

TECTONISMO SINPLUTONICO DE DIORITAS JURASICAS AL SUR DE VALPARAISO: DATOS U-Pb SOBRE LA 'FASE QUINTAY'

ESTANISLAO GODOY

Departamento de Geología y Geofísica, Universidad de Chile, Casilla 13518, Correo 21, Santiago, Chile

WERNER LOSKE

Institut für Allgemeine und Angewandte Geologie der Universität München, Luisenstrasse 37, UD-8000 München 2, Alemania Federal

RESUMEN

Tres fracciones granulométricas de circones en una diorita de dos piroxenos (charnoquita 'precámbrica' según estudios anteriores), que aflora en Laguna Verde, y dos fracciones de su equivalente néisico de Punta Curaumilla, indicaron edades concordantes de 160 y 164 Ma. Una errorcrona Rb-Sr de cuatro puntos, obtenida en la diorita, también entregó un valor semejante ($156,3 \pm 1,2$ Ma). En una fracción de circones de granito porfídico, recolectado en Caleta Barco, se obtuvo una edad U-Pb concordante (309 Ma). Estudios anteriores asignaron edades silúrico-devónicas a rocas correspondientes a las dos últimas localidades, basados en datos incompletos obtenidos por el mismo método y denominaron fase Quintay a una fase orogénica que habría ocurrido en dicho lapso. Los datos radiométricos aquí presentados y las características texturales del neis diorítico son, en cambio, más bien compatibles con un emplazamiento sincinemático de la diorita, a fines del Jurásico medio. Apoyan, por otra parte, la conclusión alcanzada por otros autores mediante dataciones Rb-Sr, en cuanto a que las edades U-Pb pre-carboníferas, antes mencionadas, pueden corresponder a edades discordantes, ligadas a circones heredados. El magmatismo granítico en este sector costero de Chile central, en el cual se ha buscado, insistentemente, evidencia de corteza continental antigua, habría comenzado recién a partir del Carbonífero, reactivándose en el Jurásico.

Palabras claves: Edades U-Pb, Carbonífero, Jurásico, Plutonismo sincinemático, Chile Central.

ABSTRACT

U-Pb dating of three zircon fractions from a two-pyroxene diorite from Laguna Verde, previously considered a Precambrian charnockite and of two fractions from its gneissic equivalent at Punta Curaumilla systematically yield concordant ages (160-164 Ma). A mineral-whole rock Rb-Sr errorchron from the diorite is also compatible with this age (156.3 ± 1.2 Ma). On the other hand, a concordant U-Pb 309 Ma age was obtained in zircons from a porphyric granite at Caleta Barco. Previous incomplete U-Pb determinations on the two last localities, have been used to infer a Devonian orogenic phase (Quintay phase). Both the new radiometric data and textural evidence, however, favor a Late Jurassic synkinematic emplacement of the diorite. Present U-Pb data, on the other hand, support the conclusion reached through Rb-Sr dating by other authors, regarding the interpretation of pre-Carboniferous ages. They most likely represent discordant ages linked to inherited zircons. The granitic magma contribution to the building of continental crust in this area started, therefore, in the Carboniferous and was reassumed during the Jurassic.

Key words: U-Pb dating, Jurassic, Carboniferous, Synkinematic plutonism, Central Chile.

INTRODUCCION

Los afloramientos costeros entre Bahía Laguna Verde y Punta Gallo (Figs. 1, 2) incluyen rocas plutónicas y, en menor proporción, metamórficas, que han sido estudiadas por diversos autores (Muñoz-Cristi, 1962, 1964; Corvalán y Munizaga,

1972; Hervé, 1976; Irwin *et al.*, 1987; Hervé *et al.*, 1988) y mencionadas en trabajos como los de González-Bonorino y Aguirre (1970), Gansser (1973), Cobbing *et al.* (1977) y Ramos (1988). El interés que han despertado deriva, en gran parte, del he-

