

SEGUNDO CONGRESO GEOLOGICO CHILENO
6-11 Agosto 1979 ARICA-CHILE

EVENTOS MAGMATICOS-PLUTONICOS EN LOS ANDES DE CHILE CENTRAL

Mario VERGARA M
Departamento de Geología
Universidad de Chile
Casilla 13518
Santiago - Chile

Robert DRAKE
U. de California
Berkeley
U.S.A.

RESUMEN

Las dataciones K/Ar efectuadas en rocas plutónicas y subvolcánicas en la región central de Chile, han evidenciado una zonalidad cronológica oeste-este desde la Cordillera de la Costa a la de los Andes entre el Paleozoico y Mioceno.

La secuencia magmática-plutónica en la Cordillera de la Costa es: a) Rocas plutónicas del Paleozoico (Devónico y Carbonífero superior), b) Rocas plutónicas del Jurásico y c) Rocas plutónicas del Cretácico.

En la Cordillera de los Andes las rocas plutónicas han dado preferentemente edades del Mioceno: 6-8 m.a. y de 11-13 m.a. También se han datado numerosos cuellos volcánicos andesíticos que afloran en el Valle Central o en las cercanías al margen poniente de la Cordillera de los Andes y han dado edades variables entre 19-29 m.a. Se discute el significado geológico de cada uno de estos eventos cronométricamente reconocidos.

ABSTRACT

Potassium-argon dating of plutonic and subvolcanic rocks in Central Chile has revealed that the magmatic-plutonic activity has moved east ward from the Coast Range to the Andean Cordillera between the Paleozoic and the Miocene.

In the Coast Range the magmatic-plutonic sequence is: a) Paleozoic plutonic rocks (Devonic and Upper Carboniferous), b) Jurassic plutonic rocks and c) Cretaceous plutonic rocks.

In the Andean Cordillera the plutonic rocks are mainly Miocene: 6-8 m.y. and 11-13 m.y. Numerous andesitic volcanic necks with ages from 19-29 m.y. has been dated along the Central Valley.

Introducción

Los cuerpos graníticos de Chile se distribuyen en franjas paralelas a las grandes estructuras regionales, aproximadamente N-S, y constituyen una de las más importantes unidades geológicas de los Andes de esta región. El estudio de estos cuerpos plutónicos, su distribución, nivel de emplazamiento, relaciones genéticas con las rocas volcánicas que intruye etc., constituyen una meta y un desafío para los geólogos de este país. La geocronología tiene un importante papel al presentar evidencias acerca de las edades absolutas sobre el emplazamiento y/o enfriamiento de estos cuerpos, lo que está estrechamente relacionado con eventos tectónicos regionales. El objeto de este trabajo es presentar nuevas edades K/Ar para las rocas graníticas (granitoides) de la franja de la Cordillera de los Andes de Chile Central. También se resumen los antecedentes radiométricos publicados principalmente en la Cordillera de la Costa y se analizan dentro de un contexto evolutivo general y regional.

El área estudiada comprende desde aproximadamente la latitud 32°30' por el norte hasta aproximadamente los 36°L.S. por el sur (Fig. 1). Los nuevos datos de edades K/Ar aquí presentados han sido realizados en el Laboratorio de Geocronología del Depto. de Geología y Geofísica de la U. de California, Berkeley.

