

El intrusivo López Lecube: Evidencias de magmatismo alcalino Gondwánico en el sector sudoeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina

Daniel A. GREGORI^{1,2,#}, Laura E. GRECCO^{1,3} y Eduardo J. LLAMBÍAS^{1,4}

¹CONICET

²Cátedra de Geología Argentina, Departamento de Geología, Universidad Nacional del Sur, San Juan 670, 8000 Bahía Blanca, Argentina. tel. 02914595101 int. 3030, Email: usgregor@criba.edu.ar

³Cátedra de Geoquímica, Departamento de Geología, Universidad Nacional del Sur, San Juan 670, 8000 Bahía Blanca, Argentina.

⁴Centro de Investigaciones Geológicas. UNLP - CONICET. Calle 1 N° 644, 1900 La Plata, Argentina.

#Autor al que debe dirigirse la correspondencia.

RESUMEN. El Intrusivo López Lecube, de edad Pérmica, aflora en el sector SO de la Provincia de Buenos Aires, desconectado de rocas ígneas o sedimentarias que le hagan de caja. Está compuesto por una serie sienítica y una granítica, constituidas principalmente por cuarzo, feldespato potásico, hornblenda, plagioclasa y cantidades menores de titanita, biotita y apatito. Las características geoquímicas de la serie sienítica indican que ella deriva de magmas de manto y muestran rasgos peraluminosos a metaluminosos. Estas rocas se encuentran enriquecidas en LILE y deprimidos en HFSE. La serie granítica presenta una composición que se extiende desde levemente metaluminosa a peraluminosa, indicando participación de componentes corticales en su génesis. Esta serie no deriva de la serie sienítica mediante procesos de cristalización fraccionada. El evento magmático que generó el Intrusivo López Lecube se correlaciona con el ciclo magmático Gondwánico que se desarrolló en las Provincias de La Pampa y Mendoza, debido a sus similitudes en edad y composición química.

Palabras clave: *López Lecube, Magmatismo alcalino, Gondwánico, Argentina*

ABSTRACT. *The López Lecube intrusive: evidence of Gondwanic alkaline magmatism in south-western Buenos Aires Province, Argentina.* The Permian López Lecube intrusive crops out in south-western Buenos Aires province, and is isolated from other igneous or sedimentary rocks. It consists of syenitic and granitic suites, composed mainly of quartz, K-feldspar, hornblende, plagioclase and subordinate titanite, biotite and apatite. The geochemical characteristics of the syenitic suite indicate that it was derived from mantle magmas with peralkaline and metaluminous signatures. The rocks are enriched in LILE and depleted in HFSE. The granitic suite shows slightly metaluminous to peraluminous compositions, indicating the participation of a crustal component in its genesis. The granites are not derived via crystal fractionation from the syenitic suite. The López Lecube intrusive event can be correlated with the magmatic Gondwanic cycle developed in La Pampa and Mendoza Provinces, on the basis of similarities in age and geochemical characteristics.

Key words: *López Lecube, Alkaline magmatism, Gondwana, Argentina*

Introducción

El Intrusivo López Lecube se ubica 80 Km al oeste de las Sierras Australes de la provincia de Buenos Aires. El afloramiento es reducido (~1 km²), y está cubierto por sedimentos cuaternarios. La primera mención de rocas ígneas en el área de López Lecube se debe a Bonarelli y Pastore (1915). Otros trabajos relacionados a este cuerpo corresponden a Schiller (1930), Calmels (1955), Cingolani y Varela (1973), Llambías y Prozzi (1975), Llambías *et al.* (1976), Kostadinoff y Albouy (1988) y Tomezzoli y Vilas (1997).

De acuerdo a Calmels (1955) las rocas aflorantes en este sector corresponden a granitos hornbléndicos con

diferenciaciones leucocráticas representadas por venillas aplíticas y pegmatíticas. Según Llambías *et al.* (1976), se reconocen sienitas cuarcíferas y sienitas cuarcíferas melanocráticas atravesadas por diques graníticos y pegmatíticos (Fig.1).

Edades triásicas (240±12 y 227± 32 Ma) para el emplazamiento de estas rocas fueron obtenidas por Cingolani y Varela (1973) sobre la base de dataciones Rb/Sr y K/Ar sobre roca total y hornblenda respectivamente. Además, Tomezzoli y Vilas (1997) estimaron, sobre la base de la posición del polo geomagnético promedio, una edad que se ubicaría dentro del intervalo magnético Kiaman, que culminaría a los 260-265 Ma.

