

## EMPLAZAMIENTO HIPABISAL MIOCENO TARDIO DEL STOCK DE PASO DE LAS LLAVES EN LA REGION DE TRAS ARCO, AYSÉN

Gabriel Vargas y Francisco Hervé\*

Departamento de Geología, Universidad de Chile.  
Casilla 13518, Correo 21.  
Santiago, Chile.

### RESUMEN

*El stock de Paso de Las Llaves, situado en la región de tras arcos de los Andes Nor Patagónicos de Aysén, presenta una variación petrográfica y química desde gabro a granodiorita, con emplazamiento local de pegmatitas graníticas y cavidades miarolíticas con relleno parcial de minerales automorfos. La petrografía y geoquímica son consistentes con una evolución magmática dada por cristalización fraccionada de los minerales ferromagnesianos y plagioclasas cálcicas, con una posterior alteración por fluidos póstumos. Las pegmatitas y cavidades miarolíticas corresponderían a la última etapa de cristalización del magma, en condiciones de baja presión. Datos de inclusiones fluidas sugieren profundidades de cercanas a los 2 Km para la formación de los minerales de las cavidades, mientras que geobarometría de hornblendas indica una profundidad cercana a los 3 Km para el emplazamiento del plutón. Un valor de edad de 10 Ma, unido al emplazamiento superficial del stock de Paso de Las Llaves, sugiere una tasa de alzamiento de 0.3 Km/Ma para esta zona de la región de tras arco.*

### ABSTRACT

*The Paso de Las Llaves's stock is situated in the back arc region of the North Patagonian Andes of Aysén. It has a petrographical and chemical variation from gabbro to granodiorite, with local emplacement of granitic, pegmatites and miarolitic cavities with partial infill of automorphic minerals. The petrography and geochemistry are consistent with a magmatic evolution driven by a fractionated cristalization of the ferromagnesian minerals and calcic plagioclase, with a late alteration by posthumous fluids. The pegmatites and miarolitic cavities correspond to the last stage of the magmatic crystallization, in low pressure conditions. Fluid inclusion data indicate depths close to 2 Km for the mineral formation of the cavities, and the hornblende geobarometry indicates a depths close to 3 Km for the pluton emplacement. A 10 Ma age, together with superficial emplacement of the Paso de Las Llaves's stock, indicates an uplift rate of 0.3 Km/Ma for this zone of the back arc region.*

## INTRODUCCION

La litología de la zona norte de los Andes Patagónicos de Aysén está dominada por el Batolito Nor Patagónico de edad principalmente cretácica, el cual sirve de basamento para la cadena activa de la Zona Volcánica de Los Andes del Sur.

En la región de tras arco, hacia el oriente de esta zona, se conocen además pequeños plutones que intruyen al cinturón cretácico, tal como ejemplifican los plutones de Torres del Paine, Fitzroy y el stock de Paso de Las Llaves. En este trabajo se describen las características mineralógicas, petrográficas y geoquímicas de uno de estos plutones, el stock de Paso de Las Llaves, cuyos afloramientos se sitúan en la ribera Sur del Lago General Carrera, algunos km al oeste de Fachinal.

## MARCO GEOLOGICO

En la zona situada inmediatamente al sur del lago General Carrera, afloran terrenos paleozoicos, representados por el Basamento Metamórficos; mesozoicos, correspondientes a las Formaciones Ibáñez, Coyhaique y Divisadero; unidades sedimentarias terciarias; sedimentos recientes, y rocas plutónicas graníticas de edad cretácica y mioceno (Fig. 1).

El plutón de Paso de Las Llaves corresponde a un stock, que intruye a ignimbritas ácidas y a tufitas del Jurásico Superior pertenecientes a la Formación Ibáñez, las cuales se disponen discordantemente sobre rocas del Paleozoico Superior pertenecientes al Basamento Metamórfico.

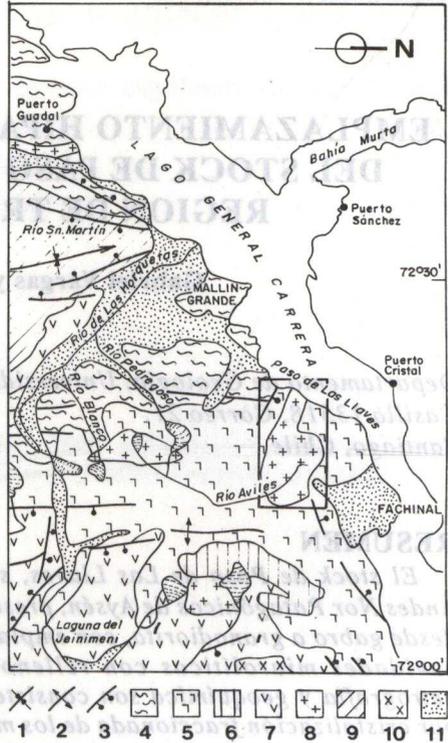


Fig. 1. Mapa geológico del área de Paso de Las Llaves (Simplificado de Niemeyer, 1975).  
 1 Sinclinal 2. Anticlinal 3. Falla Normal  
 4. Basamento metamórfico 5. Formación Ibáñez  
 6. Formación Coyhaique 7. Formación Divisadero  
 8. Stock de Paso de Las Llaves 9. Unidades sedimentarias terciarias 10. Otros intrusivos  
 11. Sedimentos recientes.

