ACERCA DE LA EDAD Rb-Sr PRECAMBRICA DE ROCAS DE LA FORMACION ESQUISTOS DE BELEN, DEPARTAMENTO DE PARINACOTA, CHILE.

D. PACCI — Inst. Invest. Geológicas. Casilla 10465, Santiago, Chile.

F. HERVE
F. MUNIZAGA — Depto. Geología, U. de Chile, Casilla 13518, Correo 21, Santiago, Chile.

K. KAWASHITA
U. CORDANI — CPGEO, Univ. Sao Paulo, Brasil.

RESUMEN

Un estudio geocronológico preliminar de la Formación Esquistos de Belén, por el método Rb-Sr en roca total, sugiere que hace 1.000 m.a. tuvo lugar una homogenización isotópica de las muestras analizadas, probablemente, durante un episodio de metamorfismo regional.

La dispersión de los puntos, en el diagrama isocrónico que se presenta, puede estar relacionada con la apertura de los sistemas isotópicos de las rocas, debido a cataclasis y reemplazo parcial de minerales post-metamorfismo regional. La edad K-Ar en muscovita de 444 m.a. es una edad mínima, relacionada también con eventos posteriores al metamorfismo regional.

La edad obtenida en este trabajo para los Esquistos de Belén, constituye la primera evidencia geocronológica de la existencia de rocas precámbricas en el país, y concuerda con la asignación estratigráfica de Montecinos (1963) para estas mismas rocas.

No se conocen edades similares en la región costera del Macizo de Arequipa, pero sí en regiones más alejadas de la costa, en Perú, Bolivia y en la provincia de Rondonia, Brasil. Esto permite insinuar la existencia de un evento geológico de amplia distribución en este sector de Sud-América durante el Precámbrico Superior.

ABSTRACT

Premiliminary whole rock Rb-Sr data from the Esquistos de Belén Formation, suggest that an isotopic homogenization of the analyzed samples took place 1,000 m. y. B. P. probably during a regional metamorphic event.

Dispersion of points in the presented isochronic diagram, can be related to the opening of isotopic systems during postmetamorphic cataclasis and partial mineral replacement. A 444 m.y. K-Ar minimum age in muscovite is probably related to younger thermal events occurred in the area.

The Rb-Sr age obtained during this work is the first geochronological evidence for the existence of precambrian rocks in the Chilean territory, and is concordant with the pre-cambrian age assigned to the Formation by Montecinos (1963), based on geological indirect evidence.

No similar ages are know from coastal exposures of the Arequipa Massiff in Peru, but they occurr further inland in Peru, Bolivia and in the Rondonia Province in Brazil, suggesting the existence of a widespread regional event.

Revista Geológica de Chile Nº 11, pp. 43-50. 2 figs.. 2 tablas.

INTRODUCCION

En el norte de Chile, existen varios afloramientos aislados de rocas metamórficas, a los que, tradicionalmente, se les ha supuesto edades antiguas, del Paleozoico o Precámbrico.

Una de estas unidades de rocas metamórficas es conocida como la Formación Esquistos de Belén y fue descrita inicialmente por Montecinos (1963).

La ausencia total de información geocronológica acerca de los "esquistos de Belén", así como su cercanía geográfica con las rocas ciertamente precámbricas del Macizo de Arequipa en Perú, motivaron a los autores a realizar el estudio geocronológico preliminar cuyos resultados se presentan a continuación..

MARCO GEOLOGICO

Los "esquistos de Belén" son las rocas más antiguas del área, en la que también se han definido unidades de rocas sedimentarias y volcánicas de edades supuestas, comprendidas entre el Paleozoico inferior (Formación Visaya) y el Terciario superior (Formación Huaylas) (Fig. 1).