En este trabajo se presentan nuevos datos texturales

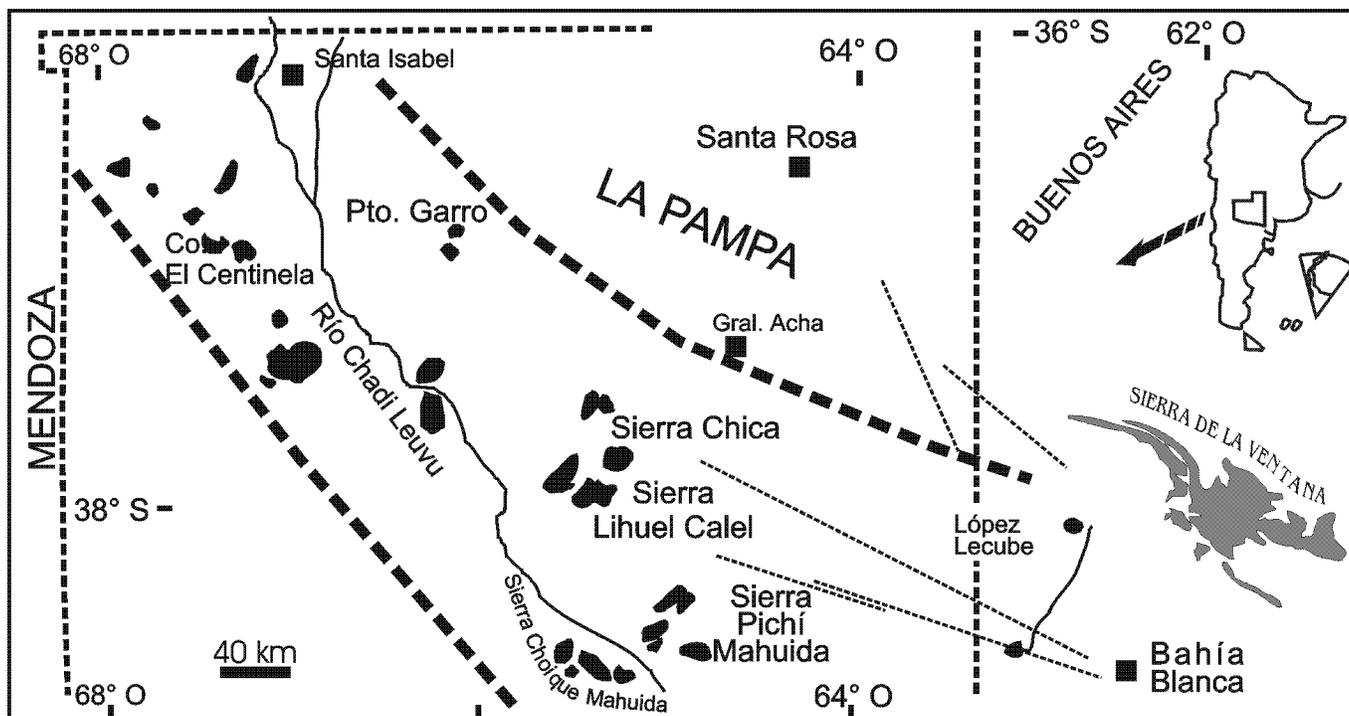


Figura 1: Localización del Intrusivo López Lecube, de la faja de eruptivas gondwánicas de la provincia de La Pampa. (Según Linares *et al.* 1980) y de la Sierra de la Ventana.

y químicos de las rocas aflorantes en la Cantera López Lecube, con el propósito de clasificarlas desde un punto de vista petrológico y geoquímico, así como establecer las tendencias evolutivas de las mismas. Además se realizan correlaciones con rocas coetáneas aflorantes en la provincia de La Pampa y se presentan hipótesis que permiten explicar el origen de las mismas.

Petrografía

El Intrusivo López Lecube está compuesto principalmente por dos grupos de rocas. El primero y más abundante presenta a su vez dos variedades: a) sienitas cuarcíferas mesocráticas amarillentas que pasan en forma transicional a la segunda variedad: b) sienitas cuarcíferas con menores proporciones de minerales máficos. Ambas variedades incluyen, además, enclaves máficos distribuidos en forma abundante e irregular. El segundo grupo corresponde a diques graníticos, aplíticos y pegmatíticos que cortan a ambas variedades de sienitas con contactos netos.

Sienitas

Sienita cuarcífera mesocrática: Las sienitas cuarcíferas mesocráticas son de grano medio, poseen feldespato alcalino peritítico y microclino. Los feldespatos tienen carácter poiquilítico no marcado y encierran in-

clusiones de biotita y plagioclasa. Esta última tiene composición albitica ($Ab_{85}An_{15}$) y a menudo presenta una zonación muy marcada. El cuarzo es esencialmente xenomórfico y en algunos casos muestra extinción ondulosa. La hornblenda presenta núcleos relicticos de augita y en menor proporción de hipersteno. Aparece además escasa biotita, bajo la forma de laminillas intersticiales, levemente curvadas. Los minerales accesorios son titanita, apatito, magnetita y circón.

Los prismas de hornblenda se presentan aleatoriamente diseminados en la roca o concentrados en fajas de hasta 30 cm de ancho. Mediciones de orientación de estas fajas ($N 296^\circ/68^\circ SO$, $n = 21$) indican la presencia de una lineación mineral preferencial. Estas observaciones coinciden con las realizadas por Tomezzoli y Vilas (1997), quienes observaron que el eje mayor del elipsoide de anisotropía de la susceptibilidad magnética es paralelo a la lineación mineral.

Un rasgo característico de la roca es la abundancia de enclaves máficos microgranulares. Son ovoidales y el tamaño máximo alcanza los 30 cm de diámetro. Están compuestos por feldespato potásico peritítico, plagioclasa sódica, hornblenda y biotita subordinada. Los minerales accesorios incluyen titanita, magnetita, apatito y circón. Como minerales de alteración se reconocen sericita, clorita y epidoto.

Sienita cuarcífera leucocrática: Estas rocas tienen una composición mineralógica similar a las sienitas cuarcíferas mesocráticas, pero su contenido de minera-

les máficos es menor. Además se observa un cambio en las proporciones de cuarzo, plagioclasas y feldespato potásico. (Fig. 2)

Granitos

El segundo grupo corresponde a las rocas graníticas. Se presentan como diques de hasta 70 cm de espesor en contacto neto con las sienitas. Están compuestas por granitos, aplitas y pegmatitas, con rumbos variables, pero se observa una tendencia al agrupamiento entre N8° E y N50° E.

Los granitos presentan textura inequigranular constituida por cuarzo, plagioclasa albitica y microclino. En algunos sectores aparecen texturas porfíricas con fenocristales de cuarzo que engloban plagioclasa y feldespato alcalino. Los fenocristales de cuarzo poseen extinción ondulosa. Las maclas polisintéticas de las plagioclasas están fuertemente curvadas, posiblemente como consecuencia de deformación en estado sólido. Como minerales accesorios se reconoce titanita, apatito y circón.

El diagrama QAP de la figura 2, de Lameyre y Bowden (1982), presenta la diferencia entre los dos grupos. La serie sienítica presenta una tendencia tipo ALK (aluminio potásico), mientras la serie granítica sigue una tendencia del tipo CAG (granodiorítica calcoalcalina).

Geoquímica

Los datos geoquímicos de elementos mayoritarios y traza se muestran en la Cuadro 1. Salvo las muestras LLE1, 2 y 3, cuyos resultados fueron tomados de Llambías *et al.* (1976) las restantes fueron analizadas por ACTLABS, Canadá, utilizando fluorescencia de ra-

yos X y activación neutrónica. Al igual que las características petrográficas, desde el punto de vista geoquímico, se distingue una serie sienítica y una serie granítica.