## PETROGRAFIA

El stock de Paso de Las Llaves, cuyos afloramientos se extienden por 300 m, se caracteriza por una variación petrográfica desde gabro a granodiorita, y por la presencia de pegmatitas graníticas con relleno parcial de cavidades miarolíticas. Los contactos con la roca encajante son abruptos, mientras que entre los distintos tipos petrográficos que componen el stock existe un cambio gradual. El cuerpo está afectado por fracturas con abundantes sulfuros, principalmente pirita y calcopirita.

Los **gabros** constituyen una parte restringida de los afloramientos. Estas son rocas de textura porfírica, en algunos casos fanerítica, con fenocristales subhedrales de plagioclasa zonada, clinopiroxeno, escaso ortopiroxeno, y eventualmente olivino o anfíbola, en una masa fundamental microcristalina. Los fenocristales de piroxenos están parcialmente alterados a calcita, clorita, anfíbola y óxidos, presentando textura de bordes corroídos. Las anfíbolas se encuentran muy alteradas a tremolita y clorita, con bordes similares a los de los piroxenos. Las plagioclasas están levemente reemplazadas por calcita, mientras que los olivinos se encuentran frescos.

Las **dioritas** y **granodioritas** constituyen el tipo petrográfico predominante en los afloramientos. Son rocas de textura fanerítica, levemente inequigranular, con cristales de plagioclasa zonada, cuarzo, feldespato potásico, anfíbolas, clinopiroxenos, escasos ortopiroxenos, biotita y minerales opacos. Los piroxenos y anfíbolas están parcialmente alterados a tremolita, clorita y calcita, presentando textura de bordes corroídos, mientras que las biotitas están levemente reemplazadas por clorita. Los cristales de plagioclasa se presentan en dos familias de tamaños, una de 1 a 2 mm y otra de 3 a 4 mm; estos últimos muestran texturas de bordes embahiados, y una alteración leve a calcita. La Tabla 1 muestra análisis de Microsonda realizados en algunos minerales presentes en la muestra 92-84, petrográficamente correspondiente a una granodiorita. En ella se puede ver que las anfíbolas analizadas corresponden a magnesio-hornblendas y hornblendas actinolíticas, y que los piroxenos son augitas diopsídicas. La zonación normal de las plagioclasas se evidencia en los análisis 154 y 155, correspondiente a

centro y borde de una plagioclasa respectivamente. La magnetita se presenta como un mineral accesorio.

Estas rocas gradan a facies pegmatíticas de composición granítica, con entrecrecimiento gráfico de cuarzo y feldespato potásico rico en Bario, en cristales de 0.5 a 2 cm, biotita y minerales opacos incluyendo pirita. Las pegmatitas rodean cavidades miarolíticas, cuyo diámetro varía de 2 a 10 cm.

Las cavidades miarolíticas se encuentran principalmente emplazadas en granodioritas y dioritas, y están parcialmente rellenas por cristales euhedrales de cuarzo, albita, titanita, pirofilita y turmalina, los cuales se disponen en continuidad a partir de la facie pegmatítica. Cristales euhedrales de clorita, epidota y calcita se disponen espacialmente sobre los minerales antes mencionados y rellenan espacios entre ellos (Fig. 2)

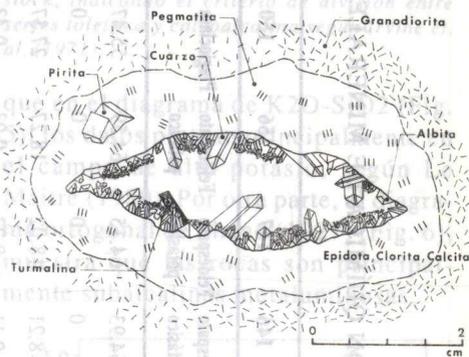


Fig. 2. Esquema de una cavidad miarolítica.

El **cuarzo** y la **albita** predominan en las cavidades, y se presentan en dos familias de cristales de tamaño 0.5 a 1 mm y hasta 1 cm, translúcidos o lechosos, euhedrales y de forma piramidal en el caso del cuarzo. La **titanita** se encuentra en cristales solitarios bien formados de color miel, con tamaños de 1 a 3 mm. Cristales prismáticos ne-

