

MINERALOGIA DE METABASALTOS ALMOHADIL LADOS DE LOS ANDES NORPATAGONICOS (42°- 46° S): IMPLICANCIAS EN SU EMPLAZAMIENTO Y METAMORFISMO.

Silva, C.¹, Hervé, F.¹

INTRODUCCION

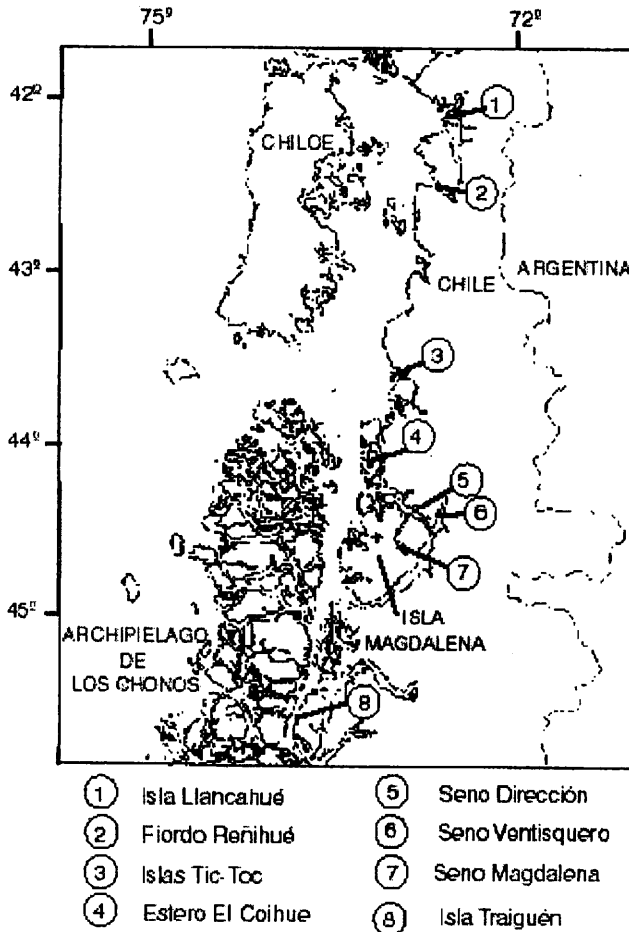


FIGURA N°1: Zona de estudio.

En los Andes Norpatagónicos, entre los 42° y 46°S, hay numerosos afloramientos de metabasaltos que preservan, en parte, estructura ígnea primaria almohadillada (Fig. 1). Es así como en la Cordillera de la Costa, afloran metapelitas y metabasitas, con texturas ígneas y estructuras de almohadilla ocasionalmente preservadas, las cuales corresponden a un Complejo de Subducción Acrecionario, el cual tiene una edad paleozoica superior desde Chiloé hacia el norte y una edad triásica superior (2) en el Archipiélago de los Chonos. El sector costero de Chiloé continental se incluye dentro del Complejo Acrecionario (3), con una edad de depositación Paleozoico Superior, dada por el hallazgo de trilobites devónicos en rodados de pizarras en Buill (4). Por otro lado, al sur de los 44°S, en la Depresión longitudinal y parte costera de la Cordillera Principal, aflora la Formación Traiguén (Mioceno?), una franja N-S de rocas volcánicas y volcanoclásticas con intercalaciones sedimentarias marinas, donde se han reconocido flujos basálticos almohadillados (5). El hallazgo de foraminíferos (6), la edad del metamorfismo (5) y datos geocronológicos (SHRIMP) no publicados de circones detríticos, indican una probable edad miocena para la depositación de esta formación. El ambiente de depositación podría ser una cuenca transtensional, la cual sería parte de una cadena semicontinua de cuencas marinas asociadas a la Zona de Falla de Liquiñe-Ofqui (5, 7). La inexistencia de datos radiométricos en las metabasitas de Chiloé

continental, abre la posibilidad de que en el Complejo Acrecionario que aflora en esta zona, se hayan incluido metabasitas de la Formación Traiguén (7).

