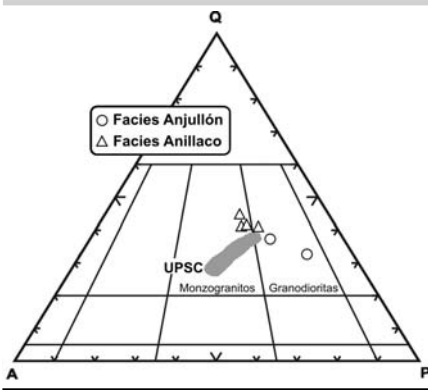
La primer variedad ígnea aflora a la latitud de las localidades de Anjullón (en adelante facies Anjullón) (Fig 1), es de color blanco a gris claro, leucocrática, de grano medio (~ 4 mm), con una textura equigranular dominante y sin foliación. Como característica distintiva de campo podemos mencionar la conspicua presencia de cristales tabulares de turmalina, de hasta 9 x 3 mm de dimensión y que pueden representar el 4 % modal en la roca. Cabe destacar la presencia de

granitoides diferenciados intruyendo a esta facies, de color rosado y escasa potencia (1-2 m). La otra variedad, denominada aquí como facies Anillaco y hallada al sur de la facies anterior, a la latitud de la localidad homónima (Fig 1), se reconoce como un granitoide de color blanco, leucocrático, grano medio a grueso de ( 3 mm), con textura equigranular, normalmente sin foliación magmática y como característica distintiva de campo la presencia turmalina y principalmente granate, este último dispuesto engrano medio a grueso ( $\geq 3$  mm), con textura equigranular, normalmente sin foliación magmática y como característica distintiva de campo la presencia turmalina y principalmente granate, este último dispuesto en grumos de forma generalmente circular a irregular, con dimensiones que alcanzan el centímetro de longitud. Se destaca en esta roca la presencia de nidos de biotitas, de forma mayormente rectangular y dimensiones máximas de 50 x 30 mm, como también, en algunas muestras, la presencia cristales de grano fino de biotitas orientadas y homogéneamente distribuidos en la roca. En ambas facies descritas no se han observado enclaves y/o pegmatitas.

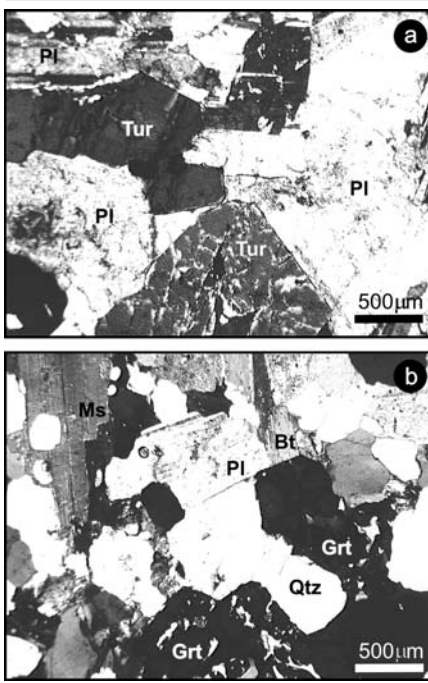
Las dos facies reconocidas en este trabajo, y al igual que la unidad peraluminosa Santa Cruz (Alasino *et al.* 2005), intruyen al Complejo Huaco, recientemente redefinido por Toselli *et al.* (2005), en esta región, como Granito Asha. Este granito, de composición principalmente monzogranítica, muestra características que lo diferencian de las rocas reportadas en este trabajo, como son una marcada textura porfírica dada por la presencia de fenocristales de feldespato alcalino, con dimensiones de hasta 7 a 8 cm de longitud, ausencia de minerales peraluminosos y turmalina y la presencia de enclaves microgranulares máficos. En la



**Figura 1:** (a) La sierra de Velasco en el contexto de las Sierras Pampeanas, (b) Norte de la sierra de Velasco y localización de las rocas reconocidas en este trabajo. UPSC = unidad peraluminosa Santa Cruz (Alasino *et al.* 2005).



**Figura 2:** Diagrama QAP (Streckeisen 1976) mostrando la composición de las rocas reconocidas en este trabajo. UPSC = unidad peraluminosa Santa Cruz (Alasino *et al.* 2005).



**Figura 3:** Microfotografías de las rocas reconocidas en el sector NE de la sierra de Velasco: (a) Facies Anjullón, nótese la distintiva presencia de plagioclasa (Pl) y turmalina (Tur); (b) Facies Anillaco, con presencia de granate (Grt) y mica blanca (Ms).

región de estudio el Granito Asha muestra una foliación magmática con rumbo entre 315° a 335°, similar a la definida en Alasino *et al.* (2005) para el misma unidad en la región norte (~315° / 65° E), aunque la diferencia con ésta es que en la primera buza tanto al este, como al oeste.

### PETROGRAFIA Y QUIMICA MINERAL DE LAS FACIES ANJULLÓN Y ANILLACO

**Facies Anjullón:** esta roca muestra una composi-

ción granodiorítica en el diagrama QAP (Fig. 2) y se halla constituida por la siguiente asociación mineral (abreviaciones según Kretz 1983): Plagioclasa ( $43,8 \pm 5,5\%$ , promedio modal a partir de dos muestras) que según su tamaño se define en tres variedades, Pla (en torno a  $3,2 \times 2,1$  mm) subhedral - euhedral, con maclas polisintéticas y zonación óptica progresiva; la Plb (en torno a  $1,5 \times 0,9$  mm) subhedral y con similar maclado y zonación que la anterior y la Plc (en torno a  $0,3 \times 0,2$  mm), común como inclusión. Las inclusiones presentes, principalmente en Pla, son Plc-Opq-Qtz. Las plagioclasas en general tienen composición llamativamente sódica (Ab98,4% - An1,1% - Or0,5%, Cuadro 1), quedando clasificadas como albitas. Es común ver las plagioclasas asociadas a micas blancas de origen secundario. El microclino (Or91,7%, Cuadro 2) con una proporción modal =  $12,6 \pm 2,7\%$ , se halla generalmente de grano medio (en torno a  $2,3 \times 1,7$  mm), subhedro-anhedro, con maclas en enrejado o textura perítica. El cuarzo es abundante (proporción modal =  $30,9 \pm 1,9\%$ ) se halla con grano medio (Qtza), en torno a  $2,8 \times 2,5$  mm, anhedro, fracturados, con extinción ondulosa y escasas inclusiones de Tur-Ms-Qtz y el Qtzb (en torno a  $0,7 \times 0,4$  mm) anhedro y sin inclusiones minerales, observándose a éste en la matriz o como inclusión. La biotita es escasa (proporción modal =  $1,9 \pm 1,1\%$ ) se muestra generalmente como cristal de grano fino (en torno a  $0,3 \times 0,2$  mm) subhedro, con escasas a nulas inclusiones minerales (Zrn). La biotitas comúnmente se encuentran reemplazadas por muscovita y/o clorita pseudomorfas, que enmascara su composición original (Cuadro 3). La mica blanca es rica en los componentes ferromagnesianos ( $FeO + MgO = 4,10\%$ , Cuadro 4), con una proporción modal =  $7,1 \pm 1,1\%$ ; exhibiendo dos variedades según el tamaño de grano, Msa, de grano medio (en torno a  $1,4 \times 0,6$  mm) subhedro-euhedral y Msb ( $0,3 \times 0,2$  mm), subhedral y de grano fino, esta última generalmente se halla como alteración en biotita o plagioclasa. Los minerales accesorios presentes son turmalina ( $3,1 \pm 0,8\%$ ), subhedra-euhedra, con pleocroísmo de verde claro a oscuro.