**TABLA 1: COMPOSICIÓN QUÍMICA DE MINERALES ANALIZADOS POR MICROSONDA EN MUESTRA 92-84**

Numero	165	146	147	156	150	154	155	160	153	162	163	167
Mineral Óxido (%)	Epidota	Feldespatopotásico	Feldespatopotásico	Feldespatopotásico	Plagioclasa	Plagioclasa	Plagioclasa	Plagioclasa	Magnetita	Piroxeno	Piroxeno	Titanita
SiO <sub>2</sub>	36.85	63.94	64.93	64.15	64.59	55.47	51.43	55.81	53.9	51.942	52.818	29.852
TiO <sub>2</sub>	0.23	0	0	0	0	0	0	0	0.07	0.194	0	35.192
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22.83	18.15	18.21	18.02	18.27	27.37	29.75	27.8	0.04	0.968	0.204	1.115
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.29	0.3	0.11	0.23	0.03	0.43	0.38	0.24	93.4	9.007	7.355	1.342
MnO	0.25	0	0	0	0	0	0	0	0.05	0.499	0.629	0.142
MgO	0	0.02	0	0	0	0	0	0	0	14.315	13.975	0
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0.09	0.017	0	0
CaO	23.05	0.08	0.06	0.08	0.02	10.19	13.19	10.14	11.04	0	21.637	24.558
Na <sub>2</sub> O	0	1.04	1.08	1.16	1.15	5.8	4.01	5.86	5.1	0	0.327	0
K <sub>2</sub> O	0.02	15.88	15.57	15.82	15.88	0.2	0.22	0.19	0	0.019	0.015	0
<b>Total</b>	<b>96.52</b>	<b>99.402</b>	<b>99.962</b>	<b>99.466</b>	<b>99.947</b>	<b>99.453</b>	<b>98.976</b>	<b>100.029</b>	<b>93.91</b>	<b>98.926</b>	<b>99.815</b>	<b>96.339</b>

gros de **turmalina** son poco abundantes, con tamaños de 0.5 a 5 mm. La **pirofilita** es muy escasa, presentándose en agregados micáceos de hábito fibroso y tamaño 0.5 cm. **Clorita**, **epidota** y **calcita** se disponen de manera abundante en agregados de cristales individuales de tamaño 0.5 mm. Un estudio de identificación de minerales por difracción de rayos X, permitió determinar que las especies mineralógicas presentes en las cavidades corresponden a **cuarzo alfa**, **albita de baja**, **titanita**, **turmalina** de la variedad **chorlita**, **pirofilita**, **clinocloro IIb**, **epidota**, **calcita**, **ortoclasa** rica en bario y **pirita**.

## GEOQUIMICA

Siete muestras del plutón de Paso de Las Llaves fueron analizadas para elementos mayores, menores y tierras raras. Los resultados se presentan en la Tabla 2. La muestra IBA8b corresponde a una pegmatita en contacto con una diorita a granodiorita, esta última representada por IBA8n. Las muestras IBA6 e IBA9 son cercanas a las cavidades miarolíticas, mientras que IBA22, IBA23 e IBA24 fueron tomadas a distancias de 100 a 200 m.

El ploteo de los datos en el diagrama de nomenclatura de rocas ígneas de Cox et al. (1979) (Fig. 3), muestra que

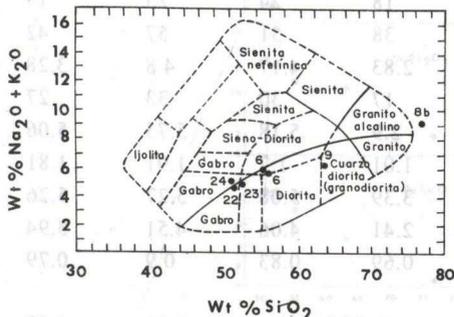


Fig. 3. Diagrama de nomenclatura de rocas ígneas de Cox. et al. (1979), con el ploteo de las muestras del stock de Paso de Las Llaves.

la mayoría cae en el límite entre los campos alcalino y subalcalino, según la división de Miyashiro (1978), variando desde gabro, pasando por diorita y granodiorita, hasta granito alcalino en el caso de la pegmatita. En el diagrama AFM las muestras constituyen una serie calcoalcalina, según el criterio de Irvine et. al. (1971) (Fig. 4), mientras

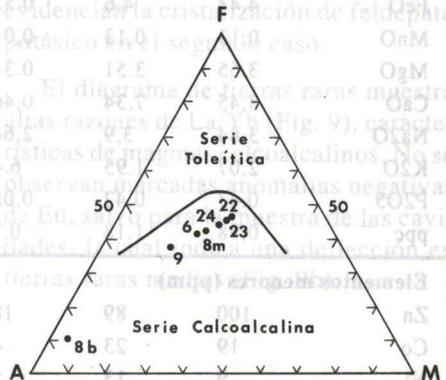


Fig. 4. Diagrama AFM para las muestras del stock, indicando el criterio de división entre series toleítica y calcoalcalina según Irvine et. al. (1971).

que en el diagrama de  $K_2O-SiO_2$  (Fig. 5), los datos plotean principalmente en el campo de alto potasio, según Le Maitre (1989). Por otra parte, el diagrama ortogonal de Shand (1927) (Fig. 6), muestra que las rocas son principalmente subalcalinas metaluminosas.