Serie Sienítica López Lecube

Elementos mayores: Esta serie presenta valores de sílice que varían entre 53,73 y 64%, mientras la alúmina lo hace entre 7,48 y 14,2 %. Los valores de TiO₂ y Na₂O+K₂O son altos, hasta 2,16 y 10,1 %, respectivamente.

Graficados los valores en el diagrama álcalis-SiO₂ de Middlemost (1994) las rocas de esta serie se ubican en el campo de las rocas monzosieníticas, sieníticas y cuarzo monzoníticas.

Elas presentan claras afinidades alcalinas como lo indica el diagrama álcalis-SiO₂ de Irvine y Baragar (1971). Reforzando este concepto, todas las rocas de esta serie presentan una tendencia de tipo shoshonítica (Pecerrillo y Taylor 1976), graficando en los campos de absarokita, shoshonita y banakita. Estos términos son usados desde un punto de vista clasificatorio, sin que tengan implicancias genéticas.

El predominio de K₂O (entre 3,74 y 5,31%) sobre Na₂O (entre 3,21 y 5,09 %), así como concentraciones importantes de MgO (entre 2,13 y 5,58 %) y de TiO₂ (entre 0,69 a 2,16 %) permiten caracterizar a estas rocas como de alto potasio, concordantes con una afinidad shoshonítica. Los valores del índice de Shand (A/C+N+K: 0,33-1,10; N+K/A: 0,86-1,24) indican que se trata de rocas metaluminosas transicionales a peralcalinas.

Elementos trazas: Las variaciones de los elementos trazas se muestran en los diagramas extendidos de elementos incompatibles, normalizados a condrito (Thompson 1982) de la figura 3. Los rasgos más importantes son los enriquecimientos relativos de LILE, LREE, así como las anomalías negativas de los HFSE, con excepción del Zr.

En el caso de los LILE las concentraciones alcanzan los siguientes valores: Ba (2526 ppm), Sr (1340 ppm), Rb (160 ppm). En las tierras raras livianas también se han detectado concentraciones importantes: (La: 110 ppm, Ce: 170, Nd: 74,40 ppm).

Los elementos del grupo HFS se hallan deprimidos en relación con los LILE, (Ta: 3-3,06 ppm, Nb: 15,2-23,4 ppm, Hf: 14 ppm y Th: 23,31 ppm). Las muestras analizadas presentan un diseño muy similar, siendo la única diferencia entre ellas el valor absoluto del enriquecimiento.

Como han sugerido Thompson y Fowler (1986) la relación La/Nb o La/Ta permite distinguir a los miembros de las series magmáticas que han sido emplazadas en diferentes escenarios tectónicos.

En la figura 4 se han graficado las relaciones La/Nb

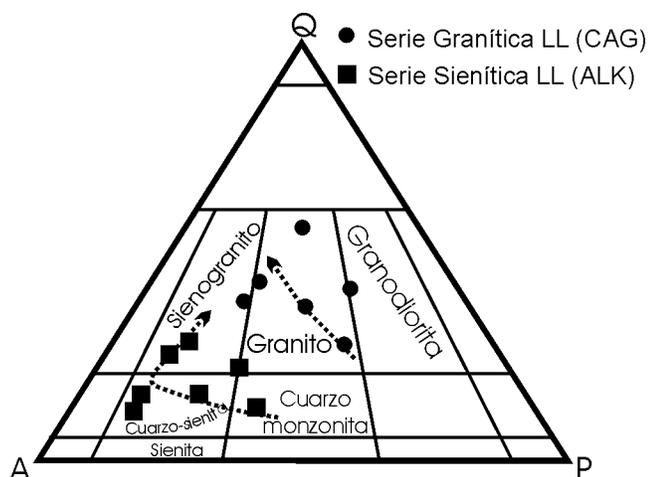


Figura 2: Composición modal de las rocas de López Lecube, indicando las tendencias de la SSSL y la SGLL.

Cuadro 1: Análisis químicos de las rocas de López Lecube.