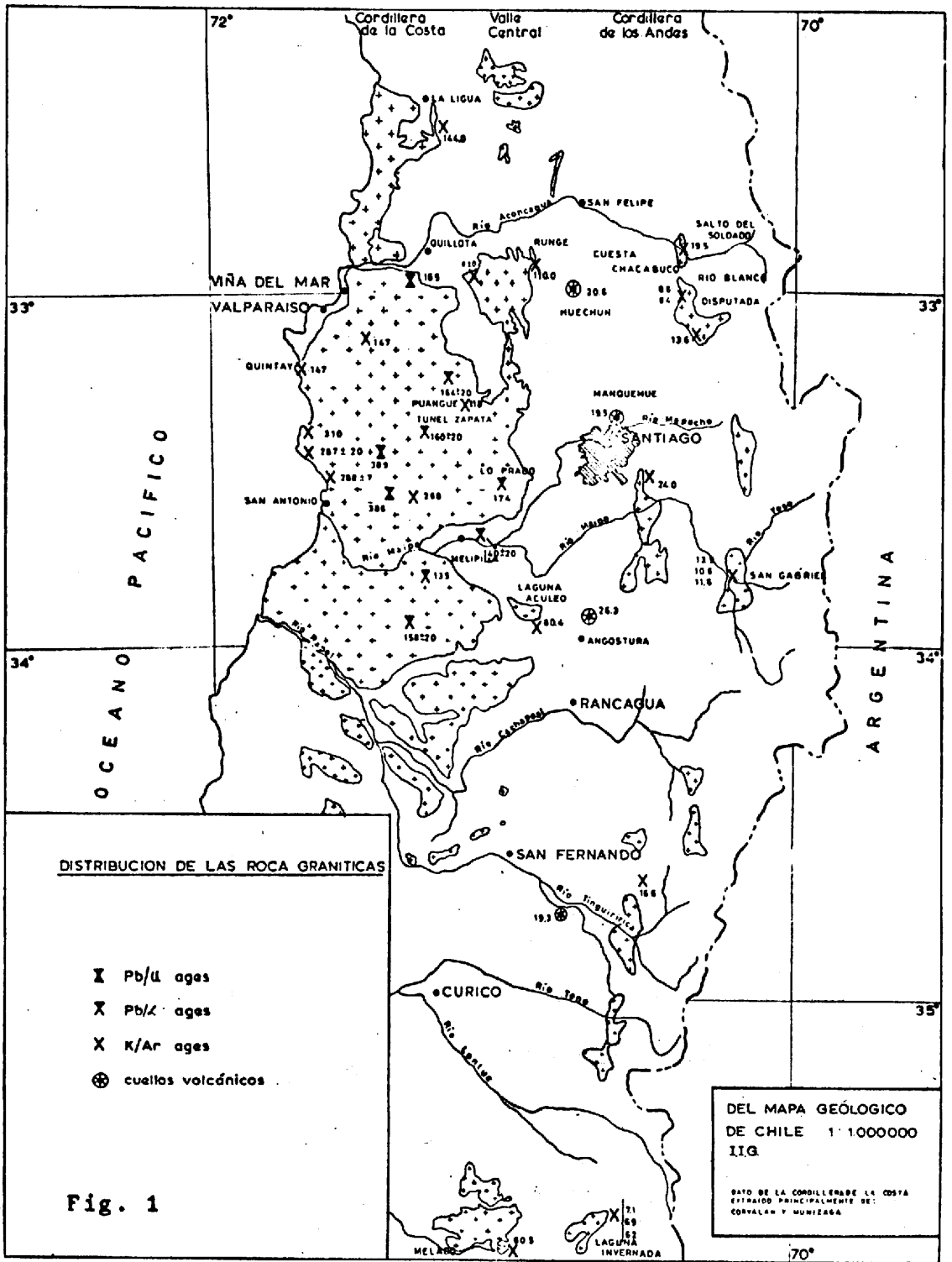
Se agradece la lectura crítica y valiosa información del Profesor Francisco Munizaga V.

Este trabajo está dentro del contexto del Proyecto 120 - "Evolución Magmática Andina" del Programa Internacional de Correlación Geológica.

Marco Geológico

El territorio de Chile se divide desde Santiago al sur en 3 grandes unidades morfoestructurales: Cordillera de la Costa, Cordillera de los Andes y Valle Central (Fig. 1). Las rocas graníticas forman franjas de dirección N-S que se extienden desde el margen Pacífico, en la Cordillera de la Costa, hasta la alta Cordillera de los Andes por el este (Fig. 1), constituyendo un cinturón plutónico casi continuo de aproximadamente 150 Kms de ancho. Las rocas estratificadas que están intruídas y/o recubren a estos cuerpos plutónicos son de edad jurásica, cretácica y terciaria.