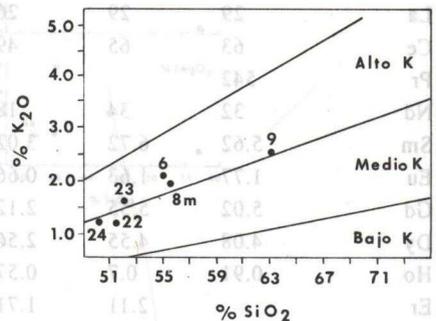


Fig. 5. Ploteo de muestras en el diagrama de  $K_2O$  vs  $SiO_2$ , indicando los campos de alto, medio y bajo potasio según Le Maitre (1989).

TABLA 2: ANALISIS QUÍMICOS (ICP) DE ROCAS DEL PLUTON DE PASO DE LAS LLAVES (POR J. MARTINEZ, DEPTO. DE GEOLOGIA DE LA U. DE CHILE)

Muestra	IBA 6	IBA 8n	IBA 8b	IBA 9	IBA 22	IBA 23	IBA 24
<b>Oxidos (%)</b>							
SiO <sub>2</sub>	55.05	55.11	76.8	63.16	51.7	52.03	50.63
TiO <sub>2</sub>	1.01	1.14	0.11	0.75	1.33	1.43	1.37
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.19	16.94	11.86	16.3	18.37	18.54	19.17
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.57	2.88	0.61	4.33	3.34	2.45	3.41
FeO	4.44	4.6	0.52	1.2	4.96	5.96	4.92
MnO	0.13	0.13	0.01	0.09	0.14	0.16	0.15
MgO	3.65	3.51	0.31	2.16	4.73	4.78	4.43
CaO	8.45	7.34	0.46	4.62	9.08	8.76	9.25
Na <sub>2</sub> O	3.84	3.9	2.64	3.71	3.4	3.19	3.88
K <sub>2</sub> O	2.07	1.95	6.4	2.4	1.17	1.61	1.21
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.43	0.42	0.05	0.29	0.47	0.46	0.52
ppc	0.98	1.18	0.7	1.35	1.76	0.56	1.28
<b>Elementos menores (ppm)</b>							
Zn	100	89	18	103	127	185	168
Co	19	23	4	15	22	29	30
Ni	9	13	5	9	13	19	25
Ba	554	750	460	800	420	560	320
Cr	20	23	5	15	14	29	17
V	197	190	11	110	250	260	240
Nb	6			12	8	13	5
Cu	30	33	15	10	31	22	35
Sc	18	16.4	1.2	9	21	25	19
Sr	850	730	209	700	800	850	850
Be	1			1	1	1	1
Y	23	25.4	16.1	16	21	24	20
Zr	116	137	87	186	109	137	35
<b>Tierras raras (ppm)</b>							
La	29	29	26	18	24	25	19
Ce	63	65	49	38	51	57	42
Pr	542			2.83	4.17	4.8	3.28
Nd	32	34	18	17	30	33	27
Sm	5.62	6.72	3.02	2.9	5.18	5.73	5.06
Eu	1.77	1.63	0.66	1.01	1.7	1.91	1.81
Gd	5.02	5.55	2.12	3.39	5.08	5.27	5.26
Dy	4.08	4.55	2.56	2.41	4.06	4.51	3.94
Ho	0.91	0.7	0.57	0.69	0.83	0.9	0.79
Er		2.11	1.71				
Yb	2.16	2.16	1.7	1.63	1.96	2.21	1.92
Lu	0.33	0.31	0.25	0.26	0.31	0.33	0.28

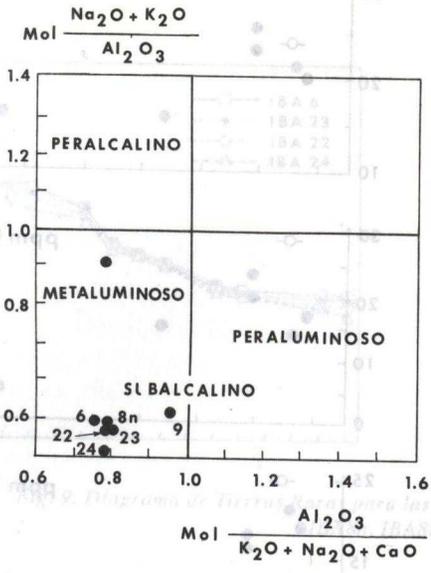


Fig. 6. Diagrama ortogonal de Shand (1927), con el ploteo de muestras del stock de Paso de Las Llavés.

Los diagramas de Harker de la Figura 7 muestran una suave variación lineal, negativa, de elementos mayores con el aumento en el contenido de sílice, salvo para el Na y el Fe. Estos mismos diagramas, para elementos menores (Fig. 8), muestran relaciones algo más complejas con la variación de sílice, conservando una tendencia suave a la disminución, salvo para el Zr y Ba que posiblemente evidencian la cristalización de feldespato potásico en el segundo caso.

El diagrama de tierras raras muestra altas razones de La/Yb (Fig. 9), características de magmas calcoalcalinos. No se observan marcadas anomalías negativas de Eu, salvo para la muestra de las cavidades, la cual indica una deflexión en tierras raras medias (Fig. 9b).