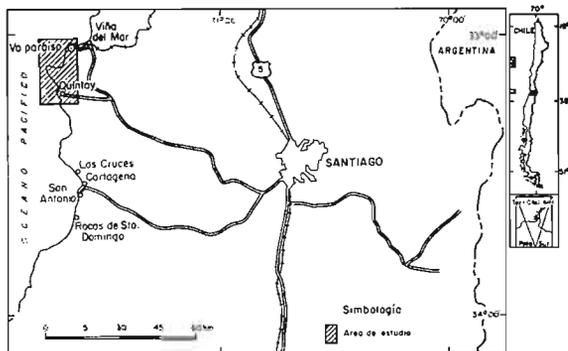
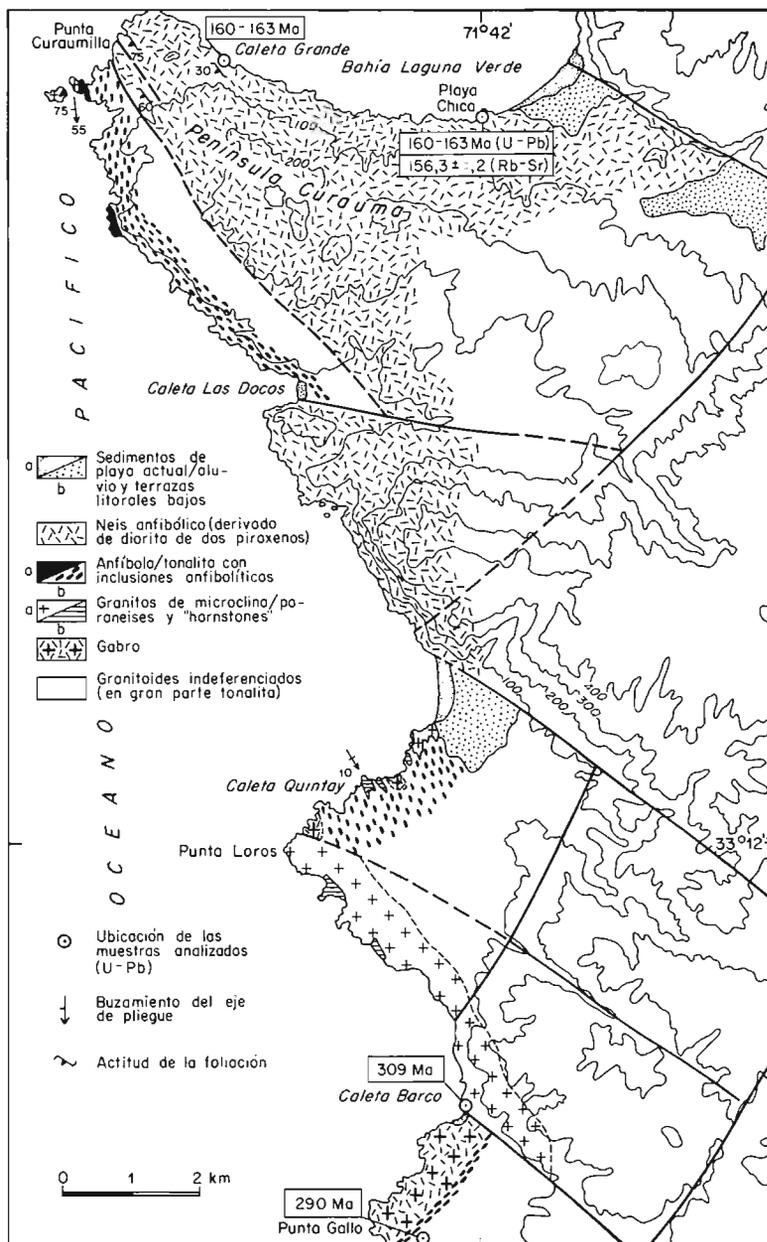


FIG. 1. Mapa de ubicación; en recuadro, área de estudio.

FIG. 2. Mapa geológico (modificado de Hervé, 1976).



cho que en ellos se han dado a conocer las edades radiométricas más antiguas de Chile central e incluso se ha sugerido la presencia de Precámbrico.

ANTECEDENTES GEOLOGICOS Y PETROGRAFICOS

Las rocas plutónicas que afloran en el área fueron atribuidas al Paleozoico y agrupadas en el Batolito de la Costa por Muñoz-Cristi (1964). Hervé *et al.* (1987) las incluyeron en el Batolito Costero Meridional, dentro del cual -de acuerdo con Drake *et al.* (1982)- consideraron, también, los cuerpos jurásicos.

La figura 2 ilustra la distribución de los tipos litológicos presentes. Se dan a conocer, a continuación, las litologías principales, basadas en descripciones de Hervé (1976).

Diorita de dos piroxenos. Reconocida únicamente en Playa Chica, al sur de Bahía de Laguna Verde. Hervé (1976) la describió como 'charnoquita del tipo opdalita' y sugirió una edad precámbrica para ella. Contiene plagioclasa (An₄₀) subautomorfa (54%), grandes playas de feldespato potásico (10%), cuarzo intersticial (11%) (SiO₂ = 57%), hiperstena (10%), diópsido (7%) y nidos de biotita (4%).

Neises anfibólicos (charnoquita nélsica de Hervé, 1976). Afloran en la mitad norte del área. Están compuestos de abundante cuarzo (SiO₂ = 63%), plagioclasa, anfíbola y biotita. La plagioclasa se presenta en dos tamaños, asociándose el menor a feldespato potásico y mirmequita. Los orto y clinopiroxenos relictos se encuentran ya sea como cristales xenomorfos turbios o como inclusiones en las anfíbolas.