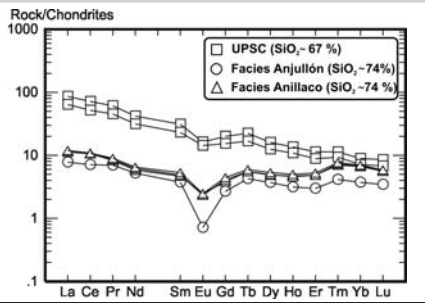
**Facies Anillaco:** esta facies tiene composición monzogranítica con transiciones al campo granodiorítico (Fig. 2). La asociación magmática mineral es: plagioclasa ( $31,7 \pm 2,6\%$ , promedio modal a partir de 4 muestras) muestra tres variedades, la Pla (en torno a  $3,5 \times 1,8$  mm) subhedral-euhedral, con maclas polisintéticas y zonación óptica progresiva o en parches. La

**CUADRO 1:** Composición representativa obtenida a partir de análisis de microsonda de electrones y fórmula estructural de la plagioclasa.

Facies ígnea	Anjullón	Anillaco
Muestras	Promedio (10)	Promedio (4)
Mineral	PI	PI
% peso		
SiO <sub>2</sub>	66,57 2,37	64,24 1,06
TiO <sub>2</sub>	0,01 0,01	bld
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20,63 0,67	21,94 0,58
FeO	0,02 0,02	0,01 0,01
MnO	0,02 0,02	bld
MgO	0,01 0,01	bld
CaO	0,23 0,18	2,74 0,70
Na <sub>2</sub> O	11,19 0,34	9,95 0,59
K <sub>2</sub> O	0,09 0,02	0,15 0,03
Total	98,78 2,40	99,05 1,02
Fórmula estructural calculada en base a 32 O		
Si	11,78 0,15	11,42 0,12
Al	4,30 0,19	4,59 0,13
Ti	0,00	0,00
Fe <sup>2+</sup>	0,00	0,00
Mn	0,00	0,00
Mg	0,00	0,00
Ca	0,04 0,03	0,52 0,13
Na	3,84 0,11	3,43 0,18
K	0,02 0,00	0,03 0,01
Ab	98,35 0,84	86,02 3,66
An	1,12 0,85	13,15 3,54
Or	0,53 0,13	0,83 0,15

Hierro total medido como FeO. Fórmula estructural calculada a partir de Richard (1995). Abreviación mineral tomada de Kretz (1983). Los números entre paréntesis indican el número de muestras. bld = bajo límite de detección.

Plb (en torno a  $1,3 \times 0,7$  mm) subhedral, maclado polisintético y zonación progresiva. Ambas variedades muestran inclusiones de Qtz-Opq, como también asociada a muscovita secundaria. La Plc (en torno a  $0,3 \times 0,2$  mm) de características similar a Plb, excepto que no presenta inclusiones minerales. Las plagioclasas en general está enriquecidas en Na (Ab86,0% - An1,1% - Or0,5%, Cuadro 1) y son clasificadas como oligoclasas sódicas. El microclino (Ab7,3% - An0,1% - Or92,6%, Cuadro 2), con una proporción modal =  $18,8 \pm 0,9\%$ , se presenta en tres variedades: Mca (en torno a  $3,2 \times 1,7$  mm) y Mcb (en torno a  $1,2 \times 0,8$  mm) subhedro-anhedro, con



**Figura 4:** Diagrama de tierras raras de las facies Anjullón y Anillaco. Diagrama normalizado a condritos según Nakamura (1974). UPSC = unidad peraluminosa Santa Cruz (Alasino *et al.* 2005).

maclas en enrejado o textura pértica e inclusiones, poco frecuentes, de Qtz-Pl. Ambos asociados a muscovita secundaria. La tercer variedad, el Mcc, es de grano fino, en torno a 0,3 x 0,2 mm, anhedro y sin inclusiones minerales. El cuarzo es abundante (36,5 ± 0,8 %) y se observa como Qtza (en torno a 2,0 x 1,1 mm), anhedro, con extinción ondulosa y escasas inclusiones (Pl-Ms) y Qtzb (en torno a 0,5 x 0,3 mm) similar que el anterior, aunque sin inclusiones minerales y comúnmente como inclusión. La biotita, escasa (proporción modal = 2,6 ± 0,6 %) (XFe = 0,80, Cuadro 3), es mayormente reemplazada por muscovita, muestra dos clases, Bta (en torno a 1,2 x 0,5 mm) y Btb (en torno a 0,4 x 0,2 mm), ambas subhedro, pleocroica e inclusiones de Zrn-Ap-Opq. La mica blanca está enriquecida en hierro y magnesio (FeO + MgO = 3,27 %, Cuadro 4), con una proporción modal = 7,6 ± 1,1 %, observándose dos variedades: Msa (en torno a 1,9 x 0,6 mm) subhedra-euhedra con inclusiones de Qtz-Zrn-Opq y Msb, de grano fino (en torno a 0,5 x 0,2 mm), subhedra, con escasas inclusiones minerales y generalmente como producto de alteración. El granate constituye esencialmente una solución sólida de almandino-espartina (Alm = 50,12 %; Grs = 0,95 %; Prp = 2,71 %; Sps = 45,89 %; Uva = 0,06 %, Cuadro 5), exhibiendo dos variedades, Grta (en torno a 4,5 x 3,5 mm) y Grtb (en torno a 1,8 x 1,1 mm); ambos con secciones irregulares, subhedrales-euhedrales (Fig. 3b) e inclusiones de Qtz-Bt-Ms. Este mineral representa un 2,4 ± 0,9 % de la roca. Los minerales accesorios, en su mayoría escasos (0,6 ± 0,4 %), son turmalina, circón, apatita y minerales opacos.

### GEOQUIMICA DE LAS FACIES ANJULLÓN Y ANILLACO

En este apartado se presentan las principales características geoquímicas basadas en elementos

**CUADRO 2:** Composición representativa obtenida a partir de análisis de microsonda de electrones y fórmula estructural del microclino.

Facies ígnea	Anjullón	Anillaco
Muestras	Promedio	Promedio
	(1)	(6)
Mineral	Mc	Pl
% peso		
SiO <sub>2</sub>	62,34	63,76 0,68
TiO <sub>2</sub>	bld	0,03 0,02
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20,13	18,93 0,14
FeO	0,05	0,04 0,01
MnO	0,03	0,02 0,02
MgO	0,01	0,02 0,01
CaO	0,01	0,03 0,01
Na <sub>2</sub> O	0,92	0,85 0,28
K <sub>2</sub> O	15,53	16,30 0,44
Total	99,04	99,96 0,79
<b>Fórmula estructural calculada en base a 32 O</b>		
Si	11,66	11,85 0,02
Al	4,43	4,41 0,03
Ti	0,00	0,00
Fe <sup>2+</sup>	0,01	0,01 0,00
Mn	0,01	0,00
Mg	0,00	0,00
Ca	0,00	0,01 0,00
Na	0,33	0,31 0,10
K	3,70	3,96 0,12
Ab	8,30	7,33 2,40
An	0,00	0,12 0,08
Or	91,70	92,55 2,40

Hierro total medido como FeO. Fórmula estructural calculada a partir de Richard (1995). Abreviación mineral tomadas de Kretz (1983). Los números entre paréntesis indican el número de muestras. bld = bajo límite de detección.

mayoritarios y minoritarios de las facies Anjullón y Anillaco.

**Facies Anjullón:** para esta facies, que por el momento solo cuenta con un análisis, se observa un alto contenido de SiO<sub>2</sub>, igual a 74,4 %, muy bajos tenores de CaO (0,4 %) y FeOt + MgO + TiO<sub>2</sub> = 1,2 % (FeOt calculado a partir del dato de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> mostrado en el Cuadro 6). La concentración de álcalis es igual a 7,9 % que es normal para rocas de composición monzogranítica. (Cuadro 6). El índice de saturación en aluminio es igual a 1,22, quedando definida como una roca peraluminosa, acordando con la nomenclatura de Chappell y White (1992). Los elementos minoritarios exhiben un alto valor de Rb y bajos de Sr y Ba, correspondiendo en una muy elevada rela-

**CUADRO 3:** Composición representativa obtenida a partir de análisis de microsonda de electrones y fórmula estructural de la biotita.