El propósito de este estudio es comparar las condiciones P-T de metamorfismo y el ambiente geotectónico de emplazamiento de los metabasaltos almohadillados de Aisén continental e insular, asignados en su mayoría a la **Formación Traiguén (Mioceno?)**, con aquellos que afloran en el sector costero de Chiloé continental, asignados al **Complejo Acrecionario (Paleozoico Superior-Triásico)**, deducidos de petrografía y de mineralogía obtenida por análisis de microsonda, realizados en la Zentrale Elektronen-Mikrosonde der Ruhr-Universität Bochum, Alemania.

¹ Departamento de Geología. Universidad de Chile, Plaza Ercilla 803, Santiago, Chile.

PETROGRAFIA Y MINERALOGIA

Las metabasitas almohadilladas presentan textura primaria porfírica, amigdaloidal y variolítica, desde mal preservada en las islas TicToc y el estero El Coihue, moderadamente preservada en la isla Llancahué, bien preservada en la isla Traiguén y al fondo del seno Magdalena. En la mayoría de las localidades, el clinopiroxeno, ya sea en fenocristales o glomerocristales, corresponde a **augita** y se agrupa en un campo más o menos definido (Fig. 2). Esto es consistente con un origen ígneo básico de estos cristales. En la Isla Llancahué, se tienen excepcionalmente cristales de **diópsido**. Las figuras 3 y 4 revelan un protolito basáltico generado en un ambiente tectónico orogénico, extendiéndose al campo no orogénico en el seno Magdalena (Formación Traiguén), el cual tendría un carácter calcoalcalino en los metabasaltos de la Formación Traiguén (seno Magdalena e isla Traiguén), y toleítico en aquellos del Complejo Acrecionario (isla Llancahué).

METAMORFISMO

En la tabla 1, se presenta las asociaciones mineralógicas y facies asociadas de los metabasaltos. Aquéllos del Complejo Acrecionario pertenecen a la facies esquistos verdes, con un aumento del grado metamórfico de oeste a este en el fiordo Reñihué, llegando hasta facies anfíbolita. Además, ocurren asociaciones mineralógicas de mayor grado hacia los contactos con el Batolito Norpatagónico (9).

Los metabasaltos de la Formación Traiguén se metamorfizaron bajo condiciones similares a las del Complejo Acrecionario, pero se constatan dos eventos metamórficos: una fase temprana de metamorfismo en la facies esquistos verdes, caracterizada por albita y anfíbola actinolítica (hasta magnesio-hornblenda) y un segundo evento metamórfico en la facies anfíbolita sobrepuesto al primero, caracterizado por agregados granoblásticos de plagioclasa más cálcica ($An > 20$) y anfíbola rica en Al (5). En la isla Traiguén, las metabasitas han sufrido un evento metamórfico bajo la facies zeolita, desconocido hasta ahora en la Formación Traiguén.

LOCALIDAD	ASOCIACION MINERALOGICA	FACIES
COMPLEJO ACRECIONARIO		
Fiordo Reñihué (de W a E)	Act + cl + ep + ab + qz + bt + turm + py	Esquistos verdes (9)
	Hb + pl	Anfíbolita (9)
Fiordo Reñihué (contacto BNP)	Hb + pl + cpx	Anfíbolita (9)
Isla Llancahué	Mghb + cl + ep + ab + qz + op + cc	Esquistos verdes
FORMACION TRAIQUEN		
Islas TicToc	Act-Mghb + cl + ep + olig-and + qz + op + cc	Esquistos verdes transición anfíbolita
Esteros El Coihue	Act-Mghb + cl + ep + ab + and + qz + op + carb	Esquistos verdes transición anfíbolita
Isla Magdalena (seno Ventisquero)	Act-Mghb + cl + ep + ab + bt + qz + mt + tit + cc	Esquistos verdes (5)
Isla Magdalena (seno Dirección y Magdalena)	Act-Mghb + Parg-Mghast + cl + ep + ab + olig-and + bt + qz + mt + tit + cc	Anfíbolita (5)
Isla Traiguén	Cl + ep + ab + olig + qz + pr + pump + laum	Zeolita

TABLA 1. Asociaciones mineralógicas y facies asociadas de metabasitas de Chiloé y Aisén continental. (Act actinolita, cl clorita, ep epidota, qz cuarzo, turm turmalina, ab albita, bt biotita, py pirita, hb hornblenda, pl plagioclasa, cpx clinopiroxeno, Mghb magnesio-hornblenda, op opacos, cc calcita, olig oligoclasa, carb carbonatos, mt magnetita, tit titanita, parg pargasita, Mghast magnesio-hastingsita, and andesina, pr prehnita, pump pumpellyita, laum laumontita).