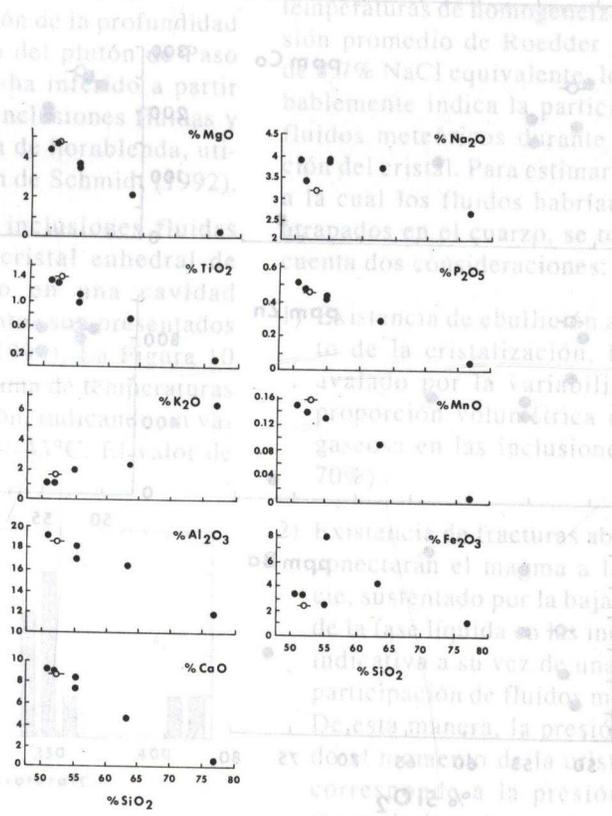


Fig. 7. Diagramas de Harker para elementos mayores.

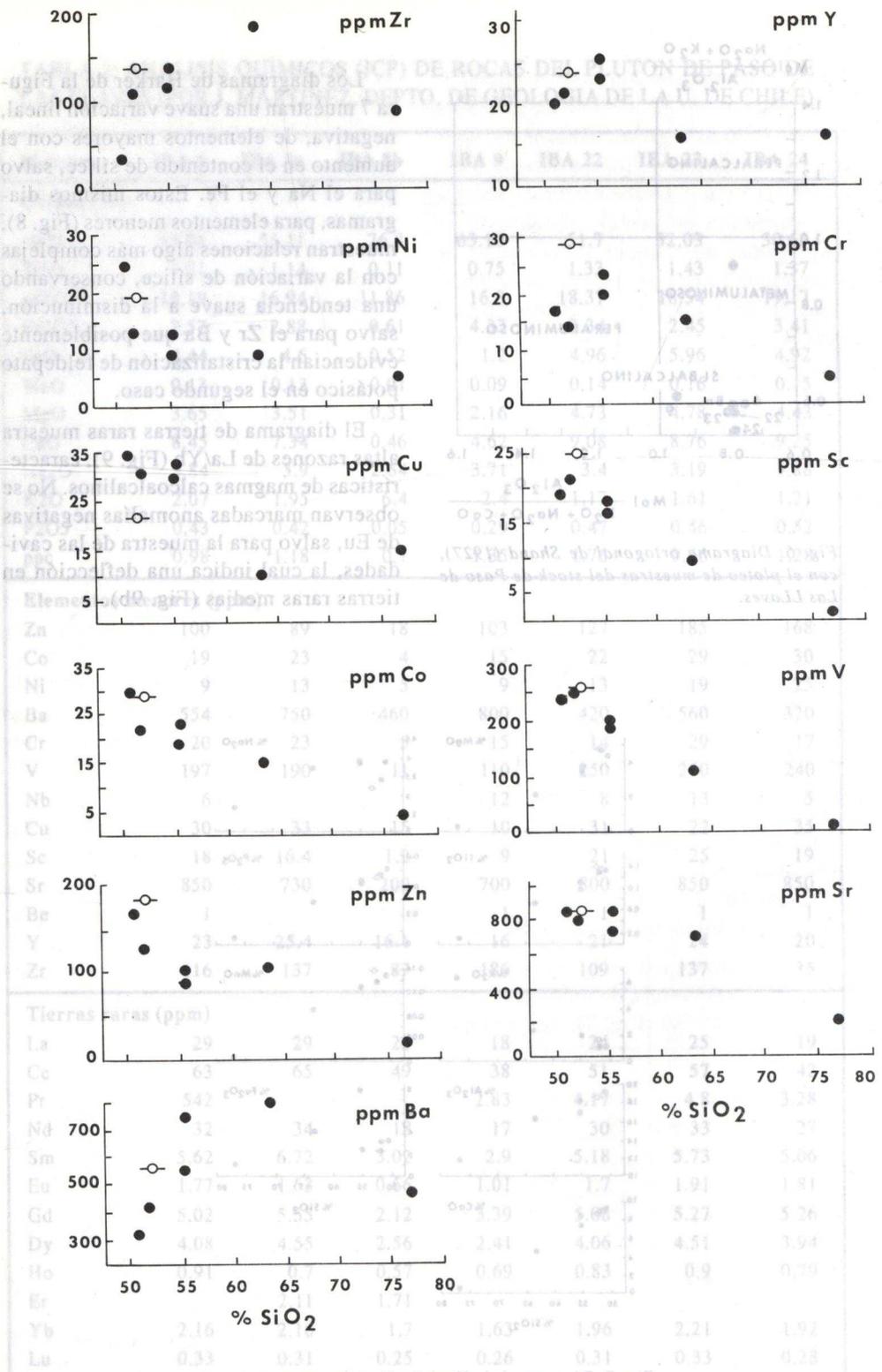


Fig. 8. Diagramas de Harker para elementos menores.