Facies ígnea	Anjullón	Anillaco
Muestras	Promedio	Promedio
	(5)	(5)
Mineral	Bt*	Bt
% peso		
SiO <sub>2</sub>	41,68 1,35	34,88 0,32
TiO <sub>2</sub>	1,56 0,61	1,54 0,09
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	23,86 0,64	21,66 0,42
FeO	12,18 0,86	21,11 0,54
MnO	1,11 0,12	1,23 0,07
MgO	1,08 0,22	2,91 0,10
CaO	0,01 0,01	0,14 0,21
Na <sub>2</sub> O	0,14 0,05	0,06 0,01
K <sub>2</sub> O	10,18 0,29	9,58 0,15
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,01 0,01	Bdl
F	3,94 0,70	0,83 0,11
Cl	bld	0,01 0,00
Total	95,77 1,16	93,95 0,50
O_F_Cl	1,66 0,29	0,35 0,05
CTotal	94,09 1,10	93,59 0,50
<b>Fórmula estructural calculada en base a 22 O y 2 OH</b>		
Si	5,94 0,13	5,24 0,03
AlIV	2,06 0,13	2,76 0,03
Sum-T	8,00	8,00
AlVI	1,95 0,10	1,08 0,06
Ti	0,17 0,07	0,17 0,01
Fe <sup>2+</sup>	1,45 0,11	2,65 0,06
Cr	0,00	0,00
Mn	0,13 0,02	0,16 (0,01)
Mg	0,23 (0,04)	0,65 (0,02)
Sum-B	3,93	4,71
Ca	0,00	0,02 (0,02)
Na	0,04 (0,01)	0,02 (0,00)
K	1,85 (0,06)	1,84 (0,03)
Sum-A	1,89	1,86
CF	3,55 (0,62)	0,79 (0,11)
CCl	0,00	0,00
Fe/(Fe+Mg)	0,86 (0,03)	0,80 (0,00)

Hierro total medido como FeO. Fórmula estructural calculada a partir de Richard (1995). Abreviación mineral tomadas de Kretz (1983). Los números entre paréntesis indican el número de muestras. bld = bajo límite de detección.

\* Biotitas muscovitizadas.

ción Rb/Sr igual a 52,2 y baja a intermedia relación Sr/Ba igual a 0,8, también muestran elevados tenores de Cs, Be y muy bajos de Zr (Cuadro 6). El patrón de tierra raras es plano, con un valor de [La/Yb]<sub>N</sub> = 2,1 e importante anomalía negativa

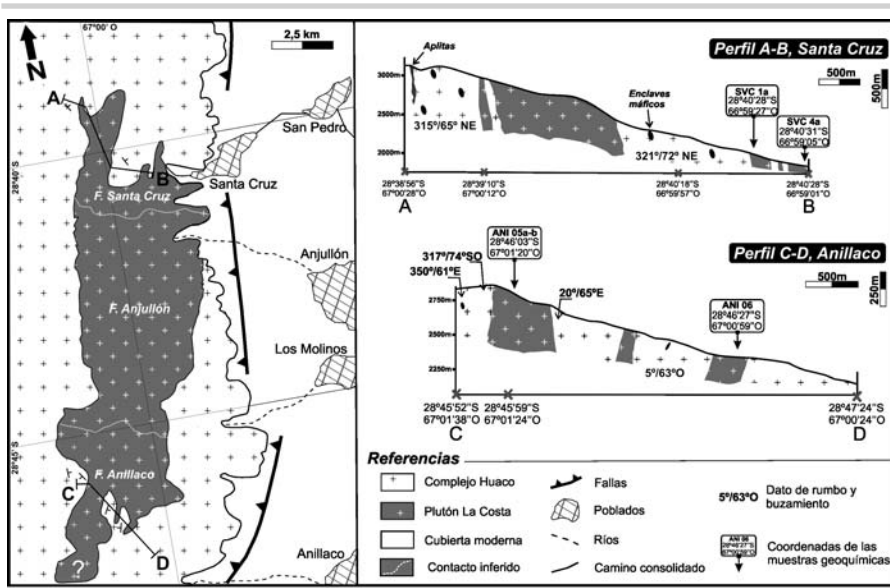


Figura 5: Mapa geológico preliminar del plutón La Costa, NE de la sierra de Velasco. El perfil A-B se halla modificado a partir de Alasino *et al.* (2005).

de Eu ( $Eu/Eu^* = 0,23$ ) (Fig. 4). El contenido total de tierras raras es muy bajo, 17,8 ppm.

**Facies Anillaco:** esta facies muestra contenidos de  $SiO_2$  (entre 73,9 a 74,6 %), CaO (0,5 %),  $FeO^t + MgO + TiO_2$  (1,14 a 1,28 %) y de álcalis (7,8 a 8,1 %) similares a los de la facies Anjullón (Cuadro 6). El índice de saturación de aluminio se halla comprendido entre 1,25 a 1,29, y puede ser definida como una roca peraluminosa, acordando con la nomenclatura de Chappell y White (1992). Para los elementos minoritarios se observa un menor contenido de Rb, pero mayor de Sr y Ba que la facies anterior, otorgando una alta relación Rb/Sr (entre 24,3 a 24,9) y baja de Sr/Ba (0,3). En comparación con la facies anterior exhibe moderados contenidos de Cs, Be y Zr (Cuadro 6). El patrón de tierra raras es plano con valores de  $[La/Yb]N = 1,4 - 1,8$  y moderada anomalía negativa de Eu ( $Eu/Eu^* = 0,51$  a 0,59) (Fig. 4). El contenido total de tierras raras es también bajo, aunque ligeramente mayor que la facies Anjullón, con valores entre 24,9 a 26,5 ppm.

DISCUSIÓN

Alasino (2002) describe por primera vez granitoides

con andalucita y cordierita magmáticas en la sierra de Velasco (sensu stricto, Fig. 1) y posteriormente Alasino *et al.* (2004a, 2004b, 2005), denominan colectivamente a estos granitoides como unidad peraluminosa Santa Cruz, definiéndola como un típico granitoide tipo-S acordando con la clasificación de White y Chappell (1977). La unidad peraluminosa Santa Cruz (Alasino *et al.* 2005) muestra una composición esencialmente monzogranítica, con una asociación mineral dada por Pl ( $31,6 \pm 0,6$  %, promedio modal a partir de cuatro muestras) - Kfs ( $27,1 \pm 1,0$  %) - Qtz ( $27,7 \pm 1,4$  %) - Bt ( $3,7 \pm 1,5$  %) - Ms ( $6,9 \pm 1,4$  %) - Crd ( $1,3 \pm 0,7$  %) como minerales esenciales y And - Ap - Zrn - Tur - Opq como accesorios ( $1,7 \pm 0,8$  %). La geoquímica de elementos mayoritarios y minoritarios es mostrada en el cuadro 6. Evidencias petrológicas, de química mineral y geoquímicas, soportan una relación genética entre la unidad peraluminosa Santa Cruz (de aquí en adelante facies Santa Cruz), y las facies Anjullón y Anillaco descritas en este trabajo.

Estas tres unidades, las cuales son halladas en el sector NE de la sierra de Velasco, definen una nueva unidad ígnea mayor, denominada en este trabajo como plutón La Costa, donde las unidades antes mencionadas constituirían diferentes facies de este plutón (Fig. 5).

El plutón La Costa, intruye al Complejo Huaco (o al Granito Asha acordando con Toselli *et al.*

2005), posee una forma fusiforme, algo irregular, con orientación noreste y una extensión areal que supera los 45 Km<sup>2</sup>, hallándose de norte a sur las facies Santa Cruz, Anjullón y Anillaco (Fig. 5). Cabe destacar que por el momento, debido a la alta dificultad que ofrece el terreno, no se ha podido definir los contactos entre facies, por lo cual en el mapa preliminar de la figura 5, éstos son inferidos y aproximados.