MINERALOGIA SECUNDARIA

Los metabasaltos exhiben cristales de **anfíbola** reemplazando la masa fundamental, a fenocristales de plagioclasa y clinopiroxeno, ocasionalmente sobrecreciendo o creciendo perpendicularmente a su borde, en cúmulos y en venillas, correspondientes a **actinolita** y **magnesio-hornblenda**. Como se observa en la figura 6, las anfíbolas cálcicas se agrupan en campos definidos. En la Formación Traiguén, se observan contenidos muy altos de Mg en las islas TicToc, a diferencia del Estero El Coihue. En el Complejo Acrecionario, se observan altos contenidos de Mg y Si.

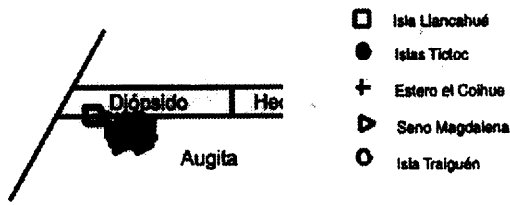


FIGURA N°2: Diagramas de clasificación de clinopiroxeno.

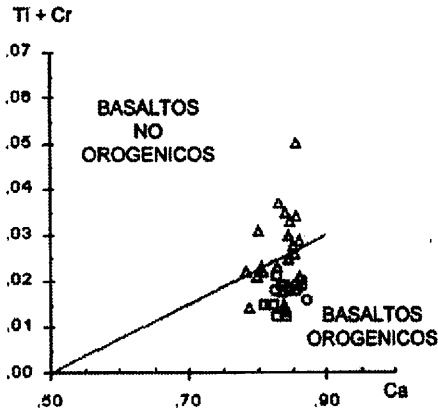


FIGURA N°4: Diagrama de discriminación para fenocristales de clinopiroxeno (8).

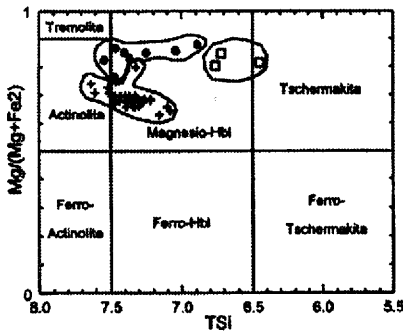


FIGURA N°6: Diagrama de clasificación de anfibola (10).

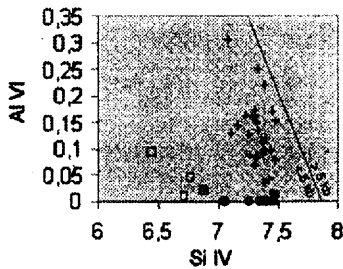


FIGURA N°8: Relación entre SiIV vs AlVI de homblendas (13).

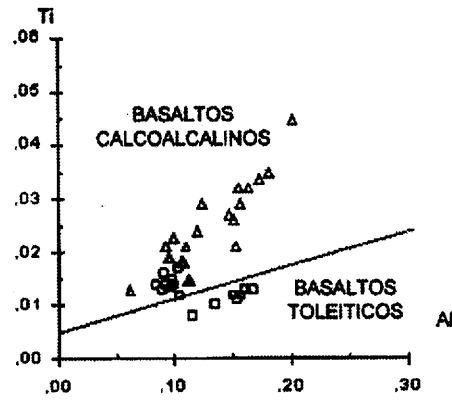


FIGURA N°3: Diagrama de discriminación para fenocristales de clinopiroxeno (8).