Anfibolitas y tonalitas nélsicas con inclusiones anfibolíticas. Afloran tanto entre Punta Curaumilla y Caleta Las Docas como en Quintay. Se reconocen anfibolitas en 'bancos' continuos, únicamente cerca del extremo occidental de Punta Curaumilla, donde se componen de plagioclasa, hornblenda y cantidades subordinadas de un mineral semejante a talco. Este último es más abundante en filones ultrabásicos de tremolita y clorita. Los neises tonalíticos están compuestos de cuarzo, plagioclasa, biotita y hornblenda, además de proporciones menores de microclina. To-

nalitas semejantes a las aquí descritas, y que afloran entre Rocas de Santo Domingo e Isla Negra, han sido interpretadas como el resultado de una mezcla de magmas (Siña, 1987). En Punta Curaumilla, en cambio, los neises tonalíticos son bandeados y se habrían originado por fusión parcial, asociada a zonas de cizalla e intrusión de granitos en una secuencia rica en anfibolitas.

Granito Nélsico. En el extremo oeste de Punta Curaumilla, al noreste de Caleta Quintay y entre Punta Loros y Caleta Barco afloran, bordeando la línea de la costa, granitos nélsicos con megacristales de hasta 5 cm de microclina. Han sido descritos por Muñoz-Cristi (1964, p. 79-80) y Hervé (1976, p. F135-136). Este último autor los consideró filones-manto; pero, el diseño de sus contactos y la distribución de tectonitas 'L' y 'S' en los afloramientos de Curaumilla y Quintay indican que constituyen charnelas engrosadas, buzantes al sur o sureste, de pliegues isoclinales similares y de longitud de onda métrica. Estructuras menores semejantes, de ejes subhorizontales, se observan también más al sur, en Las Cruces (Godoy, 1985) y Caleta Las Banderas, Cartagena.

ANTECEDENTES CRONOLOGICOS

Los primeros datos radiométricos en rocas del área de este estudio corresponden a los de Corvalán y Munizaga (1972). Dichos autores incluyeron los neises y anfibolitas de Laguna Verde y Quintay dentro de la 'Formación Quintay'. En circones de estos dos tipos litológicos obtuvieron edades ²⁰⁶Pb/²³⁸U idénticas de 383 Ma, mientras que, en los circones de una adamelita de Quintay, la misma razón isotópica les indicó 405 Ma. Estos datos evidenciarían el desarrollo de una fase orogénica durante el Devónico Inferior, para la cual propusieron el nombre de 'Fase Quintay'. Dieron a conocer, también, una edad Rb-Sr convencional, en biotita, de 165 Ma para la 'charnoquita'. Esta edad fue interpretada como indicativa de un evento térmico jurásico, superpuesto al metamorfismo de la fase Quintay.

Cordani *et al.* (1976) calcularon una edad K-Ar en hornblenda, de 167 ± 3 Ma para una anfibolita de Quintay. Con muestras de dos inclusiones metasedimentarias de la misma localidad construyeron errorcronas de 319 ± 17 y 169 ± 12 Ma, con razones iniciales de 0,7132 y 0,7038, respectivamente (valores que corresponden a los recalcula-

dos por Hervé *et al.*, 1988).

Con nueve muestras de rocas plutónicas de Quintay, las cuales incluyen los tipos litológicos previamente datados por U-Pb, Hervé *et al.* (1988) obtuvieron una errorcrons Rb-Sr de 167 ± 14 Ma con razón inicial de 0,70412. Dos muestras de 'charnoquita néisica' y de una inclusión anfibolítica les permitieron construir una errorcrons Rb-Sr de 156 ± 92 Ma y razón inicial 0,70390. Los resultados preliminares de estas dataciones fueron dados a conocer por Hervé *et al.* (1985).

Finalmente, Irwin *et al.* (1987) realizaron, como apoyo para un estudio de paleomagnetismo en el litoral central, tres determinaciones ^{40}Ar - ^{39}Ar en rocas del área. La mayor parte del gas de hornblen-

da proveniente de dos dioritas de grano fino, descritas como intruidas en el 'complejo plutónico-metamórfico de alto grado' directamente al sur de Punta Curaumilla, origina una meseta en los $165 \pm 2,6$ Ma. La hornblenda de un filón lamprofídico recolectado en la punta misma, por otra parte, les entregó una meseta de $169,6 \pm 3,6$ Ma.

De esta revisión bibliográfica resalta que, a pesar de la alta densidad (a escala nacional) de dataciones radiométricas, subsisten en el área problemas relacionados con la interpretación de los datos geocronológicos. El presente trabajo pretende contribuir, mediante nuevas y rigurosas mediciones en el sistema isotópico U-Pb, al esclarecimiento de dichos problemas.