Los cuerpos granitoides cubren aproximadamente el 30% de la región y se representan como grandes batolitos



y stocks de menores dimensiones, generalmente con gran continuidad de afloramiento sobre todo en el área de la Cordillera de la Costa. En la Cordillera de los Andes, donde son relativamente más jóvenes, la erosión no ha alcanzado a ponerlos al descubierto y tienden a aflorar como batolitos y cuerpos aislados, pero estructuralmente corresponden a grandes alineamientos a lo largo de la Cordillera. Las relaciones de contacto señalan un posible emplazamiento mesozonal para los granitoides que afloran cerca del margen continental (Muñoz Cristi, 1962) y un carácter epizonal para los que afloran en la Cordillera de los Andes. Estos últimos en la mayoría de los casos, cortan claramente la estructura desarrollando una evidente aureola de metamorfismo de contacto y de alteración hidrotermal. Los depósitos minerales de importancia económica, especialmente "porfiry copper", están íntimamente ligados a estos eventos intrusivos de la Cordillera de los Andes (Minas Río Blanco, La Disputada, El Teniente, etc.).

De acuerdo a las relaciones estructurales, estratigráficas y evidencias geocronológicas se pueden diferenciar al menos 4 eventos magmáticos-plutónicos con edades desde el Paleozoico al Terciario y que de acuerdo a su distribución en terreno se exponen en franjas aprox. N-S, desde el margen continental, en la Cordillera de la Costa los más antiguos, hasta la Cordillera de los Andes los más recientes (Fig. 1). En la parte correspondiente al Valle Central aflora una corrida de cuerpos subvolcánicos del Terciario superior (Vergara y Munizaga, 1974), que por su importancia relativa al magmatismo plutónico se le ha también aquí considerado (Fig. 1).

La cubierta estratificada superpuesta a las rocas graníticas que la intruyen, comprende en la Cordillera de la Costa, a rocas sedimentarias y continentales del Jurásico inferior a medio (Thomas, 1958; Piracés, 1976). Seudoconcordantemente, con hiatus se apoyan los estratos sedimentarios marinos y rocas volcánicas continentales del Cretácico inferior. Dentro de este último paquete se ubica la formación Veta Negra, constituida principalmente por flujos continentales andesíticos porfíricos. De esta unidad se analizó por el método K/Ar una muestra recolectada de la parte superior de esta formación, dando una edad mínima de 110 m.a. (Vergara y Drake, 1978). La formación Las Chilcas (Thomas, 1958) formada sólo por rocas clásticas volcánicas continentales, sin fósiles de valor cronológico para ubicarla en el tiempo, se apoya discordantemente sobre formación Veta Negra. Según Thomas (1958, op. cit.) y en base a relaciones estructurales y estratigráficas sería de edad cretácica media coincidente con las nuevas evidencias

radiométricas indirectas.

Con discordancia angular se apoya la formación Lo Valle sobre Las Chilcas (Thomas, 1958), volcánica continental de edad K/Ar de 68 m.a. (Drake y Vergara, 1976). En el área del Valle Central afloran estratos volcánicos continentales del Oligocénico, intruídos por cuerpos subvolcánicos (cuellos volcánicos) del Mioceno (Fig. 1). El espesor total de la secuencia estratificada que afloran en la Cordillera de la Costa es de más de 27.000 metros.

La Cordillera de los Andes (Fig. 1) aparece delimitada por un conjunto de fallas de dirección N-S aproximadamente, que han levantado relativamente los bloques más orientales.

Así aflora la formación Abanico (Aguirre, 1960; Vergara y Drake, 1978) constituida por rocas clásticas - volcánicas continentales. La edad de esta formación es aún incierta ya que en base a recientes determinaciones K/Ar podría ser del Cretácico superior o Terciario inferior (Vergara y Drake, 1978). Superpuesto discordantemente a la formación Abanico se apoya el grupo Farellones, también volcánico continental sin fósiles de valor cronológico, que está constituido por 2 unidades, una de edad miocena y otra pliocena (Drake y Vergara, 1976). El espesor total de los estratos volcánicos continentales que afloran en la Cordillera de los Andes es aprox. de 12.000 m.