Para definir el plutón La Costa se reunieron y evaluaron datos petrológicos, de química mineral y geoquímica de roca total, los cuales son expuestos a continuación y resumidos en el cuadro 7.

Petrologías y de química mineral

Las tres facies ígneas, Santa Cruz, Anjullón y Anillaco, poseen similar color, blanco a gris claro, son leucocráticas, no exhiben deformación y no poseen enclaves microgranulares máficos. La presencia de turmalina es un rasgo común y distintivo de todas las facies del plutón La Costa, que sugiere que provienen de un magma común enriquecido en boro. La presencia de minerales peraluminosos es reconocida en las tres facies, Santa Cruz (muscovita, cordierita y andalucita, Alasino *et al.* 2005), Anjullón (mica blanca magmática) y Anillaco (mica blanca y granate magmáticos), siendo los minerales accesorios, como apatita, circon y turmalina, común para las tres facies. La química mineral de las micas blancas alojadas en las facies Anillaco, Anjullón y Santa Cruz, previamente seleccionadas a partir de sus características texturales que sugieran un origen primario (Miller *et al.* 1981, Dahlquist *et al.* 2005), es proyectada sobre el campo de las micas primarias en el diagrama discriminatorio Mg-Ti-Na para diferenciar micas primarias de secundarias (Fig. 6). Las micas blancas alojada en la facies Anjullón exhiben composiciones similares a las pertenecientes

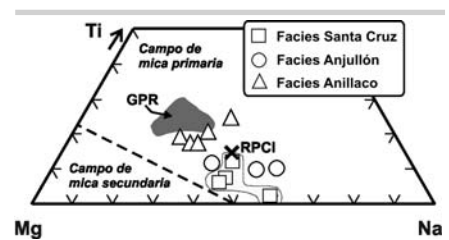


Figura 6: Diagrama triangular Ti - Mg - Na, mostrando campos composicionales de las micas blancas de la facies Santa Cruz, Anjullón y Anillaco del plutón La Costa. Referencias: GPR = campo realizado a partir de muscovitas del Granito Peñón Rosado, cerro Aspercito (Dahlquist *et al.* 2006), RPCI = promedio de 44 análisis de muscovitas alojadas en rocas plutónicas en equilibrio con andalucita (Clarke *et al.* 2005).

**CUADRO 4:** Composición representativa obtenida a partir de análisis de microsonda de electrones y fórmula estructural de la mica blanca.

Facies ignea	Anjullón	Anillaco
Muestras	Promedio (3)	Promedio (5)
Mineral	Ms	Ms
% peso		
SiO <sub>2</sub>	44,82 0,30	44,85 0,26
TiO <sub>2</sub>	0,34 0,02	0,59 0,15
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	33,62 2,42	34,04 0,43
FeO	3,44 2,06	2,55 0,16
MnO	0,21 0,18	0,08 0,04
MgO	0,70 0,04	0,72 0,05
CaO	0,01 0,01	0,01 0,02
Na <sub>2</sub> O	0,66 0,21	0,38 0,08
K <sub>2</sub> O	10,40 0,19	11,35 0,12
F	1,26 0,47	0,46 0,05
Cl	bdl	0,01 0,01
Total	95,46	95,04 0,61
O <sub>F</sub> Cl	0,53 0,19	0,20 0,02
CTotal	94,93 0,18	94,86 0,62
<b>Fórmula estructural calculada en base a 22 O y 2 OH</b>		
Si	5,85 (0,08)	5,83 (0,05)
AlIV	2,15 (0,08)	2,17 (0,05)
Sum-I	8,00	8,00
AlVI	3,01 (0,20)	3,03 (0,01)
Ti	0,03 (0,01)	0,06 (0,01)
Fe <sup>2+</sup>	0,38 (0,23)	0,28 (0,02)
Mn	0,02 0,02	0,01 0,00
Mg	0,14 0,01	0,14 0,01
Sum-B	3,58	3,52
Ca	0,00	0,00
Na	0,17 0,05	0,10 0,02
K	1,73 0,06	1,88 0,03
Sum-A	1,90	1,98
CF	1,04 0,41	0,38 0,04
CCI	0,00	0,00
Fe/(Fe+Mg)	0,70 0,10	0,67 0,02

Hierro total medido como FeO. Fórmula estructural calculada a partir de Richard (1995). Abreviación mineral tomadas de Kretz (1983). Los números entre paréntesis indican el número de muestras. bdl = bajo límite de detección.

a la facies Santa Cruz; mientras que las micas blancas alojadas en la facies Anillaco, se hallan ligeramente enriquecidas en titanio (Fig. 6). Las micas blancas de las diferentes facies del plutón La Costa tienen composiciones similares a otras micas primarias cristalizadas en equilibrio con minerales peraluminosos semejantes a cordierita, andalucita ó granate (Fig. 6). Los análisis de química mineral obtenidos para el

granate alojado en la facies Anillaco, proyectados en el diagrama discriminador Mn-Mg-Fe<sup>2+</sup> (Fig. 7), se ubican en el campo composicional definido para granates magmáticos por Miller y Stoddard (1981), asumiendo por lo tanto un origen magmático para dicho mineral. Otra característica de los granates alojados en la facies Anillaco y que fortalecen la hipótesis de un origen magmático, es la presencia de altos contenidos de MnO (Miller y Stoddard 1981, Dahlquist *et al.* 2006). De esta manera, se demuestra que las tres facies tienen minerales magmáticos ricos en aluminio (andalucita, muscovita y cordierita son reportados por Alasino *et al.* 2005 para la facies Santa Cruz), lo que sugiere una cristalización de las tres facies a partir de un magma primordial peraluminoso y, además, enriquecido en boro.

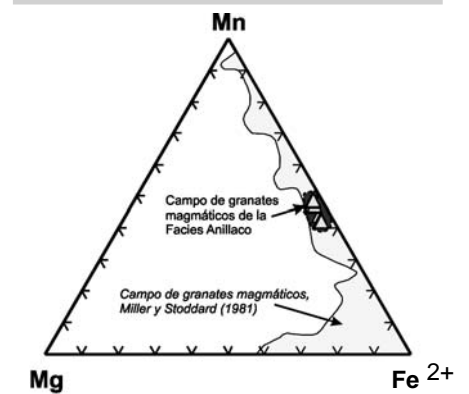
**Geoquímicas de roca total**

Las tres facies presentan similares y elevados índices de saturación en aluminio (ISA), con valores de 1,30 - 1,42 para la facies Santa Cruz (Alasino *et al.* 2005), de 1,22 la facies Anjullón y de 1,25 a 1,29 para la facies Anillaco. Estos valores que son coherente con su mineralogía, quedando definidos como granitoides tipo-S, acordando con la nomenclatura de Chappell y White (1992).

Las rocas de las tres facies proyectadas en el diagrama de variación Harker definen en general una aceptable correlación lineal, sugiriendo por lo tanto un vínculo genético para las tres facies (Fig. 8), exhibiendo un progresivo incremento de SiO<sub>2</sub>, desde la facies Santa Cruz con altos contenidos de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, K<sub>2</sub>O y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> hasta las facies Anjullón y Anillaco, con menores concentraciones de los elementos mencionados. El contenido de Na<sub>2</sub>O es similar en las tres facies, aunque se observa un leve incremento en las facies Anjullón y Anillaco, con relación a la facies Santa Cruz.

Las características geoquímicas son coherente con las fases minerales presentes en cada una de las facies, siendo la facies Santa Cruz relativamente rica en cordierita (1,7 ± 0,8 %) y biotita (3,7 ± 1,5 %), mientras que en las facies restantes el contenido de mafitos (biotita) es bajo (< 3 %).