GEOCROLOGIA

METODO DE TRABAJO

Con el objeto de efectuar análisis isotópicos U-Pb se recolectaron cuatro muestras: diorita de Playa Chica; diorita néisica, al este de Punta Curaumilla; granito en Caleta Barco y, finalmente, tonalita en Punta Gallo (Fig. 2).

En las dos primeras abunda el circón y, como se contaba con alrededor de 100 kg de muestra, fue posible separar decenas de gramos y varias fracciones granulométricas del mineral. En las dos restantes se dispuso de sólo 15 kg, por lo que se analizaron, ya sea dos fracciones (Caleta Barco) o el conjunto de circones (Punta Gallo). En las tres primeras muestras, el concentrado de minerales pesados se obtuvo utilizando una mesa vibradora disponible en el Centro de Investigaciones Minero-Metalúrgicas (CIMM). La separación fina se llevó a cabo en el Laboratorio Central de Geocronología (Universidad de Münster-DFG). Los análisis isotópicos fueron realizados por W. Loske mediante un espectrómetro de fuente sólida Teledyne NBS-tipo 12"90, siguiendo los procedimientos detallados en Berg y Baumann (1985).

Para la corrección por 'blank' se usaron los siguientes valores: $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 37,5$; $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15,5$; $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 17,72$.

RESULTADOS

CARBONIFERO

Granito Néisico de Caleta Barco. La muestra datada proviene del margen norte de la caleta.

Contiene, además de megacristales (3 cm) de microclina, cuarzo, biotita y plagioclasa con epidota, calcita y biotita verde, que rellenan sus frecuentes fracturas. La biotita primaria presenta microbandas de encarrujamiento y contiene epidota a lo largo del clivaje. Engloba, a menudo, hornblenda verde fuertemente pleocroica.

Su edad U-Pb, obtenida en una fracción $>100 \mu$, es concordante: 309 Ma (Tabla 1; Fig. 3,a). En una fracción de color marrón, también $>100 \mu$ pero rica en U (2.453 ppm), y por lo tanto metamítica, la edad es levemente discordante: 265 *versus* 269 Ma (Tabla 1, Fig. 3,a).

Tonalita de Punta Gallo. Es una tonalita de grano fino a medio que, hacia el norte, entra en contacto con un gabro mediante una franja migmatítica de rumbo NE-SW. Hacia el sur, pasa gradualmente a granito de microclina (tonalita granitizada de Muñoz-Cristi, 1964). La tonalita contiene, además de plagioclasa y cuarzo, hornblenda de borde verde pleocroico. En una fracción granulométrica compuesta ($<160 \mu$), caracterizada por cristales euhedrales aciculares, se obtuvo una edad casi concordante de 290-292 Ma, cercana a la del granito de Caleta Barco (Tabla 1, Fig. 3,a).

JURÁSICO

Diorita de Dos Píroxenos de Laguna Verde. En esta diorita (Hervé, 1976, p. F129-130) se dataron tres fracciones de circones. La fracción más gruesa ($>250 \mu$) corresponde a cristales euhedrales completos, mientras que en las otras dos

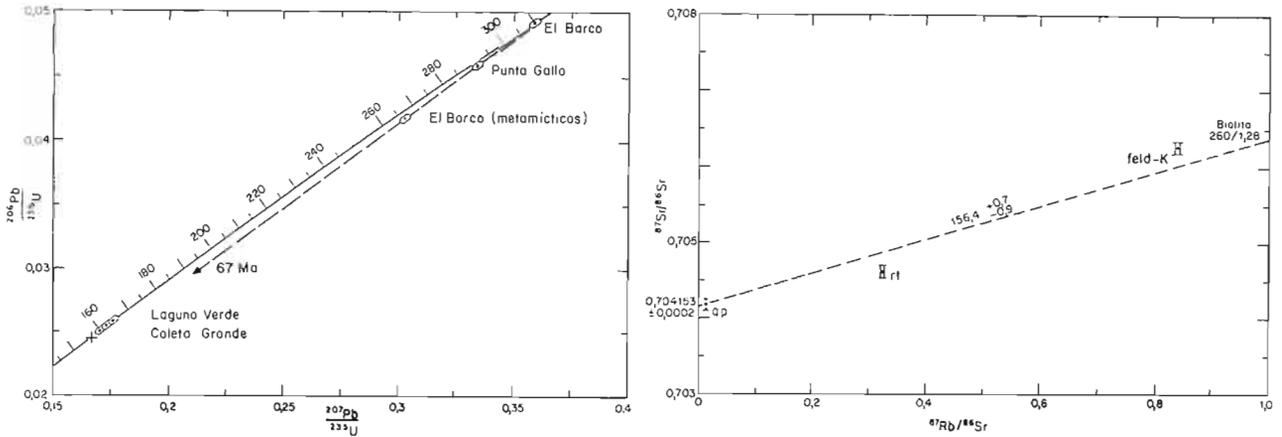


FIG. 3. a. Diagrama Concordia U-Pb. b. Isócrona Rb-Sr en roca total mineral en diorita de dos piroxenos de Laguna Verde.