Se denomina Formación Esquistos de Belén a un conjunto de gneises y esquistos que afloran en una franja discontinua NNW, de unos 30 km de largo y un ancho promedio de 700 m, entre los pueblos de Chapiquiña por el norte, hasta Tignamar en el sur, en el flanco occidental de la precordillera andina, entre los 3.200 y 3.800 m s.n.m. El contacto de esta unidad con las circundantes formaciones Visaya, Lupica y Huaylas es por fallas inversas de rumbo general N30°W. En las zonas de falla, es común hallar bloques aislados de esquistos de variados tamaños.

En las vecindades de Belén, dominan los esquistos, especialmente hacia el este de la franja de afloramiento. Se eligieron estas rocas para ser datadas, en función de su probable mayor variación en las razones Rb/Sr, de acuerdo a la variedad litológica observada en ellas.

En Quebrada Tignamar, extremo sur de los afloramientos de la unidad, 5 km al este de Tignamar, se observaron dioritas anfibólicas de textura granular, variando a dioritas miloníticas foliadas, con apariencia de esquistos, ya que presentan abundante desarrollo de biotita orientada en la matriz. Además existe una "brecha de esquisto" (Pacci, 1970) que consiste en fragmentos subredondeados de esquistos micáceos y cuarcitas, en una matriz arenosa bien consolidada, constituyendo una franja de 2 km de largo y 150 m de ancho, limitada por fallas N30°W/25°E de las dioritas anfibólicas.

En el extremo norte de sus afloramientos, la formación está, al parecer, intruída por la granodiorita cataclástica de Saitoco que, en Saitoco, está asociada a un complejo máfico-ultramáfico.

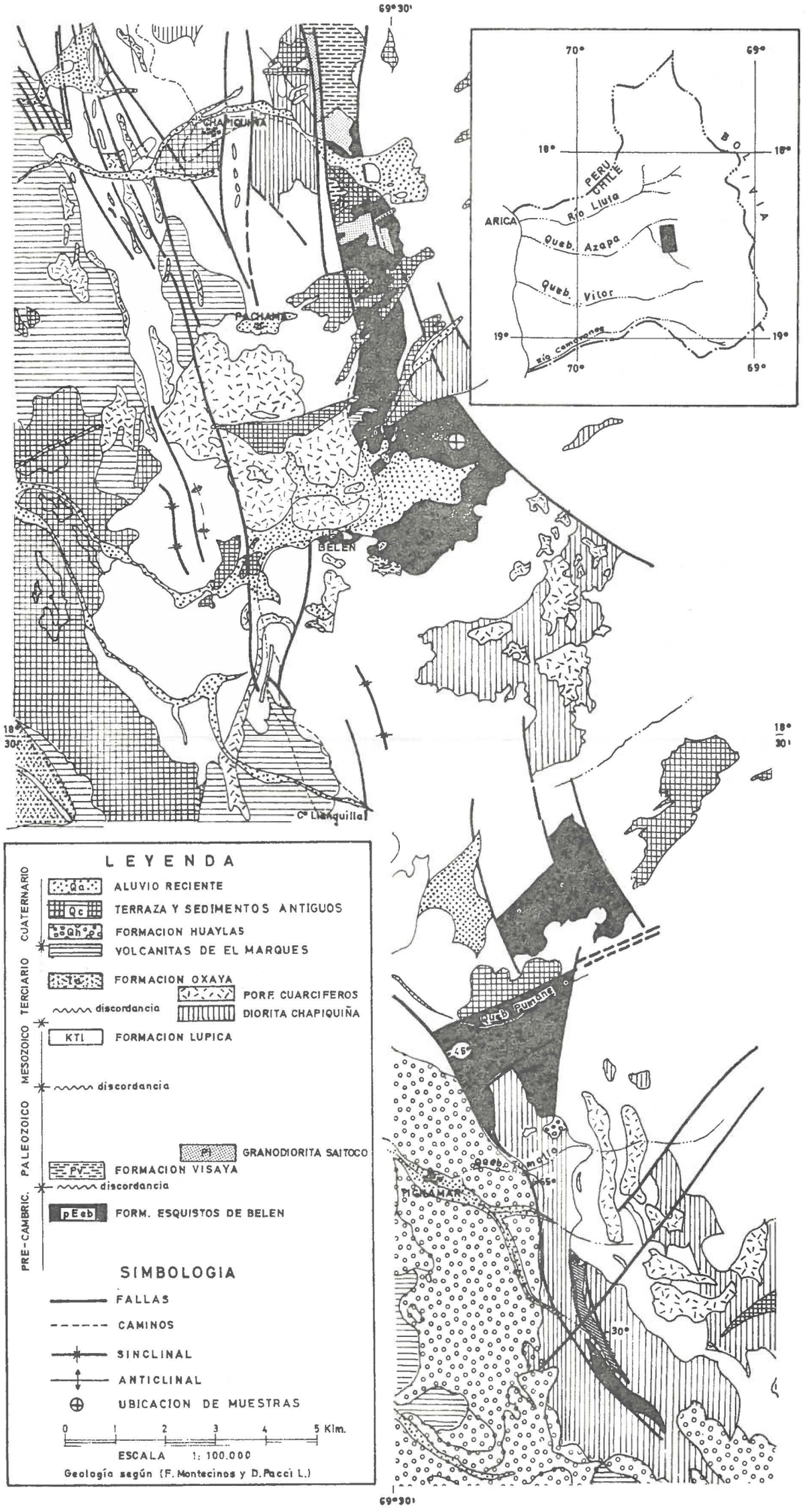
Se reconoce en esa localidad un cuerpo de serpentinita, intensamente fracturado en fragmentos romboidales, en algunos de los cuales se han desarrollado venillas de crisotilo, que han sido motivo de explotación minera. Se observa serpentinita homogénea, con textura residual de dunita, y serpentinita bandeada, en que alternan bandas originalmente de olivina y bandas bastíticas provenientes de piroxenitas. En los alrededores de la serpentinita se observan rodados de gabros, y de gabros coroníticos.