En el diagrama A-B de Debon y Le Fort (1983) modificado por Villaseca *et al.* (1998) (Fig. 9), el cual permite diferenciar distintas las muestras del plutón La Costa, las cuales definen en conjunto una línea de diferenciación magmática corta, que evoluciona desde el campo de los granitoides altamente peraluminosos, (facies Santa Cruz) al campo de los granitoides peraluminosos félsicos



**Figura 7:** Diagrama triangular Mg - Mn - Fe<sup>2+</sup>, mostrando el campo composicional de los granates de la facies Anillaco y el de los granates magmáticos establecidos por Miller y Stoddard (1981).

(facies Anjullón y Anillaco). Esta línea de diferenciación magmática, es similar a la definida por leucogranitos anatócticos semejante a los del Alto Himalaya, los leucogranitos hercínicos de Limousin en Francia y algunos leucogranitos anatócticos de los Cervatos en la región central de España (Villaseca *et al.* 1998).

Las relaciones Rb/Sr y Rb/Ba de las diferentes facies del plutón La Costa proyectadas en el diagrama discriminador para granitoides peraluminosos de Sylvester (1998) (Fig. 10) indica que las tres facies tienen una roca fuente en común, formada esencialmente por rocas pelíticas. En consistencia con el diagrama A-B (Fig. 9), las rocas del plutón La Costa tienen una fuente similar al de los leucogranitos del Himalaya, y diferente a rocas que conforman la unidad peraluminosa Granito Tuaní o del Lachlan Fold Belt (Dahlquist *et al.* 2005 y 2006).

A partir de las figuras 8 y 9, podemos asumir que la facies Santa Cruz (SiO<sub>2</sub> ~ 67 %) es la facies menos evolucionada y que la facies Anjullón y Anillaco representan los fundidos diferenciados (SiO<sub>2</sub> ~ 74 %). Si tenemos en cuenta que la facies Santa Cruz tiene una concentración de tierras raras elevado con relación a las otras dos facies (Fig. 4), la interpretación más directa es que las tierras raras fueron esencialmente consumidas por las fases minerales de la facies Santa Cruz, la cual tiene abundante apatita como mineral accesorio la cuál tiene un muy elevado coeficiente de partición para las tierras raras livianas (por ej. KdLa ≥ 10; KdCe ≥ 25 , etc.) cuando cristaliza a partir de magmas peraluminosos (Bea *et al.* 1994).

Las facies Anillaco exhibe valores altos de tierras raras pesadas (Tm, Yb y Lu) que es consistente con la cristalización del granate (Fig. 5). La fuerte anomalía negativa observada en la facies Anjullón, es consistente con un magma residual altamente frac-

**CUADRO 5:** Composición representativa obtenida a partir de análisis de microsonda de electrones y fórmula estructural del granate.

Facies ígnea	Anillaco
Muestras	Promedio (10)
Mineral	Grt
<i>% peso</i>	
SiO <sub>2</sub>	36,81 ±0,33
TiO <sub>2</sub>	0,07 ±0,04
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21,37 ±0,23
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,02 ±0,02
FeO	21,44 ±1,09
CFeO	21,44 ±1,09
CFe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,00
MnO	19,37 ±1,04
MgO	0,69 ±0,09
CaO	0,33 ±0,15
Na <sub>2</sub> O	0,02 ±0,02
Total	100,11 ±1,14
CTotal	100,11 ±1,14
<i>Fórmula estructural calculada en base a 24 O</i>	
Si	6,02 ±0,05
Al <sup>IV</sup>	0,01 ±0,01
Suma-T	6,03
Al <sup>VI</sup>	4,11 ±0,03
Fe <sup>3+</sup>	0,00
Ti	0,01 ±0,00
Cr	0,00
Suma-A	4,12
Fe <sup>2+</sup>	2,93 ±0,14
Mg	0,17 ±0,02
Mn	2,68 ±0,15
Ca	0,06 ±0,03
Na	0,01 ±0,01
Suma-B	5,85

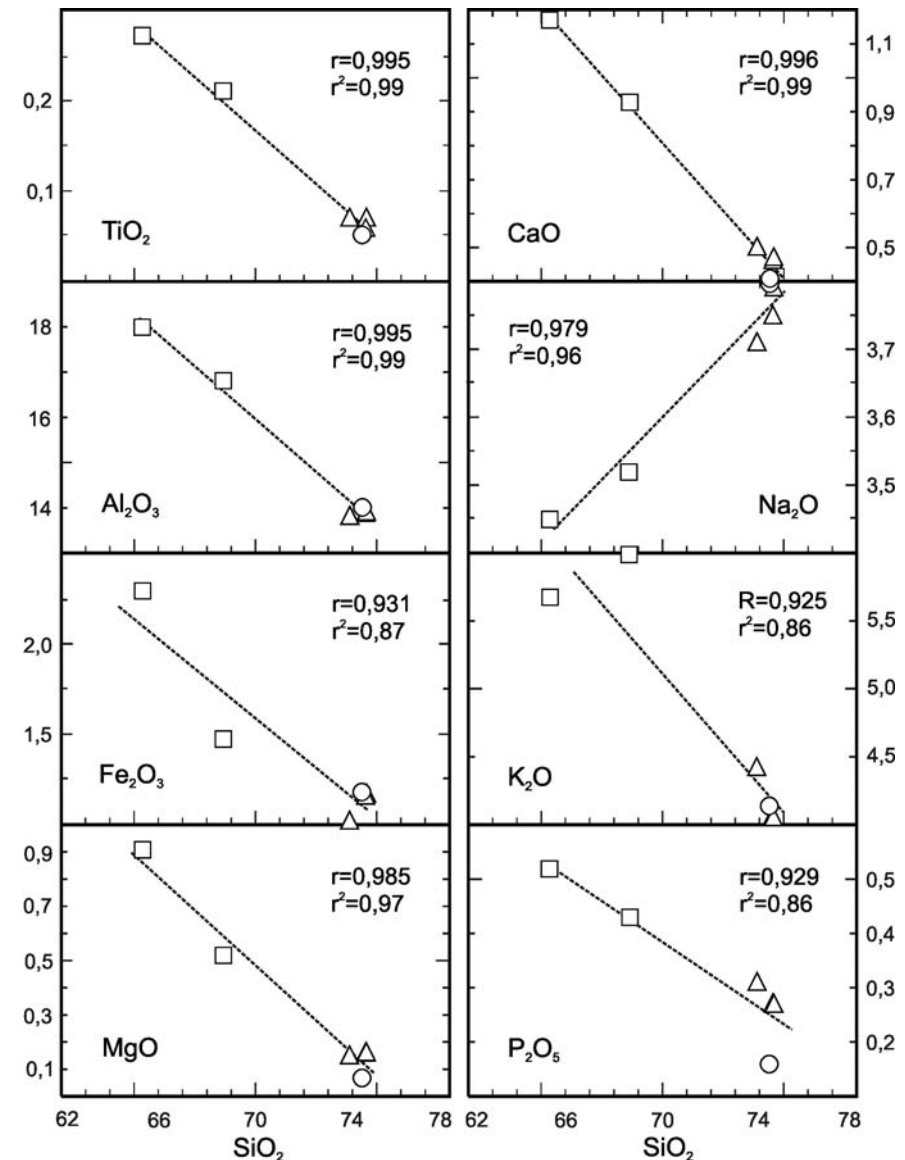
Miembros finas calculados siguiendo a Deer *et al.* (1992)

Almandino	50,12 ±2,02
Andradita	0,00
Grossularia	0,95 ±0,43
Pyropo	2,71 ±0,75
Espesartina	45,89 ±2,60
Uvarovita	0,06 ±0,06

Hierro total medido como FeO. Fe<sup>3+</sup> calculado según Droop (1987). Fórmula estructural calculada a partir de Richard (1995). Abreviación mineral tomadas de Kretz (1983). Los números entre paréntesis indican el número de muestras. bdl = bajo límite de detección.

cionado en plagioclasa.