TABLA 1. VALORES U-Pb EN CIRCONES DEL AREA LAGUNA VERDE-PUNTA GALLO

Localidad	Frac. gran. (μ)	U tot. (ppm)	Pb tot. (ppm)	Pb rad.	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	Edades (Ma)	
							²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U
Laguna Verde	100-125	175,5	4,888	4,874	0,025171	0,17140	160	161
	160-200	155,9	4,522	4,403	0,025374	0,17226	162	161
	>250	148,7	4,527	4,244	0,025548	0,17388	163	163
Caleta Grande	160-200	173,1	4,777	4,692	0,025671	0,17399	163	163
	200-250	154,8	4,298	4,210	0,025603	0,17511	163	164
Punta Gallo	<160	477,9	23,07	22,53	0,045978	0,33286	290	292
Caleta Barco	>100	411,5	20,80	20,43	0,049126	0,35602	309	309
	>100 (metamíc.)	2.453,0	132,30	105,30	0,041999	0,30298	265	269

TABLA 2. DATOS Rb-Sr PARA LA DIORITA DE LAGUNA VERDE

	Rb	Sr	⁸⁷ Rb/ ⁸⁶ Sr	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr
Biotita	551,3	6,48	259,77	1,28142
Feldespato K	209,5	723,5	0,83775	0,706274
Apatita	1,37	331,5	0,01194	0,703182
Roca total	44,53	405,2	0,31789	0,704835

fracciones predominan cristales fracturados. Es probable que su cataclasis sea primaria.

Sus edades U-Pb son concordantes, variando entre 160 y 163 Ma (Fig. 3,a; Tabla 1). Las edades más jóvenes corresponden a las fracciones más finas, las cuales presentan, también, contenidos más altos de U. Una distribución semejante es frecuente en circones cogenéticos de edades discordantes (Silver y Deutsch, 1963). La pérdida de Pb

radiogénico en los individuos más grandes suele explicarse por filtración a través de bordes metamórficos.

Una errorcrona Rb-Sr construida con biotita, feldespato potásico, roca total y apatita, dio una edad de 156,3 ± 1,2 Ma (Fig. 3,b; Tabla 2). La edad Rb-Sr convencional de Corvalán y Munizaga (1972), en esta misma roca (165 Ma) es, por lo tanto, ligeramente más alta.

Neis Anfibolítico de Caleta Grande. De esta localidad ubicada 200 m al oeste de Caleta Grande proviene la datación Rb-Sr de Hervé *et al.* (1988) y, presuntamente, la edad U-Pb CAR-29 de Corvalán y Munizaga (1972). Los últimos autores describieron la roca como 'neis típico de la Formación Quintay', en el cual, andesina y cuarzo anhedral contienen bandas alternantes de anfíbola y biotita.

En la muestra aquí datada, la biotita coexiste con la anfíbola y, al contrario del caso descrito por Hervé (1976, p. F131-132), no se observó feldespato potásico ni piroxenos residuales. En las plagioclasas (1-2 mm) las maclas en cuña son abundantes, la granulación intensa y la recristalización por deformación (expresada en extinción ondulosa) puede llegar a eliminar el maclado.

En Caleta Grande la neisosidad tiene rumbo nor-

oeste y mantea 30° al suroeste; los estudios anteriores muestran manteos más fuertes hacia el sur-este de esta localidad. La foliación es cortada por bandas de encarrujamiento verticales de rumbo NNW. Las zonas de cizalla, de hasta 2 m de ancho, en las cuales cristaliza feldespato potásico, presentan igual actitud al oeste de esta localidad. El manteo de la neisosidad principal es también más fuerte hacia Punta Curaumilla, donde el magma diorítico original intruyó a tonalitas ricas en inclusiones anfibolíticas y originó tanto rocas de mezcla como granófiros.

Se analizaron dos fracciones granulométricas (0,16-0,2 mm y 0,2-0,25 mm). Las edades obtenidas, nuevamente concordantes (Fig. 3,a; Tabla 1), son casi idénticas a las de la diorita de Laguna Verde.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

El objetivo inicial de este estudio era confirmar la edad precámbrica de la 'charnoquita' de Laguna Verde. Las implicancias geotectónicas de dicho dato eran evidentes. Ya Cobbing (*in* Cobbing *et al.*, 1977) había aventurado una comparación de los neises de Las Cruces con los del macizo de Arequipa (Stewart *et al.*, 1974). Mediante una suave inflexión tierra adentro, Godoy (1985) procedió a ligar ambas áreas. En el mismo año, Dalziel y Forsythe (1985) modificaron el modelo de Coira *et al.* (1982) y consideraron al área de este estudio 'una extensión meridional para-autóctona del macizo de Arequipa'. Ramos (1988), finalmente, la asimiló a 'remanentes metamórficos' de basamento siálico pre-gondwánico en el prisma de acreción gondwánico.