Muestra	LLE1	LLE2	LL Edu	LL 0620	LL 1320	LL 0720	LL 0920	LL 1020	LLE3
Litología	Sienita	Sienita	Sienita	Sienita	Sienita	Granito	Granitos	Granito	Granito
SiO ₂	63,96	53,73	61,48	62,84	57,77	76,68	76,01	73,15	77,01
TiO ₂	1,16	2,16	0,90	0,69	0,89	0,13	0,15	0,12	0,40
Al ₂ O ₃	12,52	7,48	14,19	13,82	12,62	14,92	15,24	13,78	12,78
Fe ₂ O ₃	4,15	8,91	5,83	4,86	6,36	0,92	0,82	0,96	0,73
FeO	2,29	5,39	#	#	#	#	#	#	0,46
MnO	0,07	0,14	0,10	0,10	0,14	0,03	0,02	0,02	0,00
MgO	2,39	5,58	2,64	2,13	3,09	0,20	0,17	0,19	0,01
CaO	3,51	7,21	4,40	3,55	5,70	0,61	0,56	0,67	0,28
Na ₂ O	3,76	3,21	4,24	4,78	5,09	0,53	0,51	4,65	3,98
K ₂ O	5,11	3,74	5,13	5,31	5,09	5,16	5,34	5,08	4,20
P ₂ O ₅	0,44	1,15	0,61	0,50	0,67	0,05	0,05	0,05	0,06
H ₂ O	#	#	#	#	#	#	#	#	#
LOI	0,44	0,81	0,85	1,08	1,33	0,61	0,93	0,60	0,18
Total	99,80	99,51	100,37	99,66	98,75	99,84	99,80	99,27	100,09
Cr	#	#	83	47	47	38	21	19	#
Co	#	#	32	120	68	118	160	160	#
Sc	#	#	12	10	17	1	1	2	#
V	#	#	116	91	127	13	14	13	#
Cu	#	#	22	12	7	8	17	19	#
Pb	#	#	19	18	23	38	38	28	#
Zn	#	#	74	134	142	81	86	50	#
Sn	#	#	3,22	0,70	0,90	1,38	0,21	0,50	#
W	#	#	248,91	570,00	350,00	1100,00	960,00	1100,00	#
S	#	#	#	61,08	49,88	49,67	41,77	42,10	#
As	#	#	#	#	#	2,00	3,00	3,00	#
Sb	#	#	#	0,30	0,20	0,90	0,90	0,60	#
K	#	#	42586	44080	42254	42835	44329	42171	#
Rb	#	#	160	151	126	273	285	243	#
Cs	#	#	2,76	2,00	3,00	15,00	21,00	5,00	#
Ba	#	#	2368	2526	2296	881	1038	882	#
Sr	#	#	1340	1163	950	576	656	564	#
Ga	#	#	23	20	20	24	25	24	#
Ta	#	#	3,06	3,00	4,00	6,73	5,00	5,00	#
Nb	#	#	23,4	15,2	16,9	27,9	24,0	25,5	#
Hf	#	#	10,74	12,00	14,00	0,50	0,20	0,25	#
Zr	#	#	449	381	381	217	195	188	#
Ti	#	#	5396	4137	5336	779	899	719	#
Y	#	#	32	20	23	10	8	8	#
Th	#	#	18,48	23,31	25,56	37,85	24,10	36,71	#
U	#	#	3,95	3,20	4,00	2,40	0,70	2,80	#
La	#	#	91,85	85,00	110,00	28,00	27,00	35,00	#
Ce	#	#	177,83	140,00	170,00	44,00	33,00	54,00	#
Nd	#	#	74,40	69,00	71,00	20,00	21,00	22,00	#
Sm	#	#	12,77	9,10	13,00	2,00	2,00	2,60	#
Eu	#	#	2,90	2,40	3,10	0,60	0,50	0,80	#
Tb	#	#	1,27	0,50	0,50	0,48	0,40	0,50	#
Yb	#	#	2,58	2,93	3,59	2,19	1,49	2,16	#
Lu	#	#	0,39	0,40	0,53	0,23	0,19	0,21	#
Cl	#	#	0,00	206,05	248,43	228,96	49,19	35,58	#

#: No determinado

de diferentes series de rocas. Las rocas de la SSSL, presentan relaciones altas (3,92 a 6,5) y se aproximan a los valores hallados para las series sieníticas de la Provincia Caledónica del NO de Escocia (Thompson y Fowler 1986). Esas rocas fueron originadas, según los autores arriba citados, mediante subducción seguido de colisión.

Las rocas de López Lecube se asemejan, además, a

las rocas sieníticas y shoshoníticas de la Provincia Grenville del SE de Canadá (Corriveau y Gorton 1993), las cuales tienen afinidades con rocas generadas en ambientes de subducción.

En cuanto a la negatividad de la anomalía de Nb (Nb/La) podemos indicar que los valores oscilan entre 0,15 y 0,25, encontrándose los mismos considerablemente por debajo de los valores promedios de la corte-

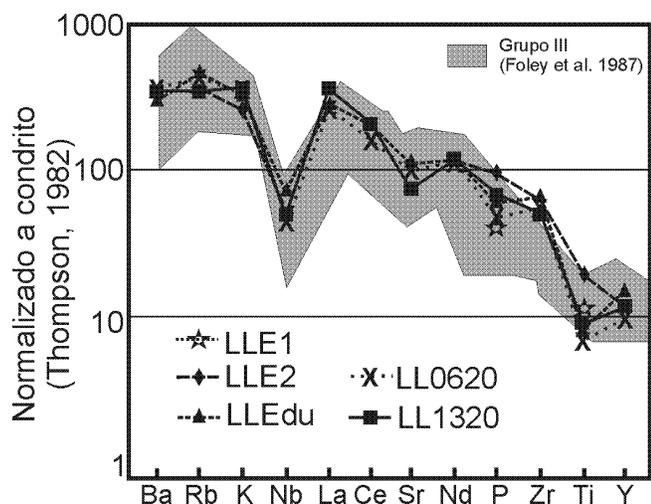


Figura 3: Diagramas extendidos de elementos incompatibles, normalizados a condrito (Thompson, 1982), de la serie sienítica, comparados con el grupo III de Foley *et al.* (1987)

za continental (0,5 según Weaver y Tarney 1984), lo cual indicaría la escasa participación de la misma en la generación de la Serie Sienítica López Lecube.

Los diagramas Sr vs. Ba y La vs. Ba, indican la ausencia de fraccionamiento de granate, biotita, hornblenda, plagioclasa, feldespato potásico, clinopiroxeno y ortopiroxeno.

En el caso de las concentraciones de Rb, Y y Nb, las mismas se asemejan a los granitoides de los Montes Paterson y Nielsen y de la Cadena Ford, de la Antártida, así como a los Granitos Fuzhou y Danyang de Fujian, China.

Según Weaver *et al.* (1992) las mencionadas rocas de la Antártida derivaron de granitoides tipo I, con firmas heredadas de procesos de subducción. Sin embargo las mismas fueron emplazadas bajo condiciones extensionales en rift continentales.

En el caso de los granitoides de China, los mismos reconocen por origen a una fuente mantélica relacionada a subducción, emplazados tardíamente en fallas profundas de la corteza continental, bajo condiciones post-orogénicas. (Martin *et al.* 1994).

Tierras raras: La Serie Sienítica de López Lecube presenta altas concentraciones en tierras raras (309 a 371 ppm). La figura 5a muestra los diagramas de tierras raras normalizados a condrita (Sun 1982).

Las tierras raras livianas presentan un fuerte enriquecimiento en relación a las tierras raras pesadas y a la condrita ($La_N \sim 300$). Otros rasgos notables son la ausencia de anomalías negativas de Eu y el notable cambio de pendiente que se produce a partir de las tierras raras medias ($La_N/Tb_N: 10,94$ a $33,30$, $Tb_N/Lu_N: 0,64$ a $2,21$), generando en las tierras raras pesadas un diseño ligeramente cóncavo. El mismo puede ser explicado a partir de la presencia de anfíboles en la roca parental de la cual deriva la Serie Sienítica de López Lecube.