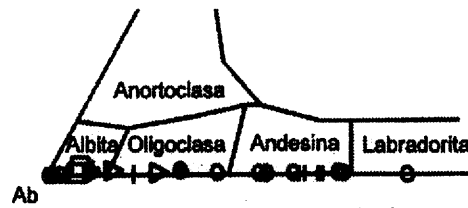


FIGURA N°5: Diagrama de clasificación de feldespatos.

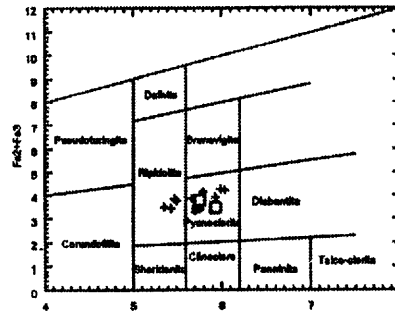


FIGURA N°7: Diagrama de clasificación de cloritas frescas.

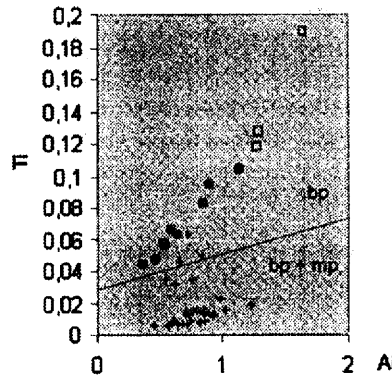


FIGURA N°9: Ti total versus Al total con la indicación de los campos de anfibola de baja presión (bp) y de media y baja presión (bp + mp) (14).

La **clorita** ocurre como porfiroblastos, escamas intersticiales o como grandes pods, probablemente reemplazando fenocristales, quizás olivino y como anillo externo de amígdalas. La composición de la clorita es más o menos uniforme en todas las localidades analizadas (Fig. 7), en su mayoría **pycnoclorita**, pero también **ripidolita**, todas cloritas de Mg y Fe. En la isla Magdalena (Formación Traiguén), el rango composicional indica una tendencia hacia composiciones más ricas en Mg hacia el sur (5). Sin embargo, no se observa una variación clara en el contenido de Mg entre los metabasaltos del Complejo Acreeionario y la Formación Traiguén.

La **epidota** ocurre en glomerocristales, como reemplazo de fenocristales primarios, en vetillas, en cristales aislados, en cúmulos y como relleno central de amígdalas. Si bien el contenido de pistacita es relativamente uniforme en todas las localidades analizadas (**0,23** a **0,30** en la Isla Llancahué; **0,20** a **0,28** en el Estero El Coihue y **0,15** a **0,30** (5) en la Isla Magdalena), este valor parece ser levemente mayor en los metabasaltos del Complejo Acreeionario que en los asignados a la Formación Traiguén.

Tal como se ha descrito en la Isla Magdalena (5), a lo largo de Chiloé y Aisén continental (salvo en las islas TicToc), los fenocristales y microlitos de **plagioclasa** se encuentran oscurecidos por un polvo opaco de **albita**. Además, en la Isla Traiguén, cristales de plagioclasa que ocurren en amígdalas, también son de **albita**. También se encuentran cristales de **oligoclasa-andesina**, con textura granoblástica o masiva con extinción ondulosa, como reemplazo de fenocristales y de la masa fundamental, en venillas, cúmulos y amígdalas, con la única excepción de los metabasaltos del Complejo Acreeionario (isla Llancahué) donde se observa una composición albitica uniforme. En las islas TicToc, se tienen, además, vetillas con **andesina** y **labradorita** granoblástica.

Pumpellyita fue sólo observada en la isla Traiguén (localidad tipo de la Formación Traiguén), ocurre en rosetas o con hábito acicular en amígdalas junto con albita, generalmente como borde externo. Su color verde pardo está de acuerdo a su alto contenido de Fe. Además, en esta localidad, la **prehnita** es muy abundante, con hábito radial como relleno central de amígdalas, en ciertos casos junto con albita, siendo más externa que el cuarzo y más interna que la pumpellyita. **Zeolitas** también ocurren de manera única en la isla Traiguén, siempre dentro del cuarzo, siendo más escasas que los otros minerales. Su doble clivaje indica que puede ser laumontita.