La edad de la granodiorita de Saitoco y del complejo máfico-ultramáfico es incierta. El único antecedente geocronológico es una edad Pb/α de 420±50 m.a. (IIG, 1972) en circones de la granodiorita.

La Formación Visaya (Montecinos, 1969), constituida por areniscas y cuarcitas asignadas, tentativamente, al Paleozoico inferior, aflora principalmente en las cercanías de Chapiquiña, cerca del extremo norte de la franja de afloramientos de la Formación Esquistos de Belén. A unos 8 km al sureste de Tignamar afloran cuarcitas asignadas por Pacci (1970) a la Formación Visaya.

La Formación Lupica (Montecinos, 1963) incluye brechas y lavas andesíticas, areniscas y conglomerados, ignimbritas y rocas sedimentarias lacustres con flora fósil. Se dispone, discordantemente, sobre la Formación Esquistos de Belén e infrayace, discordantemente, a la Formación Oxaya. Se le asignó una edad cretácica superior-terciaria inferior.

MAPA DE DISTRIBUCION FORMACION ESQUISTOS DE BELEN
PROVINCIA DE PARINACOTA PRIMERA REGION



LEYENDA

CUATERNARIO
- Qa — ALUVIO RECIENTE
- Qc — TERRAZA Y SEDIMENTOS ANTIGUOS
- Qah — FORMACION HUAYLAS
- Qc — VOLCANITAS DE EL MARQUES

TERCIARIO
- Tc — FORMACION OXAYA
- PORF. CUARCIFEROS
- DIORITA CHAPIQUIÑA

discordancia

MESOZOICO
- KTl — FORMACION LUPICA

discordancia

PALEOZOICO
- Pi — GRANODIORITA SAITOCO
- PV — FORMACION VISAYA

discordancia

PRE-CAMBRIC.
- pEeb — FORM. ESQUISTOS DE BELEN

SIMBOLOGIA

- FALLAS
- CAMINOS
- SINCLINAL
- ANTICLINAL
- UBICACION DE MUESTRAS

0 1 2 3 4 5 Kim.