Serie Granítica López Lecube

Elementos mayores: En el caso de la serie granítica López Lecube (SGLL) los valores de sílice oscilan entre 73,15 y 77,01 %, mientras que los de alúmina lo hacen entre 12,78 y 15,24 %, alcanzando la suma de álcalis 8,2 %. Los valores de CaO (< 0,61%), MgO (< 0,20%), FeO (< 0,96%) y TiO_2 (< 0,40%) indican que se trata de rocas evolucionadas.

No se han observado cambios significativos en el contenido de K_2O (4,2-5,34 %) para diferentes valores de SiO_2 , lo cual permite suponer que este comportamiento no podría explicarse a través de un proceso de diferenciación.

Al igual que las rocas sieníticas, muestran un enriquecimiento en K_2O con relación al Na_2O , pero a diferencia de aquellas grafican en el campo subalcalino de Irvine y Baragar (1971).

Los índices de saturación en alúmina (Shand 1943: $A/C+N+K: 0,68-1,99$; $N+K/A: 0,43-0,98$) varían desde composiciones levemente metaluminosas a peraluminosas.

Sobre un diagrama AFM las muestras se agrupan en las cercanías del extremo Na_2O+K_2O , lo cual impide considerar a este grupo como una asociación del tipo calcoalcalina. Aun más, la falta de miembros intermedios entre esta serie y la serie sienítica implica posiblemente una evolución diferente entre ambos grupos.

Elementos trazas: Al igual que las rocas de la SLL, los valores de la SGLL fueron graficadas en diagramas expandidos de elementos incompatibles, normalizados a condrito, utilizando los valores sugeridos por Thompson (1982), figura 6.

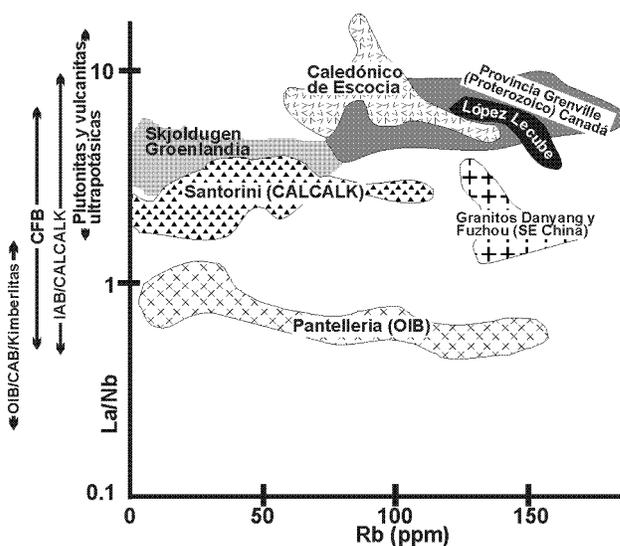


Figura 4: Diagrama La/Nb versus Rb de series de rocas de arcos islandicos, rocas calcoalcalinas de arcos continentales y de rocas ultrapotásicas. Datos de Thompson y Fowler (1986), Blichert-Toft *et al.* (1995), Mann (1983), Civetta *et al.* (1984), Martin *et al.* (1994) y Corriveau y Gorton (1993).

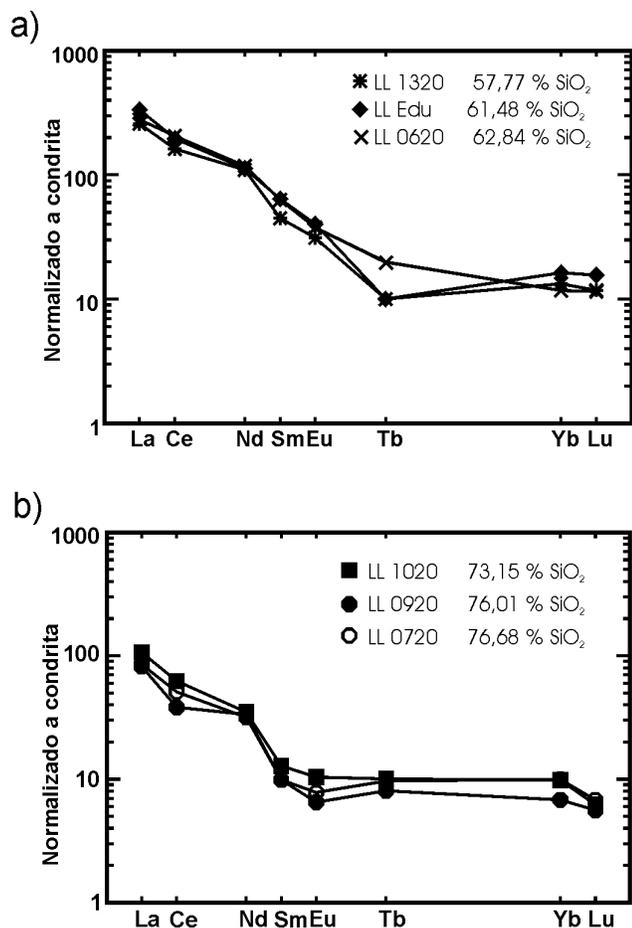


Figura 5: Diagramas de tierras raras, normalizados a condritas (Sun, 1982): a, SLL; b, SGLL.

Se puede observar enriquecimiento en Ba (entre 881 y 1038 ppm), Rb (entre 243 y 285 ppm), Sr (564 y 656 ppm), Cs (entre 5 y 21 ppm), Th (entre 24,1 y 37,85 ppm) y K. En general las concentraciones de estos elementos son menores que en el caso de la SLL.

Las anomalías negativas más importantes aparecen entre los HFSE, siendo la del Ti extremadamente negativa, con valores cercanos a 1, a pesar que alguno de estos elementos presentan concentraciones mayores que en el caso de la SLL (Ta: 5-6,73 ppm, Nb: 24-27,9 ppm).

La anomalía de Nb (Nb/La) oscila entre 0,72 y 0,99, valores superiores al promedio de la corteza continental (0,5 según Weaver y Tarney, 1984), indicando una importante participación de la misma en la generación de estas rocas.