CONDICIONES P-T DE METAMORFISMO

La dependencia del Al IV de la clorita con la temperatura (12) ha permitido establecer condiciones de **271°** a **300°C** para las metabasitas de isla Llancahué, de **254°** a **363°C** para el estero El Coihue y de **303°** a **306°C** para el seno Magdalena. Estas temperaturas son consistentes con la facies esquistos verdes deducida de la asociación mineralógica observada. Se ha establecido (13) que hornblendas de terrenos metamórficos regionales de baja presión tienen contenidos relativamente bajos de Al VI y Si. Como se observa en la figura 8, los metabasaltos de los Andes Norpatagónicos se metamorizaron bajo presiones inferiores a 5 kb. Por otro lado, se han reconocido mayores razones Ti/Al en anfíbolos de baja presión (14). En las figuras 8 y 9, se puede observar un aumento en las condiciones de presión de norte a sur. Los metabasaltos de isla Llancahué e islas TicToc caen en el campo de baja presión, mientras que las del estero El Coihue caen en el campo de la presión baja a media. Esto concuerda con datos no publicados de geobarometría de plutones del Batolito Norpatagónico en las islas TicToc, los cuales arrojan presiones de 1 a 3 kb, indicando condiciones superficiales de emplazamiento. En la isla Traiguén, la presencia de laumontita determina presiones inferiores a 3 kb y temperaturas menores a 300°C, características de la facies zeolita.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Los metabasaltos de los Andes Norpatagónicos conservan fenocristales primarios relictos de augita (excepcionalmente diópsido), cuyos diagramas de discriminación (8) indican una marcada diferencia de ambiente geotectónico entre éstos. Aquéllos asignados al Complejo Acreeionario muestran un carácter toleítico lo que apoya la idea de que correspondan a fragmentos de corteza oceánica acrecionados, pero lo que no descarta un origen distinto. En cuanto a los metabasaltos de la Formación Traiguén, éstos muestran un carácter calcoalcalino indicando un magmatismo relacionado a un ambiente de subducción.

Con respecto al metamorfismo, también se aprecian diferencias entre los metabasaltos. Aquéllos asignados a la Formación Traiguén, exhiben dos eventos metamórficos sobreimpuestos: un estado temprano de metamorfismo en la facies esquistos verdes (seno Ventisquero), caracterizado por albita y actinolita o Mg-hornblenda, y una etapa de metamorfismo tardío en la facies anfíbolita (senos Dirección y Magdalena),

caracterizado por plagioclasa de composición intermedia y anfíbola más rica en Al (5). Existe, además (islas TicToc y estero el Coihue), una facies transicional entre esquistos verdes y anfíbolita. Si bien los metabasaltos asignados al Complejo Acreeionario (isla Llancahué y fiordo Reñihué), presentan una asociación mineralógica de la facies esquistos verdes, similar a los anteriores, éstos exhiben (fiordo Reñihué) una gradación de W a E hasta facies anfíbolita (9) y no una superposición de eventos. Otra diferencia entre los metabasaltos, la constituye el hecho de que el metamorfismo en la facies zeolita observado en la isla Traiguén, no se observó en los metabasaltos asignados al Complejo Acreeionario.

Las condiciones de presión (Fig. 8 y 9), si bien son siempre inferiores a 5 kb, también indican diferencias entre los metabasaltos, siendo mayores en las rocas de la Formación Traiguén que en las del Complejo Acreeionario, con la única excepción de la isla Traiguén. Se constata, además, que donde las rocas están más recristalizadas (islas TicToc y estero El Coihue), el grado metamórfico es mayor (esquistos verdes transición anfíbolita), a diferencia de la isla Traiguén, donde la textura primaria está muy bien preservada y el metamorfismo sólo alcanzó hasta la facies zeolita.

AGRADECIMIENTOS

La realización de este trabajo fue posible gracias al financiamiento de la Cátedra Presidencial en Ciencias (F.H.) y el Proyecto CE contrato C11-CT93 0033.