Rocas Graníticas de la Cordillera de la Costa

Las rocas graníticas que afloran en la Cordillera de la Costa de Santiago constituyen un complejo ígneo y metamórfico denominado Batolito de la Costa por Muñoz Cristi (1962). Consiste principalmente en rocas de composición tonalítica y en menor cantidad de adamelitas y granodioritas e incluye facies con migmatitas, anfibolitas y gneisses los que han sido separados del Batolito propiamente tal como formación Quintay por Corvalán y Dávila (1964). Determinaciones Pb/U para rocas de esta formación dieron como edades de 383 m.a. (Corvalán y Munizaga, 1972) y una isócrona en roca total de un paragneiss dió 330 m.a. (Cordani, et al. 1976), lo que ha permitido asignarla al Devónico inferior.

En este trabajo sólo consideraremos los datos radiométricos provenientes de rocas "claramente graníticas" de acuerdo a la descripción de los autores anteriormente citados y cuyos datos se han proyectado en la Fig. 1. Desde este punto de vista, las rocas graníticas de la Cordillera de la Costa de esta área podrían ser separadas en 3 grandes unidades: a) Rocas graníticas del Paleozoico de 386 -

Tabla I

N°	Tipo de roca	Mineral analizado	Edad	Ubicación
1	Granodiorita	Biotita	144.0 \pm .1	Cuesta El Melón
2	Granodiorita	Biotita	110 \pm 1.1	Rungue
3	Granito	Biotita	80 \pm .1	Laguna Aculeo
4	Granodiorita	Roca total	19.5 \pm .5	Salto del Soldado
5	Granodiorita	Plagioclasa	13.6 \pm .2	Disputada
6	Granodiorita	Plagioclasa	8.6 \pm .1	Disputada
7	Granodiorita	Plagioclasa	8.4 \pm .2	Disputada
8	Granodiorita	Plagioclasa	7.4 \pm .1	Disputada
9	Granodiorita	Plagioclasa	13.9 \pm .8	San Gabriel
10	Granodiorita	Biotita	10.6 \pm .3	San Gabriel
11	Granodiorita	Hornblenda	11.6 \pm .13	San Gabriel
12	Granodiorita	Biotita	16.6 \pm .7	Tinguiririca
13	Granodiorita	Roca total	62.0 \pm .1	Melado
14	Granito	Ortoclasa	7.1 \pm .2	Invernada
15	Granodiorita	Hornblenda	7.0 \pm .5	Invernada
16	Granodiorita	Biotita	6.3 \pm .1	Invernada
17	Pórfido diorítico	Plagioclasa	26.3 \pm .4	Angostura
18	Pórfido andesítico	Plagioclasa	19.3 \pm .1	Tinguiririca

405 m.a., según determinaciones principalmente Pb/U, b) Rocas graníticas de 288-287 m.a., según determinaciones K/Ar en biotita, y anfíbola y c) rocas graníticas con edad principalmente jurásicas, según dataciones K/Ar, Pb/ α y Rb/Sr.

Las rocas graníticas más antiguas dieron edades Pb/U de 386 y 405 m.a. (Corvalán y Munizaga, 1972), permitiendo reconocer según estos autores la presencia de intrusivos batolitos de edad devónica inferior. Edades K/Ar de 287 en biotita (Muñoz Cristi, 1962) y de 288 m.a. (Cordani et al. 1976) en anfíbola en rocas graníticas pertenecientes a la "tonalita homogénea", permiten también evidenciar una fase magmática plutónica de edad carbonífera superior, tal como Muñoz Cristi lo sugirió (1962).

Existen 14 edades K/Ar en minerales, 7 de Corvalán y Munizaga (1972) y 7 de Cordani et al. (1976). De ellos 6 dan valores de 143-167 m.a. Además existen otras edades Pb/U y Rb/Sr que evidencian una fuerte concentración de valores en torno a una edad Jurásica la que permitió a Cordani et al. (1976) plantear la posibilidad de una fase intrusiva en el Jurásico. Esta posibilidad se ha visto con firmada con datos estratigráficos (Piracés, 1976) y con una determinación K/Ar en biotita en una muestra de granodiorita recolectada en la cuesta El Melón (Tabla I N°1) que dió una edad de 144 m.a.

Mirando la fig. 1 se observa que las rocas graníticas que han dado edades del Jurásico forman una franja bastante continua que va desde la Ligua por el norte hasta Melipilla por el sur. En la Cordillera de la Costa entre los 35°30' y 36°30' L.S. Hervé y Munizaga (1978) han dado a conocer algunas edades jurásicas para granitoides que intruyen a secuencias triásicas.