La presencia de granate en condiciones de baja presión (< 3 kbar) es informada por Miller y Stoddard (1981), quienes concluyen que la estabilidad del granate en bajas presiones es posible al elevado conte-



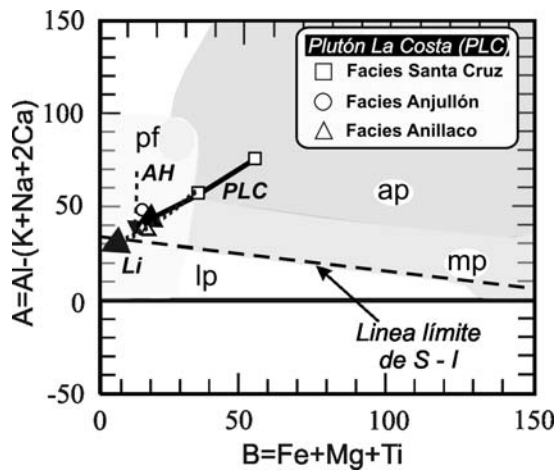
**Figura 8:** Diagrama de variación para las facies del plutón La Costa, mostrando la línea evolutiva con progresivo incremento de SiO<sub>2</sub>. Referencia: cuadrado: facies Santa Cruz (tomados de Alasino *et al.* 2005), triángulo: facies Anillaco y círculo: facies Anjullón.

nido de MnO que soporta su estabilidad. Esto es consistente con las condiciones de emplazamiento aproximadas (presión = 2,0 – 2,4 kbar y temperatura = 670 - 720 °C) determinadas por Alasino *et al.* (2005) para la facies Santa Cruz. Las plagioclasas alojadas en la facies Anjullón, clasificadas como albitas, sugiere condiciones de emplazamiento someras, similares a las propuestas para las otras facies.

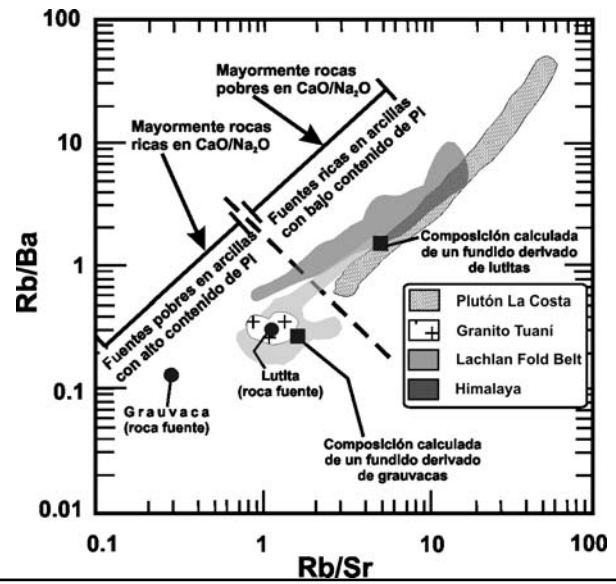
### CONCLUSIONES

Basado en los estudios petrológicos, de química mineral y geoquímica, presentados en este trabajo,

se define una nueva unidad ígnea peraluminosa, denominada aquí como plutón La Costa, la cual posee tres facies distintivas denominadas de norte a sur como: Santa Cruz, Anjullón y Anillaco. La facies Santa Cruz, estudiada en detalle por Alasino (2002) y Alasino *et al.* (2005), posee una composición esencialmente monzogranítica, con una asociación magmática constituida por Pl-Kfs-Qtz-Ms-Bt-Crd y And-Tur-Ap-Zrn-Opq como accesorios. La facies Anjullón presenta una composición granodiorítica y una asociación magmática mineral dada por Pl-Kfs-Qtz-Ms-Bt y Ap-Zrn-Tur-Opq como accesorios. La facies Anillaco, de composición esen-



**Figura 9:** Diagrama multicatiónico A-B (modificado a partir Villaseca *et al.* 1998), mostrando la tendencia evolutiva del plutón La Costa, proyectando las muestras de las facies Santa Cruz (datos a partir de Alasino *et al.* 2005), Anjullón y Anillaco. La línea límite de tipo-I y -S extraído de White y Chappell 1989. Referencias: (ap) granitoides altamente peraluminosos, (mp) granitoides moderadamente peraluminosos, (fp) granitoides peraluminosos félsicos y (dp) granitoides débilmente peraluminosos. AH = línea evolutiva de los granitos del Alto Himalaya, Li = línea evolutiva de los leucogranitos hercínicos de Limousin, tomados de Villaseca *et al.* (1998).



**Figura 10:** Relaciones Rb/Sr y Rb/Ba para granitoides peraluminosos tipo-S, modificado a partir de Sylvester (1998). Los campos grises, la línea discontinua y los fundidos calculados tomados de la Fig. 7 de Sylvester (1998). El campo del Granito Tuani tomado de Dahlquist *et al.* (2005). PI = plagioclasa.

**CUADRO 7:** Principales características de las facies pertenecientes al plutón La Costa.

Facies ignea	Santa Cruz*	Anjullón	Anillaco
<b>Características generales</b>			
Roca leucocrática	Si	Si	Si
Característica distintiva en campo	Presencia de turmalina y biotita	Notoria presencia de turmalina	Presencia de turmalina y granate.
Asociación mineral	(1) Pl - Kfs - Qtz - Bt - Ms - Crd (2) And - Ap - Tur - Zrn - Opq	(1) Pl - Kfs - Qtz - Bt - Ms (2) Ap - Tur - Zrn - Opq	(1) Pl - Kfs - Qtz - Bt - Ms - Grt (2) Ap - Tur - Zrn - Opq
Composición QAP	Monzogranito - Granodiorita	Granodiorita	Monzogranito
<b>Características de química mineral</b>			
Composición promedio de plagioclasa	Ab <sub>78,2%</sub> - An <sub>20,7%</sub> - Or <sub>1,1%</sub>	Ab <sub>98,4%</sub> - An <sub>1,1%</sub> - Or <sub>0,5%</sub>	Ab <sub>86,0%</sub> - An <sub>1,1%</sub> - Or <sub>0,5%</sub>
Presencia de minerales peraluminosos	Cordierita sódica (Na = 0,33 % - X <sub>Fe</sub> = 0,40) Andalucita (Al <sup>+</sup> = 3,85 - Fe <sup>3+</sup> = 0,04) Micas blancas enriquecidas en hierro y magnesio (FeO + MgO = 2,01 %)	Micas blancas enriquecidas en hierro y magnesio (FeO + MgO = 4,10 %)	Granate (Alm = 50,1 % - Prp = 2,7 % - Sps = 45,9 %) Micas blancas enriquecidas en hierro y magnesio (FeO + MgO = 3,27 %)
<b>Características de elementos mayoritarios y minoritarios</b>			
Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O (% en peso)	9,1 - 9,5	7,9	7,8 a 8,1
ÍSA / IA	1,30 a 1,42 / 0,66 a 0,73	1,22 / 0,77	1,25 a 1,29 / 0,76 a 0,79
Altas relaciones de Rb/Sr y bajas de Sr/Ba	Rb/Sr = 3,2 a 3,4 Sr/Ba = 0,2	Rb/Sr = 52 Sr/Ba = 0,8	Rb/Sr = 24,3 a 24,9 Sr/Ba = 0,3
Alto contenido de Be (ppm)	14 - 22	18	5 a 10
Alto contenido de Cs (ppm)	47,5 - 49,5	91,3	21,3 a 57,0

(1) Minerales principales, (2) Minerales accesorios, ISA = Índice de saturación de aluminio, IA = Índice apáítico. \* Datos de Alasino *et al.* (2005). Alm = Almandino, Prp = Pyropo y Sps = Espesartina..