En el caso de la SGLL las relaciones Sc/Nb son muy bajas, e incluso muy restringidas (0,035 a 0,078) lo que indica el nulo fraccionamiento de piroxenos o anfíboles.

En el caso de las relaciones Y/Nb, y Yb/Ta, las mismas varían entre 0,31 y 0,36 y entre 0,298 y 0,432, respectivamente, ubicándose junto a las rocas de la serie granítica de Oslo. (Neumann 1980, Pearce *et al.* 1984). Estas

rocas, pertenecientes a la provincia alcalina de la Región de Oslo, fueron emplazadas durante un periodo de rifting intracontinental durante el Pérmico.

Tierras raras: La Serie Granítica López Lecube presenta concentraciones medias de tierras raras (117 ppm máximo) La figura 5b muestra los diagramas de tierras raras normalizados a condrita (Sun 1982).

Presentan un diseño muy similar al de la SLL, relativamente constante a pesar de las variaciones de SiO₂, con enriquecimiento de las tierras raras livianas en relación con las pesadas (La_N/Tb_N: 8,82 a 15,59; Tb_N/Lu_N: 1,43 a 1,62).

A diferencia de la SLL se reconoce una incipiente anomalía de Eu (Eu/Eu* entre 0,745 y 0,936). Estos valores, así como la tendencia observada en el diagrama Ba versus Eu/Eu* (Eby 1990) indican la existencia de un limitado fraccionamiento de plagioclasa.

En relación con el comportamiento de las tierras raras pesadas, pueden considerarse como generado por la presencia de anfíboles residuales en la roca parental.

Como se ha indicado mas arriba, las trayectorias vectoriales de fraccionamientos en el diagrama Sr vs. Ba de granate, biotita, hornblenda, plagioclasa, feldespato potásico, clinopiroxeno y ortopiroxeno indican que las rocas de la SGLL no derivan, mediante fraccionamiento de estos minerales, de las rocas de la SLL.

Edad y correlaciones

Las dataciones radimétricas llevadas a cabo en las rocas de López Lecube corresponden a las realizadas por Cingolani y Varela (1973). Estos autores determinaron, sobre la base de muestras de granito hornbléndico una isócrona Rb/Sr que arrojó una edad de 227± 32 Ma. Establecieron además una edad K/Ar de

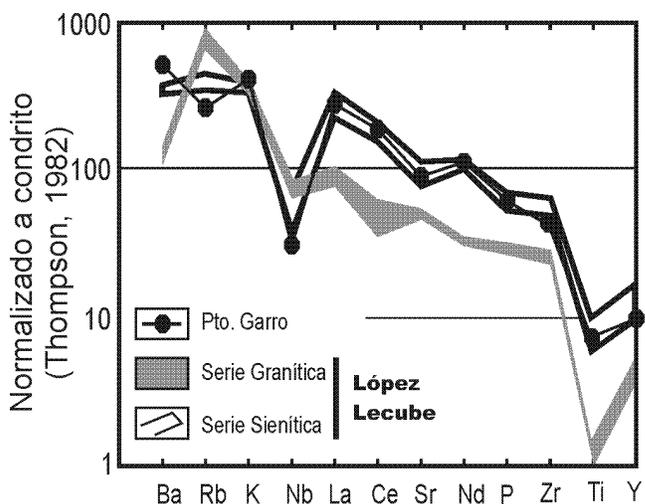


Figura 6: Diagramas extendidos de elementos incompatibles, normalizados a condrito (Thompson, 1982), de las rocas de López Lecube y Puesto Garro.

240±12 Ma. Por otro lado Tomezzoli y Vilas (1997) observaron que la posición del polo geomagnético promedio de López Lecube ocupa una posición muy similar al polo de la Formación Choique Mahuida, cuyo Miembro San Carlos posee una edad K/Ar de 254± 10 Ma. (Linares *et al.* 1980). Estos datos indican que estas rocas fueron emplazadas en algún momento durante el Pérmico Superior y el Triásico Inferior.

Rocas ígneas con edades similares a estas no han sido detectadas en la zona de Sierra de la Ventana, pero sí aparecen ampliamente distribuidas en la provincia de La Pampa (Linares *et al.* 1980). Así mismo, Varela *et al.* (1985) correlacionaron el evento intrusivo de López Lecube con las rocas riolíticas aflorantes en la zona de Lihuel Calel, cuya edad ha sido establecida por Rapela *et al.* (1996) en 240 ± 2 Ma. mediante una isócrona Rb-Sr.

En La Pampa las rocas graníticas con edades que van entre los 232 ± 10 y 254 ± 10 Ma. fueron reunidas bajo la denominación de Formación Zúñiga (Linares *et al.* 1980), mientras que las eruptivas, cuyas edades oscilan entre 266 ± 20 y 222 ± 10 Ma se asignaron a la Formación Choique Mahuida, (Llambías 1975) Las rocas de la Fm. El Centinela (traquiandesitas y traquitas potásicas) presentan una edad de 250 ± 10 Ma.

Rocas de composiciones y edades similares a las de la Fm. El Centinela fueron reconocidas por Dristas y Deguillén (1995) y Dristas *et al.* (1998) en la zona de Puesto Garro, ubicado 100 km al SE de Santa Isabel. (36° 56' N-66° 27' O, aproximadamente)

A los efectos comparativos se presentan diagramas expandidos normalizados a condrito de muestras de Puesto Garro (Dristas *et al.* 1998) y de las sienitas y granitos de López Lecube. (Fig. 6)

Ambos grupos presentan diseños y grados de enriquecimiento similares. Se observan importantes enriquecimientos en LILE, siendo especialmente marcada en el caso de las muestras de Pto. Garro. Todas ellas exhiben anomalías negativas de Nb y Ti y enriquecimiento de Rb, Ba, K y La.

Las similitudes tanto en edades como en diseño, indican que las mismas posiblemente representen un único ciclo magmático que se extiende desde el Pérmico superior al Triásico superior.