REFERENCIAS

1. Duhart, P.; Martin, M.W.; Muñoz, J.; Crignola, P.; McDonough, M. 1997. Acerca de la edad del protolito del basamento metamórfico de la Cordillera de la Costa de la Xª Región: edades preliminares $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ en circones detríticos. *In* 8VIII Congreso Geológico Chileno, Actas, Vol. II, p. 1267-1270.
2. Hervé, F.; Aguirre, L.; Godoy, E.; Massone, H.; Morata, D.; Pankhurst, R.J.; Ramírez, E.; Sepúlveda, V.; Willner, A. 1998. Nuevos antecedentes acerca de la edad y las condiciones P-T de los complejos metamórficos en Aysén, Chile. *In* X Congreso Latinoamericano de Geología y VI Congreso Nacional de Geología Económica, Actas, Vol. II, p. 134-137.
3. Pankhurst, R.J.; Hervé, F.; Rojas, L.; Cembrano, J. 1992. Magmatism and tectonics in continental Chiloé, Chile (42°-42°30'S). *Tectonophysics*. Vol. 205, p. 283-294.
4. Fortey, R.; Pankhurst, R.J.; Hervé, F. 1993. Devonian Trilobites at Buill, Chile (42°). *Revista Geológica de Chile*, Vol. 19, No. 2, p. 133-144.
5. Hervé, F.; Pankhurst, R.J.; Drake, R.; Beck, M.E. 1995. Pillow metabasalts in a mid-Tertiary extensional basin adjacent to the Liquiñe-Ofqui fault zone: the Isla Magdalena area, Aysén, Chile. *Journal of South American Earth Sciences*. Vol. 8, No. 1, p. 33-46.
6. Niemeyer, H.; Skarmeta, J.; Fuenzalida, R.; Espinoza, W. 1984. Hojas Península de Taitao y Puerto Aysén. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, No. 60-61, 80 p.
7. Sanhueza, A.; Godoy, E.; Hervé, F. 1994. El Complejo Acreeionario y la Zona de Falla Liquiñe-Ofqui en fiordo Chiloé continental. *In* VII Congreso Geológico Chileno, Actas, Vol. I, p. 164-168.
8. Leterrier, J.; Maury, R.; Thonon, P.; Girard, D.; Marchal, M. 1982. Clinopyroxene composition as a method of identification of the magmatic affinities of paleo-volcanic series. *Earth and Planetary Science Letters*. Vol. 59, p. 139-154.
9. Sanhueza, A. 1996. El Complejo Acreeionario y la Zona de Falla Liquiñe-Ofqui en los fiordos Reñihué y Comau (42°-43°S), Chiloé continental. Memoria de Título y Tesis de Magister, inédito, Departamento de Geología, Universidad de Chile.
10. Leake, B.; Woolley, A.; Arps, Ch.; Birch, W.; Gilbert, Ch.; Grice, J.; Hawthorne, F.; Kato, A.; Kisch, H.; Krivovichev, V.; Linthout, K.; Laird, J.; Mandarino, J.; Maresch, W.; Nickel, E.; Rock, N.; Schumacher, J.; Smith, D.; Stephenson, N.; Ungaretti, L.; Whittaker, E.; Youzhi, G. 1997. Nomenclature of amphiboles: Report of the Subcommittee on amphiboles of the International Mineralogical Association, Commission on new minerals and mineral names. *American Mineralogist*, Vol. 82, p. 1019-1037.
11. Coombs, D.S.; Nakamura, Y.; Vuagnat, M. 1976. Pumpellyite-actinolite facies schists of the Taveyane Formation near Loèche, Valais, Switzerland. *Journal of Petrology*. Vol. 17, p. 440-471.
12. Cathelineau, M. 1988. Cation site occupancy in chlorites and illites as a function of temperature. *Clay minerals*. Vol. 23, p. 471-485.
13. Raase, P. 1974. Al and Ti contents of hornblende, indicators of pressure and temperature of regional metamorphism. *Contributions to Mineralogy and Petrology*. Vol. 45, p. 231-236.
14. Hynes, A. 1982. A comparison of amphiboles from medium- and low-pressure metabasites. *Contributions to Mineralogy and Petrology*. Vol. 81, p. 119-125.