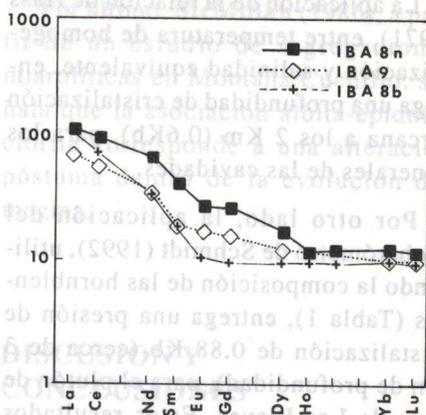
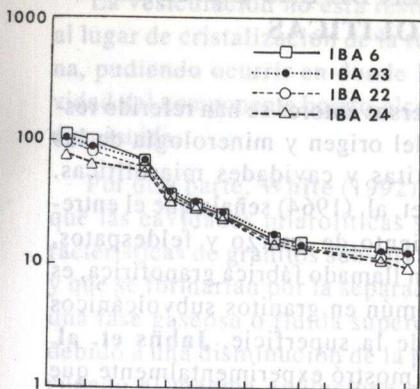


Fig. 9. Diagrama de Tierras Raras para las muestras IBA6, IBA23, IBA22 e IBA24 (Fig. 9a); IBA8n, IBA8b e IBA9 (Fig. 9b).

## GEOBAROMETRIA

La determinación de la profundidad de emplazamiento del plutón de Paso de Las Llaves, se ha inferido a partir de un estudio de inclusiones fluidas y por geobarometría de hornblenda, utilizando la relación de Schmidt (1992).

Se estudiaron inclusiones fluidas atrapadas en un cristal euhedral de cuarzo contenido en una cavidad miarolítica. Los datos son presentados en Vargas et. al (1994). La Figura 10 muestra el histograma de temperaturas de homogeneización, indicando un valor medio de  $345 \pm 43^\circ\text{C}$ . El valor de

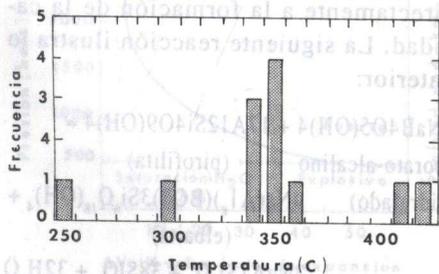


Fig. 10. Histograma de temperaturas de homogeneización.

salinidad para los fluidos atrapados, obtenidos a partir de la relación entre temperaturas de homogeneización y fusión promedio de Roedder (1984), es de 8.7% NaCl equivalente, lo cual probablemente indica la participación de fluidos meteóricos durante la formación del cristal. Para estimar la presión a la cual los fluidos habrían quedado atrapados en el cuarzo, se tomaron en cuenta dos consideraciones:

- 1) Existencia de ebullición al momento de la cristalización, lo cual es avalado por la variabilidad en la proporción volumétrica de la fase gaseosa en las inclusiones (15% a 70%).
- 2) Existencia de fracturas abiertas que conectaran el magma a la superficie, sustentado por la baja salinidad de la fase líquida en las inclusiones, indicativa a su vez de una eventual participación de fluidos meteóricos. De esta manera, la presión de fluido al momento de la cristalización corresponde a la presión hidrostática de la columna líquida sobre el cristal.

La aplicación de la relación de Hass (1971), entre temperatura de homogeneización y salinidad equivalente, entrega una profundidad de cristalización cercana a los 2 Km (0.6Kb), para los minerales de las cavidades.

Por otro lado, la aplicación del geobarómetro de Schmidt (1992), utilizando la composición de las hornblendas (Tabla 1), entrega una presión de cristalización de 0.88 Kb (cerca de 3 Km de profundidad), para el plutón de Paso de Las Llaves. Estos resultados constituyen un buen acercamiento dada la imprecisión de los dos métodos.

## GEOCRONOLOGIA

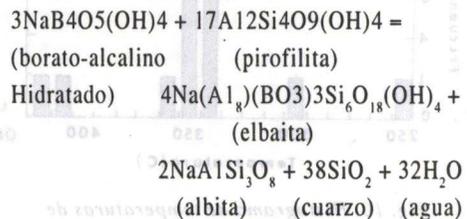
Una datación por isocrona de Rb-Sr en roca total y minerales, arroja un valor de 10 Ma para el stock de Paso de Las Llaves (Pankhurst y Hervé, 1994).