Origen del magma

Foley *et al.* (1987) basándose en las características geoquímicas dividió a las rocas de alto potasio y ultrapotásicas en tres grupos:

Grupo I: Lamprófidos y rocas alcalinas de áreas estables;

Grupo II: Kamafugitas de zonas de rift;

Grupo III: Asociaciones de arcos volcánicos de zonas de subducción.

La SSSL presenta notables similitudes con el Grupo III de Foley *et al.* (1987), en varios aspectos (Fig. 3).

Desde el punto de vista paragenético ellas contienen apatito + biotita + clinopiroxeno + illmenita + feldspato potásico + plagioclasas. Además presentan altas concentraciones de CaO, LILE, REE y bajos contenidos de HFSE y se pueden reconocer importantes anomalías negativas de Nb, Ta, Hf y Ti. Las pronunciadas anomalías de Nb y Ta no son compatibles con los Grupos I y II.

Estas características indican entonces que las rocas de la SSSL se hallan genéticamente relacionadas a zonas donde hay importantes componentes geoquímicos derivados de manto.

Dentro del Grupo III, Muller y Groves (1995) diferenciaron los siguientes estadios:

a) Arcos continentales relacionados a reorganización de bordes de placas debido a convergencia oblicua y a ángulos de subducción pequeños. (Vulcanitas de la provincia Romana, Arco de las Islas Eólicas).

b) Rocas potásicas de arcos poscolisionales (Alpes-Himalaya) generadas en condiciones extensionales en zonas de suturas sometidas a ascenso. Si el magmatismo no se emplaza inmediatamente luego de la colisión y se retrasa varios millones de años, podemos pasar a estadios de magmatismo alcalino intracontinental.

c) Rocas potásicas emplazadas en las etapas tanto tempranas como tardías de arcos volcánicos generados en corteza oceánica (Arco de las Islas Mariana-Arco de las Islas Fidji).

Las rocas de la SSSL presentan enriquecimientos importantes en LILE, HFSE y REE, así como diseños que no son compatibles con aquellas generadas en arcos emplazados en corteza oceánica y en estadios poscolisionales. Los diseños y las anomalías presentes son comparables a las observadas en rocas potásicas cuyas fuentes fueron originadas en el estadio a).

Como se ha indicado la SSSL presenta similitudes con diversas series plutónicas, entre las que se cuenta la serie sienítica de la Provincia Caledónica del NO de Escocia, originadas mediante subducción seguido de colisión.

Se asemejan también a las sienitas y shoshonitas de la Provincia Grenville del SE de Canadá, las cuales poseen afinidades de rocas generadas en ambientes de subducción y a los granitoides de los Montes Paterson y Nielsen y de la Cadena Ford, de la Antártida, con firmas de procesos de subducción pero emplazadas bajo condiciones extensionales en rift continentales.

Se reconocen, además, características similares a las de los granitos Fuzhou y Danyang, cuyo origen proviene de una fuente mantélica relacionada a subducción, pero emplazados en fallas profundas de la corteza continental.

La SSSL es geoquímicamente equivalente a la Serie Mount Osceola de la provincia White Mountain del este de los Estados Unidos y Canadá. Si bien el ambiente tectónico de emplazamiento es dudoso, Eby (1990) la considera relacionado a la apertura del Atlántico Norte y como tal lo considera propio de rift continentales.

Los afloramientos del ciclo Gondwánico que se extienden entre Lopez Lecube y Santa Isabel, en la provincia de La Pampa, no muestran evidencias que permitan sustentar la existencia de un arco magmático. Además las condiciones de deformación durante el emplazamiento de este ciclo parecen ser mínimas. (Linares *et al.* 1980).

Basado en las evidencias arriba enunciadas, consideramos que las rocas de la SSLL habrían sido generadas a partir de componentes mantélicos y emplazadas en zonas donde imperaron condiciones extensionales.