En la diorita maciza de dos piroxenos (charnoquita) se había obtenido únicamente la edad Rb-Sr convencional antes mencionada, interpretada como evento térmico jurásico. La edad $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ devónica de su 'equivalente neisificado' podría haber representado un punto de una discordia. Según los resultados preliminares Rb-Sr de Hervé *et al.* (1985), los neises de Caleta Grande eran jurásicos y de razón inicial baja. La errorcrona incluía, sin embargo, sólo tres rocas, una de las cuales era anfibolita no necesariamente cogenética.

La coincidencia de las cinco dataciones U-Pb y la errorcrona Rb-Sr de este estudio con los datos

Rb-Sr y $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ más recientes no dejan, empero, lugar a dudas en cuanto a la cristalización, en el Jurásico, tanto de la diorita maciza como de la néisica, a partir de un mismo magma. Todos los puntos se proyectan en la concordia y la razón inicial Rb-Sr de la diorita, controlada ahora con tres minerales y la roca total, es baja.

Edades Rb-Sr y K-Ar semejantes a las aquí presentadas se han obtenido últimamente hacia el norte de esta área, alrededor de los 36°S, en otras dioritas de dos piroxenos (Parada *et al.*, 1985; Rivano *et al.*, 1985; Espiñeira y Parada, 1987).

La coincidencia de edades también indica, por otra parte, que el enfriamiento del magma diorítico fue relativamente rápido. La biotita de la diorita maciza no cristalizó, por lo tanto, durante un evento térmico posterior a una neisificación. Es probable, en cambio, que la textura néisica de las dioritas de Península Curauma sea el resultado de una deformación protoclastica 'húmeda', contemporánea a su emplazamiento en un campo de esfuerzos a lo largo de 'fallas calientes' de rumbo NW-SE.

Cabe hacer notar que, si bien Muñoz-Cristi (1962, p. 181) consideró a estas rocas como paleozoicas, describió su emplazamiento como sintectónico.

Otro caso de actividad intrusiva jurásica sintectónica ha sido reconocida 50 km al norte del área.

En dicha zona, sedimentitas y tobas de la Formación El Cajón (Thomas, 1958; Complejo El Cajón de Piracés, 1977) asignadas al Pérmico-Carbonífero por el primer autor y al Paleozoico superior-Jurásico Inferior, por el segundo, muestran efectos de metamorfismo dinámico, en las cercanías de granitoides jurásicos.

Un proceso dinamometamórfico fue considerado también por Cordani *et al.* (1976) para explicar la edad Rb-Sr jurásica que obtuvieron en el enclave de metasedimentos en Quintay. Consideraron, sin embargo, dicha edad como rejuvenecida, ignorando su baja razón inicial. Hervé *et al.* (1988), en cambio, estimaron que su isócrona, construida con neises, gabros y granitoides de Quintay (incluido un granito de microclina) representa -por su baja razón inicial $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ - un magmatismo jurásico. En el área de Las Cruces-San Antonio, donde las razones iniciales son más altas, propusieron una actividad tectono-magmática, 'rejuvenecedora', durante el Jurásico.

La edad $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ de 383 Ma en neises de Caleta Grande (Corvalán y Munizaga, 1972) resulta difícil de compatibilizar con los resultados de este estudio. En el único caso en que estos autores presentaron las dos edades U-Pb (Cuesta de Ibacache, 35 km al este de Las Cruces), éstas, ligeramente discordantes, originan un punto por sobre la concordia. Si descartamos una pérdida en U del sistema, esta ubicación anómala reflejaría un error analítico. Parece probable, en todo caso, que la muestra de Caleta Grande fue recolectada más al oeste, en las tonalitas néisicas ricas en inclusiones anfíbolíticas de Punta Curaumilla, las cuales contendrían circones heredados.

Las edades U-Pb obtenidas en Caleta El Barco y Punta Gallo indican que el plutonismo paleozoico se desarrolló, en este sector, recién a partir del Carbonífero Superior. Hervé *et al.* (1988) llegaron a una conclusión semejante mediante dataciones Rb-Sr y propusieron que las edades siluro-devónicas podrían indicar un aporte de circones a partir de rocas más antiguas. Berg y Baumann (1985) obtuvieron, en monzogranitos triásicos de la costa

norte de Chile, discordias que fijan una edad >1 Ga a las rocas madres de sus circones. Nuestros datos concordantes, en cambio, no permiten una derivación semejante. La única edad discordante corresponde a aquélla de los circones metamórficos de Caleta El Barco y debe representar pérdida de Pb por un evento post-carbonífero. Si bien la discordia que une a ambos puntos origina una intersección inferior de 67 Ma, es probable que una mayor cantidad de puntos indique que la pérdida de Pb se extiende hasta el presente.