Además, se efectuaron dos determinaciones de edad por el método 40Ar/39Ar en el Laboratorio de Geocronología de la Universidad de Liverpool, en biotitas de rocas del stock de Paso de Las Llaves (Dr. Nick Petford, comunicación escrita, 1995). Las edades obtenidas son de 9.6+/-0.5 (10) Ma, y 9.6+/-0.4 (10) Ma, usando el método de isocrona de 36/40 vs 39/40.

La cercanía de los valores obtenidos por ambos métodos refuerza la confiabilidad del valor de edad, cercano a los 10 Ma. Este valor, unido a la escasa profundidad inferida para el emplazamiento del plutón, sugiere una tasa de alzamiento de 0.3 Km/Ma.

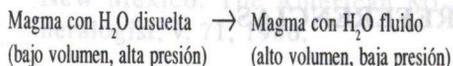
## ORIGEN DE LAS CAVIDADES MIAROLITICAS

Diversos autores se han referido respecto del origen y minerología de las pegmatitas y cavidades miarolíticas. Tuttle et. al. (1964) señala que el entrecrecimiento de cuarzo y feldespatos, también llamado fábrica granofírica, es más común en granitos subvolcánicos cerca de la superficie. Jahns et. al. (1967) mostró experimentalmente que la cristalización de un fundido en presencia de una fase fluida favorece la formación de cristales grandes perfectamente desarrollados. London (1986), a partir de un estudio de pegmatitas en Afganistan y San Diego, señala que el desarrollo de cavidades ocurre aproximadamente entre 475 y 425°C, y entre 2800 y 2400 bars. Este autor señala además, que la formación de cavidades puede ser controlada por la actividad de un componente hidratado borato-alcalino presente en el magma, y de esta manera por el tiempo de cristalización de la turmalina. Esto último no ocurriría sino hasta la última etapa de consolidación de la pegmatita, consumiendo un componente borato-alcalino que resulta en la depositación de otros aluminosilicatos y minerales oxidados, con la consecuente exolución de grandes cantidades de agua, contribuyendo directamente a la formación de la cavidad. La siguiente reacción ilustra lo anterior:



La vesiculación no está restringida al lugar de cristalización de la turmalina, pudiendo ocurrir en donde la actividad del componente borato-alcalino es disminuida.

Por otra parte, **White (1992)** señala que las cavidades miarolíticas son características de granitos subvolcánicos, y que se formarían por la separación de una fase gaseosa o fluida supercrítica, debido a una disminución de la presión cuando el magma evoluciona en condiciones de sistema cerrado durante la intrusión. Lo anterior está ilustrado por la siguiente reacción:



El cambio de volumen ( $V_r$ ) para esta reacción, varía inversamente con la presión (**Burnham et al., 1980**), tal como se muestra en la Figura 11. Este diagrama indica que a presiones menores de 1.000 bars (cerca de 3.5 Km de profundidad), el incremento de volumen es tal cuando el agua es liberada, que la sobrepresión será lo suficientemente grande como para que una cavidad de gas esté presente en el fundido. Por este motivo las cavidades miarolíticas son indicativas de granitos superficiales, probablemente a presiones menores de 1.000 bars.

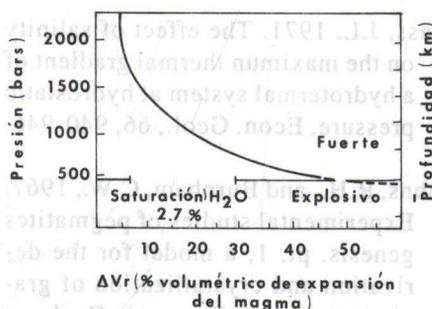


Fig. 11. Relación entre presión y cambio volumétrico de expansión de magma.

Por último, **McMillan (1986)**, a partir de un estudio de segregaciones miarolíticas en Montaña Cuchillo, señala que la asociación albita-epidota-clorita corresponde a una alteración póstuma dentro de la evolución del magma.

## DISCUSION Y CONCLUSIONES

Los datos obtenidos a partir de la petrografía y geoquímica, sugieren que los tipos litológicos que componen el stock de Paso de Las Llaves habrían evolucionado a partir de un magma común, por cristalización fraccionada de los minerales ferromagnesianos y plagioclasas cálcicas. Por una parte, la variación petrográfica desde gabro a granodiorita, evidente en menos de 300 m de afloramiento, avalan una conexión genética entre los mismos. Las texturas de bordes corroídos y embahados en los minerales ferromagnesianos y algunas plagioclasas, junto con la predominancia de texturas levemente inequigranulares en los afloramientos, indican al menos dos fases de cristalización, con un emplazamiento cercano a la superficie. Esto último se corrobora con los datos obtenidos a partir de geobarometría de hornblendas, que indica una profundidad cercana a los 3 Km para el emplazamiento de este plutón. La alteración parcial que muestran algunos minerales a calcita, clorita, epidota y anfíbola corresponde a una alteración póstuma.