**CUADRO 6:** Análisis químicos representativos del plutón La Costa.

PLUTON LA COSTA			
Facies Muestras	Santa Cruz* Promedio (2)	Anjullón AJL-02	Anillaco Promedio (3)
Oxidos mayoritarios (%)			
SiO <sub>2</sub>	66,94 ± 1,68	74,41	74,34 ± 0,39
TiO <sub>2</sub>	0,24 ± 0,03	0,05	0,07 ± 0,01
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17,42 ± 0,60	14,01	13,87 ± 0,05
e <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,88 ± 0,41	1,18	1,12 ± 0,08
MnO	0,07 ± 0,82	0,08	0,14 ± 0,01
MgO	0,72 ± 0,20	0,07	0,16 ± 0,01
CaO	1,05 ± 0,12	0,40	0,48 ± 0,02
Na <sub>2</sub> O	3,49 ± 0,04	3,80	3,75 ± 0,04
K <sub>2</sub> O	5,83 ± 0,16	4,14	4,18 ± 0,21
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,48 ± 0,05	0,16	0,28 ± 0,02
LOI	1,11 ± 0,13	0,70	0,70 ± 0,07
Total	99,25 ± 0,29	99,17	99,07 ± 0,38
Elementos traza (ppm)			
Be	18,00 ± 4,00	18,00	8,67 ± 3,21
Cs	48,47 ± 1,01	91,30	44,67 ± 20,08
Rb	360,97 ± 1,58	574,00	420,33 ± 6,35
Sr	110,43 ± 5,76	11,00	17,00 ± 0,00
Ba	476,83 ± 40,51	13,00	51,67 ± 1,53
Zr	106,24 ± 10,72	21,00	32,67 ± 5,51
La	24,77 ± 3,66	2,57	3,85 ± 0,13
Ce	53,44 ± 8,52	6,14	9,33 ± 0,14
Pr	5,96 ± 0,89	0,78	0,97 ± 0,04
Nd	23,14 ± 3,31	3,29	3,88 ± 0,22
Sm	5,51 ± 0,82	0,76	1,01 ± 0,07
Eu	1,18 ± 0,08	0,06	0,19 ± 0,01
Gd	4,89 ± 0,65	0,74	1,14 ± 0,09
Tb	0,92 ± 0,13	0,20	0,27 ± 0,01
Dy	4,89 ± 0,61	1,27	1,73 ± 0,09
Ho	0,86 ± 0,10	0,22	0,33 ± 0,02
Er	2,27 ± 0,28	0,67	1,12 ± 0,05
Tm	0,31 ± 0,03	0,12	0,22 ± 0,01
Yb	1,77 ± 0,20	0,82	1,49 ± 0,04
Lu	0,26 ± 0,03	0,12	0,20 ± 0,01

Hierro total calculado como Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. \* Promedio a partir de Alasino et al. (2005)

cialmente monzogranítica, posee una asociación magmática mineral formada por Pl-Kfs-Qtz-Ms-Bt-Grt y Ap-Tur-Zrn-Opq como accesorios.

Las tres facies, emplazadas en niveles corticales someros, fueron derivados de la fusión de meta-sedimentos pelíticos y, en conjunto, conforman una secuencia de cristalización, donde la facies Santa Cruz representaría el cristalizado más temprano, seguido por las facies Anjullón y Anillaco, que representan fundidos evolucionados.

El plutón La Costa representa un típico granitoide de tipo-S acordando con la nomenclatura de Chappell y White (1992), y un elevado gradiente geotérmico es requerido para el momento de su formación, como ha sido demostrado para la generación de otros granitoides tipo-S (Dahlquist y Baldo 1996, Dahlquist et al. 2005). Debido a que la edad de este plutón no ha sido determinada todavía no se puede establecer el momento en

que la corteza de esta región estuvo sometida a un pico térmico considerable.

#### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado con fondos del proyecto del Subsidio IM40 2000 (ANPCyT), Ministerio de Ciencia y Tecnología (España) BTE2001-1486. Pablo H. Alasino agradece a CONICET y al grupo de investigación PAMPRE, especialmente a los Drs. Edgardo Baldo y Julio Saavedra. También al CRILAR por la apoyatura técnica. Se agradece a los Drs. P. González y D. Gregori, revisores de este trabajo.

#### TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

Aceñolaza, F.G., Miller, H. y Toselli, A.J. 2000. Geología de la sierra de Velasco, provincia de La Rioja, Argentina. 17° Simposio sobre Geología de Latinoamérica, Revista Profil 18:38. Actas publica-

das en CD (6 páginas), Stuttgart.

Alasino, P.H. 2002. Caracterización petrológica del sector norte de la sierra de Velasco, La Rioja, República Argentina. Trabajo Final (Tesina), UNC-CRILAR. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, (inédito) 112 p., Córdoba.

Alasino, P.H., Dahlquist, J.A., Galindo, C., Baldo, E. y Casquet, C. 2004a. Magmatismo peraluminoso en el sector NE de la sierra de Velasco, La Rioja, Argentina. Parte 1. En: Aceñolaza, F.G., Aceñolaza, G.F., Hünicke, M., Toselli, A.J. (eds) Simposio Bodenbender, Instituto Superior de Correlación Geológica, Miscelánea 13: 83-84, Anillaco.

Alasino, P.H., Dahlquist, J.A., Galindo, C., Baldo, E. y Casquet, C. 2004b. Magmatismo peraluminoso en el sector NE de la sierra de Velasco, La Rioja, Argentina. Parte 2. En: Aceñolaza, F.G., Aceñolaza, G.F., Hünicke, M., Toselli, A.J. (eds) Simposio Bodenbender, Instituto Superior de Correlación Geológica, Miscelánea 13: 85-86, Anillaco.

Alasino, P.H., Dahlquist, J.A., Galindo, C., Baldo, E. y Casquet, C. 2005. Granitoides peraluminosos con andalucita y cordierita magmáticas en la sierra de Velasco: implicancias para el orógeno famatiniano. En: Dahlquist, J.A., Baldo, E.G. y Alasino P.H. (eds) Geología de la provincia de La Rioja (Precámbrico – Paleozoico Inferior). Asociación Geológica Argentina, Serie D: Publicación Especial 8: 109-122.

Báez, M., Bellos, L., Grosse, P. y Sardi, F. 2005. Caracterización petrológica de la sierra de Velasco. En: Dahlquist, J.A., Baldo, E.G. y Alasino P.H. (eds) Geología de la provincia de La Rioja (Precámbrico – Paleozoico Inferior). Asociación Geológica Argentina, Serie D: Publicación Especial 8: 123-1130.

Bea, F., Pereira, M.D. y Stroh, A. 1994. Mineral/leucosome trace-element partitioning in a peraluminous migmatite (a laser ablation-ICP-MS study). Chemical Geology 117: 291-312.

Bellos, L. 2005. Geología y petrología del sector austral de la sierra de Velasco. En: Aceñolaza, F.G., Aceñolaza, G.F., Hünicke, M., Toselli, A.J. (eds) Simposio Bodenbender, Instituto Superior de Correlación Geológica, Serie Correlación Geológica 19: 261-278.

Bodenbender, G. 1911. Constitución geológica de la parte meridional de La Rioja y regiones limítrofes (República Argentina). Boletín de la Academia Nacional de Ciencias 19 (1): 220 p., Córdoba.