De las consideraciones expuestas en este trabajo se extraen las siguientes conclusiones:

- La presunta charnoquita precámbrica de Laguna Verde corresponde a una diorita deformada durante su emplazamiento, a fines del Jurásico medio.
- Es, por lo tanto, conveniente dejar de utilizar los conceptos de 'Formación Quintay' y 'Fase Quintay' en dicha zona. En las rocas agrupadas en esa formación, de supuesta edad silúrico-devónica, se reconocen, en cambio, los efectos de plutonismo sincinemático jurásico o enclaves de un complejo ígneo-metamórfico carbonífero tardío.
- Las edades de las rocas de esta área no favorecen esquemas 'fijistas' (unión con el macizo de Arequipa) o 'movilistas', tales como un adosamiento del mismo con el margen paleozoico de Gondwana (Dalziel y Forsythe, 1985).
- Si no se continúa aceptando la excesiva antigüedad de las unidades metamórficas, en la zona costera entre Valparaíso y el río Maipo, quizás se logren entender mejor las características de los procesos responsables de la construcción de este margen durante el Paleozoico y Mesozoico inferior. Estos parecen corresponder, en especial, a la acreción de prismas en zona de subducción y su posterior intrusión por granitos, con aporte cortical en el Carbonífero-Pérmico y con participación de fundidos del manto a partir del Jurásico. Estos últimos se habrían emplazado, al menos al sur de Valparaíso, en forma sincinemática.

AGRADECIMIENTOS

La presente contribución al Proyecto PICG 249, es el resultado de la colaboración de diversas personas e instituciones. El Proyecto E-1702 de la Dirección de Investigación y Biblioteca (RIP) de la U-

niversidad de Chile financió la etapa de terreno y la concentración de minerales pesados en mesa vibradora. El Dr. K. Berg y el colega A. Siña (Universidad de Chile) participaron en la recolección de

muestras y en una visita a Punta Curaumilla, respectivamente. La separación fina y los análisis isotópicos efectuados en el Laboratorio de Geocronología de la Universidad de Münster fueron posibles gracias a una beca concedida por la Fundación Alexander von Humboldt al primer autor durante

Septiembre-Diciembre de 1985.

Se agradece, también, el estímulo prestado por los profesores B. Grauert (Universidad de Münster) y H. Miller (Universidad de München); el último de los cuales contribuyó, además, a revisar el manuscrito.