Rocas graníticas de edad Jurásica han sido reconocidas también en otros puntos de los Andes de Chile.

Rocas graníticas de edad cretácica han sido reconocidas en las siguientes localidades: Rungue, una muestra de granodiorita que intruye a la formación Las Chilcas dió por K/Ar en biotita 110 m.a. (Drake, et al., 1976) (Tabla I N°2); río Puangue, una muestra de tonalita dió 118 m.a. por K/Ar en biotita (Corvalán y Munizaga, 1972); Laguna de Aculeo, una muestra de granito que intruye a rocas de formación Lo Valle, dió una edad de K/Ar en biotita de 80 m.a. (Tabla I, N°3). El resumen de los antecedentes radiométricos permite visualizar que los granitoides de edad cretácica son de importancia relativamente menor que los jurásicos, en la Cordillera de la Costa. Es indudable que se necesitan mayores antecedentes para confirmar esta idea,

porque algunos de estos granitos, en la franja más cercana al Valle Central, intruyen y cortan a sedimentos marinos del Neocomiano lo que plantea una edad post-neocomiana para ellos.

Se deduce que el denominado "Batolito de la Costa" es un complejo ígneo que representa diversos eventos plutónicos superpuestos. Considerando que el método Pb/U es el más penetrativo y que evidenciaría la edad más primitiva de las rocas, se podría confirmar lo postulado por Corvalán y Munizaga (1972) de que el evento magmático más antiguo es de edad Devónico inferior. Basado en determinaciones K/Ar en fases silicatadas máficas (biotita y hornblenda) en rocas tonalíticas homogéneas, se evidencia un evento tectónico y plutónico del Carbonífero inferior.

La gran cantidad de análisis radiométricos de edad jurásica, además de la confirmación estratigráfica, confirman un extenso evento magmático-plutónico asignado al Jurásico. Sólo 3 edades K/Ar han dado valores asignados al Cretácico, los que se ubican en el borde con el Valle Central.

Rocas Graníticas de la Cordillera de los Andes

Las rocas graníticas que afloran en la Cordillera de los Andes muestran en general, edades radiométricas mucho más jóvenes que las anteriores. Estos cuerpos aparecen como grandes plutones en los cañones de los ríos cordilleranos mostrando su carácter claramente intrusivo. En la Fig. 1 se muestran la ubicación de estos cuerpos y la de las muestras datadas por el método K/Ar. Se observa que la superficie de afloramiento es mucho menor que la que se presenta en la Cordillera de la Costa, pero que sin embargo constituyen también cordones plutónicos paralelos a los anteriores.

En general todas las muestras analizadas de la Cordillera de los Andes muestran edades comprendidas dentro del Cenozoico, especialmente en el Mioceno. En la Tabla I, se señalan los datos analíticos de las muestras analizadas por K/Ar.

En la parte norte de la figura 1, en el área del río Aconcagua en el camino hacia el campo de sky de Portillo, se dató una muestra de un granito leucocrático de grano fino en la localidad Salto del Soldado. Este cuerpo intruye a las rocas volcánicas continentales de la formación Abanico. Ahí se obtuvo una edad de 19.5 m.a. (Tabla I, N°4). Cercana a esta última localidad se encuentran las minas Río Blanco y La Disputada donde afloran cuerpos graníticos homogéneos que intruyen a la formación Abanico.

Sin embargo las dataciones K/Ar han evidenciado al menos 2 eventos magmáticos. Se analizaron muestras de granodioritas y se obtuvieron edades K/Ar de $13,6 \pm 2$, $8,6 \pm 0,1$ y $8,4 \pm 0,2$ y $7,4 \pm 0,1$ m.a. (Tabla I, N°s 5, 6, 7 y 8, Fig. 1). Esta última muestra corresponde a un testigo con mineralización de pirita.