Conclusiones

El Intrusivo Lopez Lecube, localizado al SO de la provincia de Buenos Aires se halla constituido por una serie sienítica de afinidad alcalina y una serie granítica. Su edad Pérmica y su comportamiento químico, lo hace correlacionable con las series eruptivas gondwánicas de la provincia de La Pampa. Las características geoquímicas de las rocas permiten considerar un origen mantélico emplazadas en ambientes asociados a rift continentales generadas por estadios extensionales.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer al Dr. J. Kostadinoff (UNS) por compartir desinteresadamente datos geofísicos de la provincia de La Pampa y por las fructíferas discusiones sobre los mismos. Al Dr. J. A. Dristas (UNS) por los datos inéditos de rocas eruptivas alcalinas de la provincia de La Pampa. Así mismo, a los árbitros cuyas sugerencias ayudaron a mejorar la calidad de este trabajo.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Blichert-Toft, J., Rosing, M., Leshner, C. E. and Chauvel, C., 1995. Geochemical constraints on the origin of the Late Archean Skjoldungen alkaline igneous province, SE Greenland. *Journal of Petrology*, 36, 2: 515-561.
- Bonarelli, G. y Pastore, F., 1915. Una cantera de granito cerca de la Estación López Lecube (FCS), en el Partido de Villarino (provincia de Buenos Aires). *Anales Museo Nacional de Historia Natural*, 27: 127-138.
- Calmels, A., 1955. Estudio geológico y petrográfico de la Cantera de López Lecube, provincia de Buenos Aires. Tesis Museo de La Plata 222, pp. 91 (Inédito)
- Cingolani, C. A. y Varela, R., 1973. Examen geocronológico por el método rubidío estroncio de las rocas ígneas de las Sierras Australes Bonaerenses. 5° Congreso Geológico Argentino, Actas 1, 349-371. Carlos Paz.
- Civetta, L., Cornette, Y., Crisci, G., Gillet, P. Y., Orsi, G. and Requejo, C. S., 1984. Geology, geochronology and chemical evolution of the island of Pantelleria. *Geological Magazine*, 121: 541-562.
- Corriveau, L. and Gorton, M. P., 1993. Coexisting K-rich alkaline and shoshonitic magmatism of arc affinities in the Proterozoic: a reassessment of syenitic stocks in the southwestern Grenville Province. *Contribution to Mineralogy and Petrology*, 113: 262-279.
- Dristas, J. A. y Deguillén, A., 1995. Las traquitas comendíticas portadoras de núcleos diopsídicos de Puesto Garro, provincia de La Pampa. *Hoja Geobiológica Pampeana*, 7 (11): 108.
- Dristas, J. A., Hansteen, T., Deguillén, A. O. and Kunis, S., 1998. Glass and CO₂-dominated fluid inclusions in diopside-rich xenoliths and clinopyroxene phenocrysts from a comenditic trachyte. *La Pampa Province, Argentina. Terra Nostra* 98/5, 16 *Geowissenschaftliches Lateinamerika-Kolloquium*. 31 Bayreuth.
- Eby, G.N., 1990. The A-type granitoids: A review of their occurrence and chemical characteristics and speculation on their petrogenesis. *Lithos*, 26, 115-134.
- Foley, S. F., Ventuelli, G., Green, D. H. and Toscani, L., 1987. The ultrapotassic Rocks: Characteristics, Classification, and Constraints for Petrogenetic models. *Earth Science Reviews*, 24: 81-134.
- Irvine, T. N. and Baragar, W. R. A., 1971. A guide to the chemical classification of the common rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 8: 523-548.
- Lameyre, J. and Bowden, P., 1982. Plutonic rock type series: discrimination of various granitoids series and related rocks. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 14: 169-186.
- Linares, E., Llambías, E. J. y Latorre, C. O., 1980. Geología de la provincia de La Pampa, República Argentina y Geocronología de sus rocas metamórficas y eruptivas. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 35 (1): 87-146.
- Llambías, E. y Prozzi, C. R., 1975 Ventania. En: *Relatorio Geológico de la provincia de Buenos Aires. 6° Congreso Geológico Argentino*. 79-101. Buenos Aires.
- Llambías, E. J., 1975. Geología de la provincia de La Pampa y su aspecto minero. Informe inédito. Dirección de Minas de la provincia de La Pampa. Santa Rosa.
- Llambías, E. J., Palacios, M. y Danderfer, J. C., 1976. Petrología de la Cantera López Lecube, provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Argentina de Mineralogía, Petrología y Sedimentología*, 7, (3-4): 83-87.
- Kostadinoff, J. y Albouy, R., 1988. Estudio de las anomalías gravimagnéticas en el área del intrusivo de López Lecube, Laguna Las Encadenadas y Sierra de Cortapié, provincia de Buenos Aires. 2° Jornadas Geológicas Bonaerenses, Actas: 481-488.
- Mann, A. C., 1983. Trace elements geochemistry of high alumina basalt-andesite-dacite-rhyodacite lavas of the main volcanic series of Santorini volcano, Greece. *Contribution to Mineralogy and Petrology*, 84: 43-57.
- Martin, H., Bonin, B., Capdevila, R., Jahn, B. M., Lameyre, J and Wang, Y., 1994. The Kuirui peralkaline Granitic Complex (SE China): Petrology and Geochemistry. *Journal of Petrology*, 35, 4: 983-1015.
- Middlemost, E. A. K., 1994 Naming materials in the magma/igneous rock system. *Earth Science Reviews*, 37: 215-224.
- Muller, D. and Groves, D.L., 1995. Potassic igneous rocks and associated Gold-Copper mineralization. *Lecture notes in Earth Sciences*. Springer, pp: 1-210.
- Neumann, E. R., 1980. Petrogenesis of the Oslo region larvikites and associated rocks. *Journal of Petrology*, 21: 449-531.
- Pearce, J. A., Harris, N. B. W. and Tindle, A. G., 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology*, 25: 956-983.
- Pecerrillo, A. and Taylor, S. R., 1976. Geochemistry of Eocene calcoalkaline volcanic rocks from the Kastamonu Area, Northern Turkey. *Contribution to Mineralogy and Petrology*, 58: 63-81.
- Rapela, C. W., Pankhurst, R.J., Llambías, E. J., Labudía, C. and Artabe, A., 1996. «Gondwana» magmatism of Patagonia: inner Cordilleran calc-alkaline batholiths and bimodal volcanic provinces. *Third International Symposium on Andean Geodynamics*, Saint-Malo, Francia: 791-794.
- Schiller, W., 1930. Investigaciones geológicas en las montañas del sudoeste de la provincia de Buenos Aires. *Anales del Museo de La Plata (Serie 2)*, 4: 9-101.

- Shand, S.J., 1943. Eruptive rocks. Their Genesis, Composition, Classification, and Their Relations to Ore-deposits. J. Wiley, New York. pp. 444.
- Sun, S. S., 1982. Chemical composition and origin of the earth's primitive mantle. *Geochemical and Cosmochemical Acta*, 46: 179-192.
- Thompson, R. N., 1982. British Tertiary volcanic province. *Scottish Journal of Geology*, 18: 49-107.
- Thompson, R. N. and Fowler, M. B., 1986. Subduction-related shoshonitic and ultrapotassic magmatism: a study of Siluro-Ordovician syenites from the Scottish Caledonides. *Contribution to Mineralogy and Petrology*, 94: 507-522.
- Tomezzoli, R. N. y Vilas, J. F., 1997. Estudios paleomagnéticos preliminares y de fábrica magnética en afloramiento de López Lecube (38° lat. S, 62° long. O) y González Chaves (38° lat. S, 60° long. O), en las cercanías de las Sierras Australes de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 52, (4): 419-432.
- Varela, R., Dalla Salda, L. y Cingolani, C. A., 1985. Estructura y composición geológica de las sierras Colorada, Chasicó y Cortapié, Sierras Australes de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 40 (3-4): 254-261.
- Weaver, B. L. and Tarney, J., 1984. Empirical approach to estimating the composition of the continental crust. *Nature*, 310: 575-577.
- Weaver, S. D., Adams, C. J., Pankhurst, R. J. and Gibson, I. L., 1992. Granites of Edward VII Peninsula, Marie Byrd Land: anorogenic magmatismo related to Antarctic-New Zealand rifting. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh: Earth Sciences*, 83: 281-290

Recibido: 3 de octubre, 2001

Aceptado: 4 de marzo, 2003