REFERENCIAS

- Berg, K.; Baumann, A. 1985. Plutonic and metasedimentary rocks from the Coastal Range of northern Chile: Rb-Sr and U-Pb isotopic systematics. *Earth and Planetary Science Letters*, Vol. 75, No. 2, p. 101-115.
- Cobbing, E.; Ozard, J.M.; Snelling, N.J. 1977. Reconnaissance geochronology of the crystalline basement rocks of the Coastal Cordillera of southern Perú. *Geological Society of America, Bulletin*, Vol. 88, No. 2, p. 241-246.
- Coira, B.; Davidson, J.; Mpodozis, C.; Ramos, V. 1982. Tectonic and magmatic evolution of the Andes of northern Argentina and Chile. *Earth Science Reviews*, No. 18, p. 303-332.
- Cordani, U.; Munizaga, F.; Hervé, F.; Hervé, M. 1976. Edades radiométricas provenientes del basamento cristalino de la Cordillera de la Costa en las provincias de Valparaíso y Santiago, Chile. *In Congreso Geológico Chileno, No. 1, Actas, Vol. 2*, p. F213-F222. Santiago.
- Corvalán, J.; Munizaga, F. 1972. Edades radiométricas de rocas intrusivas y metamórficas de la Hoja Valparaíso-San Antonio. *Instituto de Investigaciones Geológicas, Boletín*, No. 28, 40 p. Santiago.
- Dalziel, I.; Forsythe, R. 1985. Andean evolution and the terrane concept. *In Tectonostratigraphic terranes of the circum-pacific region* (Howell, D; editor). *Circumpacific Council for Energy Mineral Resources, Earth Sciences Series*, p. 565-581. Houston.
- Drake, R.; Vergara, M.; Munizaga, F.; Vicente, J.C. 1982. Geochronology of Mesozoic-Cenozoic magmatism in central Chile, Lat. 31-36°S. *Earth Science Reviews*, Vol. 18, No. 3-4, p. 353-364.
- Espiñeira, C.; Parada, M.A. 1987. Geology of the Jurassic plutonic complex of the Chilean Coastal Range between 32°30' and 33°S. *In Congreso Geológico Argentino*, No. 10, Actas, Vol. 4, p. 15-17. Tucumán.
- Gansser, A. 1973. Facts and theories on the Andes. *Journal of the Geological Society of London*, Vol. 129, Part 2, p. 93-131.
- Godoy, E. 1985. El Paleozoico metamórfico en Chile: Reflexiones sobre su significado geotectónico. *In Geología y Yacimientos Minerales de Chile* (Frutos, J.; Oyarzún, R.; Pincheira, M.; editores). *Editorial de la Universidad de Concepción*, Vol. 1, p. 91-99. Concepción.
- González-Bonorino, F.; Aguirre, L. 1970. Metamorphic facies series of the crystalline basement of Chile. *Geologische Rundschau*, Vol. 59, No. 3, p. 979-994.
- Hervé, F. 1976. Petrografía del área Laguna Verde-Quintay, Provincia de Valparaíso, Chile. *In Congreso Geológico Chileno*, No. 2, Actas, Vol. 2, p. F125-F144. Santiago.
- Hervé, F.; Munizaga, F.; Parada, M.A.; Brook, M.; Pankhurst, R.; Drake, R. 1985. Granitoids of the Coast Range of central Chile. *Universidad de Chile, Departamento de Geología y Geofísica, Comunicaciones*, No. 35, p. 105-108.
- Hervé, F.; Godoy, E.; Parada, M.A.; Ramos, V.; Rapela, C.; Mpodozis, C.; Davidson, J. 1987. A general view of the Chilean-Argentine Andes, with emphasis on their early history. *In Circum-pacific orogenic belts and evolution of the Pacific Ocean basin* (Monger, J.; Francheteau, J; editors). *AGU Geodynamics Series*, Vol. 8, p. 97-114.
- Hervé, F.; Munizaga, F.; Parada, M.A.; Brook, M.; Pankhurst, R.; Snelling, N.; Drake, R. 1988. Granitoids of the Coast Range of Central Chile: Geochronology and geological setting. *Journal of South American Earth Sciences*, Vol. 1, No. 2, p. 185-194.
- Irwin, J. Sharp, W.; Spangler, R.; Drake, R. 1987. Some paleomagnetic constraints on the tectonic evolution of the Coastal Cordillera of central Chile. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 92, p. 3603-3614.
- Muñoz-Cristi, J. 1962. Comentarios sobre los granitos chilenos. *Minerales*, No. 78, p. 15-19. Santiago.
- Muñoz-Cristi, J. 1964. Estudios petrográficos y petrológicos sobre el Batolito de la Costa de las provincias de Santiago y Valparaíso. *Universidad de Chile, Instituto de Geología, Publicación*, No. 25, 93 p.
- Parada, M.A.; Rivano, S.; Sepúlveda, P.; Hervé, M.; Hervé, F.; Puig, A.; Munizaga, F.; Brook, M.; Pankhurst, R., 1985. Mesozoic and Cenozoic plutonic development in the Andes of central Chile (30°30'-32°30'). *Universidad de Chile, Departamento de Geología y Geofísica, Comunicaciones*, Vol. 35, p. 185-188.
- Piracés, R. 1977. Geología de la Cordillera de la Costa entre Catapilco y Limache, región de Aconcagua. Tesis de Grado (inérito). *Universidad de Chile, Departamento de Geología*, 118 p. Santiago.
- Ramos, V. 1988. The tectonics of the central Andes; 30-33°S. Lat. *Geological Society of America, Special Paper*, Vol. 218, p. 31-54.
- Rivano, S.; Sepúlveda, P., Hervé, M.; Puig, A. 1985. Geocronología K-Ar de las rocas intrusivas entre los 31°-32° latitud sur, Chile. *Revista Geológica de Chile*, No.

- 24, p. 63-74.
- Silver, L.; Deutsch, S. 1963. Uranium lead variations in zircon; a case study. *Journal of Geology*, Vol. 71, p. 747-758.
- Siña, A. 1987. Geología y petrogénesis de las rocas plutónicas del Batolito de la Costa entre Algarrobo y Rocas de Santo Domingo, Región de Valparaíso. Tesis de Grado (Inédito). *Universidad de Chile, Departamento de Geología y Geofísica*, 139 p. Santiago.
- Stewart, J. Evernden, J.F.; Snelling, N. 1974. Age determinations from Andean Peru. A reconnaissance survey. *Geological Society of America, Bulletin*, Vol. 85, No. 7, p. 1107-1116.
- Thomas, H. 1958. Geología de la Cordillera de la Costa entre el valle de La Ligua y la Cuesta de Barriga. *Instituto de Investigaciones Geológicas, Boletín*, No. 2, 86 p.