Para el área del río Maipo se dispone de una datación K/Ar (sin datos analíticos) para la granodiorita de la Obra con 24 m.a. (Aguirre et al., 1974) y de 3 dataciones en muestras del Batolito de San Gabriel, también K/Ar en biotita, plagioclasa y hornblenda + biotita. Ahí se obtuvieron edades de $13,9 \pm 0,8$; $10,6 \pm 0,3$ y de $11,6 \pm 0,1$ m.a. (Tabla I, N°s 9, 10 y 11) respectivamente. Estas edades permiten correlacionar al plutonismo de San Gabriel, en el río Maipo, con el evento más antiguo del área de la mina Río Blanco y Disputada. Sin embargo nuevas determinaciones podrán confirmar esta posibilidad.

Más al sur, en el área del río Tinguiririca, San Fernando, (Fig. 1) se analizó una muestra de granodiorita de biotita y hornblenda, por el método K/Ar en biotita. Se obtuvo una edad de $16,6 \pm 0,7$ m.a. (Tabla I, N°12). En el área del río Maule, Drake (1974) dió a conocer varias edades de rocas graníticas: en el plutón El Melado obtuvo una edad de 60,5 m.a., en cambio en Laguna Invernado, más al este, obtuvo edades de 7,1; 6,9 y 6,2 m.a. respectivamente (Tabla N°1, N°s 13, 14, 15 y 16).

De lo anteriormente expuesto, los granitos de la Cordillera de los Andes son de edad esencialmente cenozoica y principalmente Miocénica. Por los datos radiométricos se evidencian al menos 2 eventos magmáticos-plutónicos principales: uno de 6-8 m.a. y otro de 11-13 m.a. que aparentemente son coincidentes con los eventos volcánicos que dieron origen a las rocas suprayacentes.

Cuellos volcánicos del Valle Central

En el área del Valle Central, especialmente asociada a las últimas distribuciones de la Cordillera Andina hacia el oeste, se presenta una serie de cuellos volcánicos de composición y textura tipo pórfidos andesíticos de piroxenos que demarcan una franja o cinturón casi continuo (Fig. 1). Drake et al. (1976) dieron a conocer la edad de 2 de estos cuellos volcánicos, el de Huechún y el de Manquehue que intruyen el estrato volcánico continental oligocénico (Fig. 1) con edad K/Ar de 20.6 y 19.5 m.a. respectivamente. En este trabajo se dan a conocer 2 nuevas edades de cuerpos similares; el que aflora en la localidad de

Angostura y el de San Fernando, río Tinguiririca, que dieron edad también K/Ar de 26.3 y 19.3 m.a. (Tabla I, N°s 17 y 18. Este cordón volcánico principalmente miocénico se continúa hacia el sur de Chile, por lo menos hasta la latitud de Chiloé, 41° L.S. tal como lo evidencian otras edades K/Ar (Vergara y Munizaga, 1974). Hacia el norte del río Aconcagua parece existir continuidad de los afloramientos de los cuellos volcánicos de similar composición, sin embargo sólo futuras dataciones radiométricas podrán atestiguarlo. Inmediatamente al sur del río Maule, trabajos de mapeos geológicos de detalle y de numerosas dataciones K/Ar (Karzulovic y otros, 1979), están demostrando la presencia de esta secuencia volcánica principalmente miocénica.

Conclusiones

Se observa una fuerte zonalidad cronológica hacia el este en la distribución de los cuerpos plutónicos desde el Paleozoico, en el área de la Cordillera de la Costa, hasta el Mioceno superior en la Cordillera de los Andes.

Las rocas más antiguas del Paleozoico evidencian la presencia de 2 eventos plutónicos, uno del Devónico y otro del Carbonífero Superior, que no parecen tener distribución cronológica zonal como se observa en el Mesozoico y Cenozoico.

Las rocas plutónicas que han dado edades asignadas al Jurásico constituyen una fuerte evidencia de la magnitud de este evento magmático-plutónico cuyo afloramiento aparece restringido al borde oriental de la Cordillera de la Costa.

El plutonismo cretácico se evidencia por algunas determinaciones radiométricas con edades del Cretácico superior, generalmente ubicado al este de los jurásicos y que por el actual conocimiento parecen sólo constituir un evento de reducida magnitud.

En la Cordillera de los Andes se han determinado edades en rocas plutónicas principalmente miocénicas. De acuerdo a estos datos se evidencian al menos 2 eventos plutónicos principales: uno de 6-8 m.a. y otro de 11-13 m.a.