ESCALA 1: 100.000

Geología según (F. Montecinos y D. Pacci L.)

Fig. 1

La Formación Oxaya (Montecinos, 1963) está constituida por tobas ignimbríticas, con intercalaciones de rocas sedimentarias y matriz cinerítica. Se la asigna al Mioceno-Plioceno.

La Formación Huaylas (Salas *et al.*, 1966). es una secuencia sedimentario-volcánica, que rellena depresiones principalmente en la Precordillera y Puna. Está constituida por tobas riolíticas y tufitas, areniscas, arcillolitas y conglomerados poco consolidados. Se la asigna al Pleistoceno (?).

Rocas Intrusivas

En el área en estudio, afloran pequeños cuerpos de pórfidos cuarcíferos y dioritas, que intruyen a las formaciones Esquistos de Belén y Lupica y que han sido asignados al Terciario inferior (Salas *et al.*, 1966).

GEOLOGIA DEL AREA DE PROVENIENCIA DE LAS MUESTRAS

Las muestras analizadas provienen del sector de Quipaquipani, ubicado a unos 3 km al norte de Belén, cerca del estanque de agua potable del pueblo. En un afloramiento continuo de no más de 100 m de largo, se observan gneises biotíticos, esquistos micáceos, anfibólicos y cloríticos. Pliegues chevron de no más de 50 cm de amplitud y de rumbos N30°W/26°34°N afectan a la foliación principal. Estas rocas están cortadas por diques oscuros de 0,5 m de ancho, posteriores a la deformación.

Quinientos metros hacia el oeste de Quipaquipani afloran dioritas foliadas, con porfiroclastos de hornblenda y plagioclasa, en una matriz rica en biotita. Se observan bandas composicionales plegadas, aplitas y pegmatitas, discordantes con la foliación principal. Se distinguen, además fracturas aproximadamente perpendiculares a la foliación, en las que se observa milonitización de las rocas.

Finalmente, más al oeste, en el sector de Nacajo, aflora un pórfido con fenocristales de cuarzo y biotita, que presenta un clivaje de fractura marcado, de rumbo N70°E/75°N. Este pórfido, al parecer, está en contacto por falla con la diorita foliada.

GEOCRONOLOGIA

METODO ANALITICO

Las dataciones se efectuaron en el Centro de Pesquisas Geocronológicas de la Universidad de Sao Paulo, Brasil.

Se escogieron muestras de distinta litología que fueron analizadas por Rb y Sr mediante flurescencia de R-X en un instrumento Philips de 2 kW. Se seleccionaron 6 muestras, de acuerdo a sus razones Rb/Sr. Las razones isotópicas Sr^{87}/Sr^{86} fueron determinadas en un espectrómetro Varian Mat-Th-5, siguiendo los procedimientos establecidos por Kawashita (1972). Los errores analíticos para los contenidos de Rb y Sr se consideran de alrededor del 2°/o en la razón Rb/Sr por fluorescencia de R-X.

La edad Rb-Sr se calculó tomando la constante de decaimiento $\lambda\beta = 1{,}42 \times 10^{-11}$ años^{-1}. Los valores de las razones Sr^{87}/Sr^{86} se normalizaron para el valor 0,1194 de la razón Sr^{86}/Sr^{88}.

El valor histórico de la razón Sr^{87}/Sr^{86} para el estandar de $SrCO_3$ de Eimer y Amend en el laboratorio es de 0,7082±0,0011 (1σ).

La edad K-Ar fue determinada de acuerdo a los procedimientos descritos en Amaral *et al.*, (1966), con modificaciones descritas en Basei (1977).

RESULTADOS

Los datos analíticos de las dataciones Rb-Sr y K-Ar se observan en las Tablas 1 y 2.