Por otra parte, los patrones de variación geoquímica son consistentes

también con una evolución a partir de un magma parental común, de composición calcoalcalina y alto potasio. La carencia de marcadas anomalías negativas de Eu en los diagramas de tierras raras, probablemente indica que esta evolución se habría efectuado en condiciones de sistema cerrado hasta la formación de las cavidades.

Los datos obtenidos a partir del estudio de las cavidades miarolíticas son consistentes con lo señalado por autores anteriores. La profundidad inferida para la formación de las cavidades, cerca de 2 Km, evidencia condiciones de muy baja presión para el desarrollo de las mismas. Esto último, junto con la posibilidad de que el magma haya evolucionado en condiciones de sistema cerrado, concuerda con lo señalado por White (1992), siendo la exolución de fluido a baja presión la principal causa de la formación de las pegmatitas. Por otra parte, la presencia de escasa pirofilita y de turmalina en las cavidades, aún cuando se trate de una especie más rica en Fe, sugieren que la cristalización tardía de este último mineral podría haber gatillado la formación de las cavidades miarolíticas. La presencia de clorita, epidota y calcita en las miarolas corresponde a una alteración póstuma, tal como señala McMillan (1986).

Finalmente, y a una escala más regional, el stock de Paso de Las Llaves evidencia un magmatismo calcoalcalino, de emplazamiento subsuperficial, desarrollado durante el Mioceno. Posteriormente, esta porción de la región de tras arco, al menos en la zona que contiene al stock, habría estado sujeta a una tasa de alzamiento de 0.3 Km/Ma.

## AGRADECIMIENTO

Este trabajo se realizó como un curso de Proyecto I en el Departamento de Geología de la U. de Chile, financiado por los Proyectos FONDECYT 92-0914 y DTI-E3306. El profesor Oscar Wittke dirigió el estudio de Rayos X y Brian Townley el de inclusiones fluidas. Judith Oliva realizó los diagramas, y Victoria Pérez facilitó la digitalización.

## REFERENCIAS

- Burnham, C.W. and Ohmoto, H., 1980. Late stage processes of felsic magmatism: in Ishihara, S. and Takenouchi, S., Eds. Granite magmatism and Related Mineralization, Mining Geology Special Issue, No 8, p. 1-11.
- Cox, K.G., Bell, J.D. and Pankhurst, R.J., 1979. The interpretation of Igneous Rocks. George Allen and Unwin Ltd., London, 450 p.
- Harker, A. (1909). The natural history of igneous rocks. Macmillan, New York.
- Hass, J.L. 1971. The effect of salinity on the maximum thermal gradient of a hydrothermal system at hydrostatic pressure. Econ. Geol., 66, 940-946.
- Jahns, R.H., and Burnham, C.W., 1967. Experimental studies of pegmatites genesis. pt. 1, a model for the derivation and crystallization of granite pegmatites: Economic Geology, v. 64, p. 843-864.

Le Maitre et. al., 1989. A Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms. In: Le Maitre (Ed.) Recommendations of the IUGS Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks, Blackwell S.P., Oxford, 72 p.

London, D., 1986. Formation of tourmaline-rich gem pockets in miarolitic pegmatites. *The American Mineralogist*, v. 71, 1986.

McMillan, K., 1986. Spatially varied miaroles in the albite porphyry of Cuchillo Mountain, southwestern New Mexico. *The American Mineralogist*, v. 71, 1986.

Niemeyer, H., 1975. Geología de la región entre el lago General Carrera y el río Chacabuco, provincia de Aysén. Memoria de Título, Departamento de Geología, Universidad de Chile, 309 p., inédito.

Pankhurst, R.J. and Hervé, F., 1994. Granitoid age distribution and emplacement control in the North Patagonian Batholith in Aysén (44-47°S). *Actas 7° Congreso Geológico Chileno*, vol. II, pp. 1409-1413, Concepción.

Roedder, E., 1984. Fluid inclusions. *Reviews in maximum thermal gradient of a hydrothermal system at hydrostatic pressure. Econ. Geol.*, 66, 940-946.

Shand, S.J., 1927. *Eruptive rocks*. John Wiley and Sons. New York.

Schmidt, W., 1992. Amphibole composition in tonalite as a function of pressure: an experimental calibration for the Al-in-hornblende geobarometer. *Contributions Mineralogy and Petrology*, 110, 304-310.

Tuttle, O.F., Luth, W.C. and Jahns, R.H., 1964. The hypersolvus granite-granophyre rhyolite association. *Trans. Amer. Geophys. Union* v. 45, p. 124 (abstract).

Vargas, G. y Hervé, F., 1994. Mineralogía y condiciones de formación de las cavidades miarolíticas en el stock de Paso de Las Llaves, Aysén. *Actas 7° Congreso Geológico Chileno*, vol. II, 1259-1263, Concepción.

White, A. J.R., 1992. Granite Handbook: description, genesis, some associated ore deposits. *37° Congreso Brasileiro de Geología*.