Caminos, R. 1979. Sierras Pampeanas Noroccidentales, Salta, Tucumán, Catamarca, La Rioja y San Juan. Segundo Simposio de Geología Regional Argentina. Academia Nacional de Ciencias 1: 225-292,

- Córdoba.
- Chappell, B.W. y White, A.J.R. 1992. I- and S-type granites in the Lachlan Fold Belt. *Transactions of Royal Society of Edinburgh, Earth Sciences* 83: 1-26.
- Clarke, D.B., Dorais, M., Barbarin, B., Barker, D., Cesare, B., Clarke, G., el Baghdadi, M., Erdmann, S., Förster, H.-J., Gaeta, M., Gottesmann, B., Jamieson, R.A., Kontak, D.J., Köller, F., Gomes, C.I., London, D., Morgan, V., Neves, L.J.P.F., Pattison, D.R.M., Pereira, A.J.S.C., Pichavant, M., Rapela, C.R., Renno, A.D., Richards, S., Roberts, M., Rottura, A., Saavedra, J., Sial, A.N., Toselli, A.J., Ugidos, J.M., Uher, P., Villaseca, C., Visonà, D., Whitney, D.L., Williamson, B. y Woodard, H.H. 2005. Occurrence and origin of andalusite in peraluminous felsic igneous rocks. *Journal of Petrology* 46: 441-472.
- Dahlquist, J.A. y Baldo, E. 1996. Metamorfismo y deformación famatinianos en la sierra de Chepes, La Rioja, Argentina. 13° Congreso Geológico Argentino y 5° Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas 5: 393-409, Buenos Aires.
- Dahlquist, J.A. y Alasino, P.H. 2004. Segundo reporte de cordieritas ricas en Na-Be en Argentina, sierra de Velasco. 7° Congreso de Mineralogía y Metalogenia, 303-308, Rio Cuarto.
- Dahlquist, J.A., Rapela, C.W. y Baldo, E. 2005. Petrogenesis of cordierite-bearing S-type granitoids in Sierra de Chepes, Famatinian orogen, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 20: 231-251.
- Dahlquist, J.A., Alasino, P.H., Galindo, C., Pankhurst, R.J., Rapela, C.W., Saavedra, J., Casquet, C., Baldo, E.G., González Casado, J.M. y Fanning, C.M. 2006. evolución magmática del Plutón Granatífero Peñón Rosado, Cerro Aspercito. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 61(2): 93-111
- Debon, F. y Le Fort, P. 1983. A chemical-mineralogical classification of common plutonic rocks and associations. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh, Earth Sciences* 73: 135-149.
- De los Hoyos, C., Lazo, M. y Rossi, J. 2005. Caracterización petrológica y geoquímica del Granito Señor de La Peña, sierra de Velasco, La Rioja, Argentina. 16° Congreso Geológico Argentino, Actas publicadas en CD (8 páginas), La Plata.
- González Bonorino, F. 1950. Algunos problemas geológicos de las Sierras Pampeanas. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 5(3): 81-110.
- Grosse, P. y Sardi, F. 2005. Geología del Granito Huaco, sector centro-oriental de la sierra de Velasco, La Rioja. En: Aceñolaza, F.G., Aceñolaza, G.F., Hünicke, M. y Toselli, A.J. (eds) Simposio Bodenbender, Instituto Superior de Correlación Geológica, Serie Correlación Geológica 19: 221-238.
- Jordan, T.E. y Allmendinger, R.W. 1986. The Sierras Pampeanas of Argentina: a modern analogue of the Rocky Mountain foreland deformation. *American Journal of Science* 286: 737-764.
- Kretz, R. 1983. Symbols for rock-forming minerals. *American Mineralogist* 68: 277-279.
- Miller, C.F. y Stoddard, E.F. 1981. The role of manganese in the paragenesis of magmatic garnet: An example from the old Woman-Piute Range, California. *Journal of Geology* 89: 233-246.
- Miller, C.F., Stoddard, E.F., Bradfish, L.J. y Dollase, W.A. 1981. Composition of plutonic muscovite. Genetic implications. *Canadian Mineralogist* 19: 25-34.
- Nakamura, N. 1974. Determination of REE, Ba, Fe, Mg, Na and K in carbonaceous and ordinary chondrites. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 38: 757-775.
- Pankhurst, R.J., Rapela, C.W. y Fanning, C. 2000. Age and origin the Coeval TTG, I and S-Type granites in the Famatina belt of NW de Argentina. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh: Earth Sciences* 91: 151-168.
- Rapela, C.W., Saavedra, J., Toselli, A. y Pellitero, E. 1996. Eventos Magmáticos fuertemente peraluminosos en las Sierras Pampeanas. 8° Congreso Geológico Argentino y 3° Congreso de Explotación de Hidrocarburos, Actas 5: 337- 353, Buenos Aires.
- Rapela, C.W., Casquet, C., Baldo, E.G., Dahlquist, J.A., Pankhurst, R.J., Galindo, C. y Saavedra, J. 2001. Orogénesis del Paleozoico Inferior en el margen proto-Andino de Gondwana. Sierras Pampeanas (Argentina). *Journal of Iberian Geology. An International Publication of Earth Sciences* 27: 23-41.
- Rossi de Toselli, J., Toselli, A., Saavedra, J. y Pellitero, E. 1985. Petrología y Geoquímica de Plutones Fuertemente Peralumínicos de las Sierras Pampeanas: el Problema de los Granitos Cordieríticos. *Revista de la Asociación Argentina de Mineralogía, Petrología y Sedimentología* 16(1-4): 55-64.
- Rossi, J.N., Toselli, A.J., Báez, M. y Sardi, F.G. 2000. Granitoides Deformados y No Deformados del Norte de la Sierra de Velasco, La Rioja, Argentina. 17° Simposio sobre Geología de Latinoamérica, Revista Profil 18:38. Actas publicadas en CD (4 páginas), Stuttgart.
- Rossi, J.N., Toselli, A.J., Prieri, A., Cravero, O. y de los Hoyos, C. 2005. Granitos cordieríticos y corneanas del flanco oriental de la sierra de Velasco, La Rioja, República Argentina. 16° Congreso Geológico Argentino, Actas publicadas en CD (4 páginas), La Plata.
- Rossi, J.N. y Toselli, A.J. 2004. Desarrollo temporal de la intrusividad, metamorfismo y deformación en la sierra de Velasco. En Aceñolaza, F.G., Aceñolaza, G.F., Hünicke, M. y Toselli, A.J. (eds) Simposio Bodenbender, Instituto Superior de Correlación Geológica, Miscelánea 13: 53-54, Anillaco.
- Stelzner, A. 1923. Contribuciones a la geología de la República Argentina con la parte limítrofe de los Andes Chilenos entre los 32° y 33° S. Academia Nacional de Ciencias, Actas 8(1-2): 1-228, Córdoba.
- Streckeisen, A. 1976. To each plutonic rock its proper name. *Earth Sciences Reviews*, 12: 1-33.
- Sylvester, P.J. 1998. Post-collisional strongly peraluminous granites. *Lithos* 45: 29-44.
- Toselli, A.J., Rossi, J.N., Sardi, F. y Báez, M.A. 2000. Caracterización petrológica y geoquímica de granitoides de la Sierra de Velasco, La Rioja, Argentina. 17° Simposio sobre Geología de Latinoamérica, Revista Profil 18:38. Actas publicadas en CD (6 páginas), Stuttgart.
- Toselli, A.J., Rossi, J.N., Miller, H., Báez, M., Grosse, P., López, J.P. y Bellos, L. 2005. Las rocas graníticas y metamórficas de la sierra de Velasco. En Aceñolaza, F.G., Aceñolaza, G.F., Hünicke, M. y Toselli, A.J. (eds) Simposio Bodenbender, Instituto Superior de Correlación Geológica, Serie Correlación Geológica 19: 211-220.
- Turner, J.C.M., 1971. Descripción geológica de la Hoja 15d "Famatina", provincia de La Rioja. Dirección Nacional de Geología y Minería. Boletín 126, 98 p., Buenos Aires.
- Villaseca, C., Barbero, L. y Herreros, V. 1998. A re-examination of the typology of peraluminous granites types in intracontinental orogenic belts. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh, Earth Sciences* 89: 113-119.
- White, A.J.R. y Chappell, B.W. 1989. *Geology of the Numbala 1:100,000 Sheet (8624)*, New South Wales Geological Survey, Sydney.

Recibido: 9 de mayo, 2005

Aceptado: 4 de enero, 2006