Los valores de Sr^{87}/Sr^{86} y Rb^{87}/Sr^{86} de las muestras analizadas se proyectaron en un diagrama isocrónico, en el cual se trazó una isócrona de referencia de 1.000 m.a., con una razón inicial Sr^{87}/Sr^{86} de 0,718 (Fig. 2). Se observa que, por lo menos, 4 puntos (A,C,E y F) se sitúan en las proximidades de la recta trazada, lo que puede indicar que un evento de edad vecina a los 1.000 m.a. ocurrió en la región. Durante este evento, probablemente el metamorfismo regional responsable de la generación de la minerología principal observada en las rocas, se habría producido una homogeneización isotópica de Sr.

Los puntos A y, particularmente, D se sitúan afuera del alineamiento, lo que podría deberse a

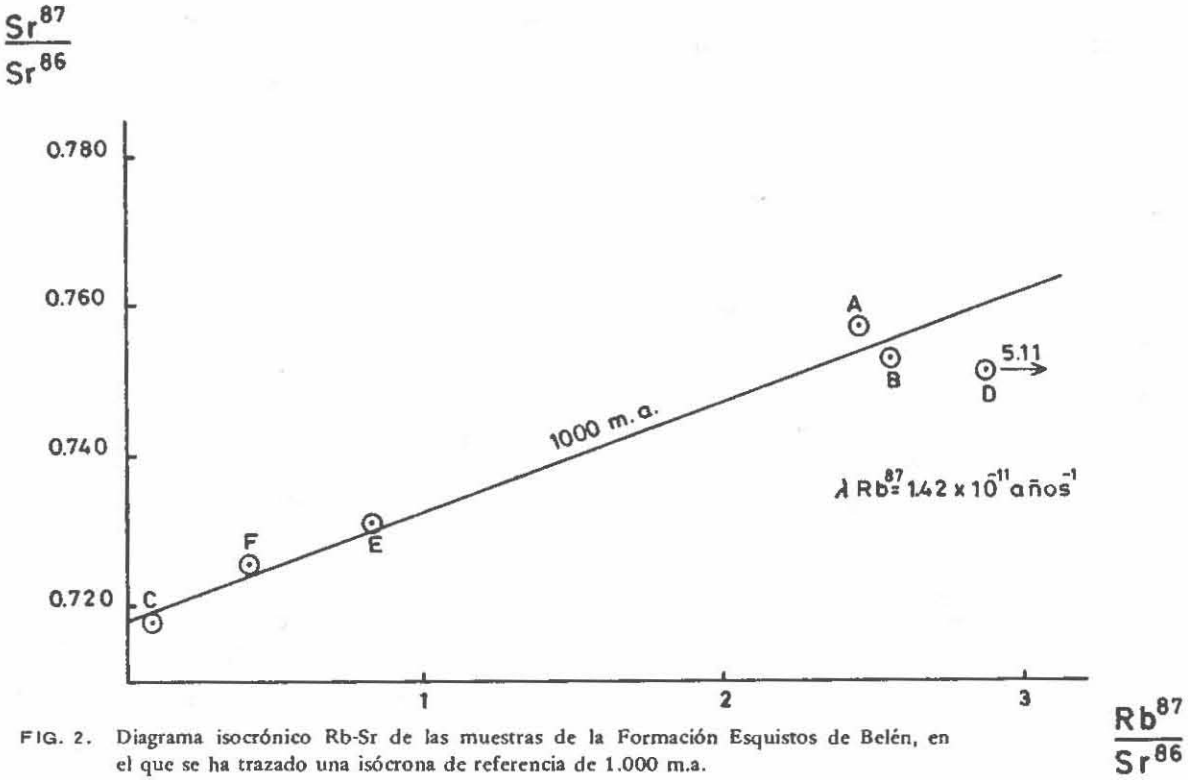


FIG. 2. Diagrama isocrónico Rb-Sr de las muestras de la Formación Esquistos de Belén, en el que se ha trazado una isócrona de referencia de 1.000 m.a.

eventos posteriores que hubieran abierto los sistemas isotópicos. En los cortes transparentes se puede observar bandas de cataclasis (13A, 13F), caolinización parcial de las plagioclasas (13A. 13B, 13E, 13F), cloritización parcial de la biotita (13D, 13E), anillo de reacción de filosilicatos en torno a granate (13D), y crecimiento de algunos cristales postectónicos de mica blanca (13P).