En el área correspondiente al Valle Central se han determinado nuevos cuerpos ígneos subvolcánicos andesíticos que estructuralmente forman un erodado cordón volcánico. La edad de estas rocas muestran que durante el Mioceno inferior existió una fuerte actividad volcánica

correlacionable cronométricamente con los productos piroclásticos y lavas que se encuentran en la alta Cordillera de los Andes.

REFERENCIAS

- AGUIRRE, L. 1910. Geología de los Andes de Chile Central, Prov. de Aconcagua. Santiago, Inst. Invest. Geol., Bol. 9, 70 pp.
- AGUIRRE, L., CHARRIER, R., DAVIDSON, J., MPODOZIS, A., RIVANO, S., THIELE, R., TIDY, E., VERGARA, M. and VICENTE, J.C. 1974. Andean Magmatism: its paleogeographic and structural setting in the central part ($30^{\circ}35'S$ of the southern Andes. *Pacific Geology*, 8, 1-38.
- CORDANI, U., MUNIZAGA, F., HERVE, F., y HERVE, M. 1976. Edades radiométricas provenientes del Basamento cristalino de la Cordillera de la Costa de las Provincias de Valparaíso y Santiago, Chile. *Actas Primer Congreso Geol. Chileno*, T. II-F 213- F222.
- CORVALAN, J. y DAVILA, A. 1964. Geología de la Cordillera de la Costa entre los ríos Aconcagua y Mataquito. *Soc. Geológica de Chile*, Res. 9, 1-14, Santiago.
- CORVALAN, J. y MUNIZAGA, F. 1972. Edades radiométricas de rocas metamórficas e intrusivas de la Hoya Valparaíso-San Antonio. Santiago, Inst. Invest. Geol. Bull. 28, 1-40.
- DRAKE, R. 1974. The Chronology of Cenozoic igneous and tectonic events in the Central Chilean Andes (pre-Print). IAVCEI, International Symp. Volcanology, Santiago, Chile, 23 p.
- DRAKE, R., CURTISS, G. and VERGARA, M. 1976. Potassium-Argon dating of igneous activity in the Central Chilean Andes, Latitud $33^{\circ}S$. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 1, 285-295.
- HERVE, F. y MUNIZAGA, F. 1978. Evidencias geocronológicas de un magmatismo intrusivo Triásico-Jurásico superior en la Cordillera de la Costa de Chile entre los $35^{\circ}30'$ y $36^{\circ}30'$ L.S. VII Congr. Geol. Argentino, Neuquén, Resúmenes.

- KARZULOVIC, J., A. HAUSER y M. VERGARA. 1979. Edades radiométricas de rocas de la región del Proyecto Colbún, Cordillera Andina occidental de Chile Central. (II Congreso Geológico Chileno, Arica. En preparación).
- KLOHN, C. 1960. Geología de la Cordillera de los Andes de Chile Central, Prov. de Santiago, O'Higgins, Colchagua, Curicó. Santiago, Inst. Invest. Geológicas, Bol. 8, 95 pp.
- MUÑOZ CRISTI, J. 1962. Comentarios sobre los granitos chilenos. Publ. Soc. Geol. Chile, N°2, p. 15-19.
- PIRACES, R. 1976. Estratigrafía de la Cordillera de la Costa entre la Cuesta El Melón y Limache, Provincia de Valparaíso, Chile. Actas Primer Congreso Geológico Chileno, T I, A-65-82.
- THOMAS, M. 1951. Geología de la Cordillera de la Costa entre el Valle de La Ligua y la Cuesta de Barriga. Inst. de Investigaciones Geol., Stgo, Bol. 2, 86 pp.
- TIDY, E. 1970. Geología del Distrito Minero La Campana, Provincia de Valparaíso, Depto. de Geología, U. de Chile, Tesis no publicada, 286 p., Santiago, Chile.
- VERGARA, M. y MUNIZAGA, F. 1974. Age and evolution of the upper Cenozoic andesitic volcanism in Central South Chile. Geol. Soc. Am. Bull., 83: 603-
- VERGARA, M. y DRAKE, R. 1978. Edades potasio-argón y su implicancia en la geología regional de Chile. Comunicaciones Depto. de Geología, F. Ciencias Fís. y Mat. U. de Chile, p. 1-11.