CORRELACIONES

En el sur del Perú, existe abundante información geocronológica acerca de las rocas precámbricas del Macizo de Arequipa. Stewart *et al.* (1974) fueron los primeros en obtener edades precámbricas con valores K-Ar de 679±12 m.a. y 642±16 m.a. Estudios posteriores, con métodos más penetrativos, han permitido establecer edades de 1.910 m.a. (Dalmayrac *et al.*, 1977 a; U-Pb en circones), de 1.811 m.a. (Cobbing *et al.*, 1977; isócrona Rb-Sr en roca total) y de 1.920 m.a. (Shackleton *et al.*, 1979; isócrona Rb-Sr en roca total), para rocas situadas en la región costera del sur del Perú.

Un episodio de cerca de 1.000 m.a., como el determinado en los esquistos de Belén, no tiene equivalente en la parte costera del Macizo de Arequipa, donde no se ha reconocido ningún evento de esa edad. Sin embargo, edades similares han sido obtenidas en localidades alejadas de la costa en Perú y Bolivia. James y Brookes (1976), en muestras de los gneises de Charcani, cerca de Arequipa, obtuvieron una isócrona Rb-Sr en "slabs" de roca total de 1.012±52 m.a.; Dalmayrac *et al*, (1977b) obtuvieron edades de 1.140±30 m.a. en granulitas del valle del río Pichari, región salvática del Perú, y Lehman (1978) una edad modelo Rb-Sr de 1.050 m.a., en una muestra de metagranito de una perforación cerca de Charaña.

Esta coincidencia de edades del orden de 1.000 m.a. en áreas ubicadas al este del macizo costero, sugiere la existencia de un evento regional, talvez de metamorfismo, en el área. Cabe destacar su contemporaneidad con los últimos eventos de la provincia de Rondonia en Brasil (Cordani *et al.*, 1979).

En el Macizo de Arequipa, existen evidencias de una reactivación durante el Precámbrico Superior (~600 m.a.) en la región costanera del Perú (Dalmayrac *et al.*, 1977a), donde además se han establecido edades de 440 m.a. (Shackleton *et al.*, 1979, isócrona Rb-Sr en roca total) para el Complejo de Atico y edades K-Ar similares para el Batolito de San Nicolás (Wilson, 1975). Esto permite concluir que, con posterioridad al Silúrico

Tabla 1

Datos Analíticos Rb–Sr

SPR	No. Campo	Roca	Rb ppm	Sr ppm	Rb^{87}/Sr^{86}	Sr^{87}/Sr^{86}
3975	ARI 13_A	Esquisto de cuarzo y muscovita	49,6	57,2	2,52	0,7503
4003	ARI 13_B	Esquisto de cuarzo y muscovita	34,2	39,9*	2,48	0,7577
4004	ARI 13_C	Esquisto clorítico	1,52*	55,4	0,08	0,7178
4005	ARI 13_D	Gneises de muscovita, biotita y granate	54,5	30,8*	5,11	0,7510
3976	ARI 13_E	Gneis de biotita y muscovita	46,7	166,1	0,82	0,7304
3977	ARI 13_F	Gneis de biotita	47,2	327,1	0,42	0,7259

*Por dilución isotópica

(Van Eysinga, 1975), el Macizo de Arequipa no fue removilizado.

Estas últimas edades coinciden bien con la edad K-Ar de 444±14 m.a. obtenida para los "esquistos de Belén". Por el momento, no puede establecerse si estos valores corresponden a un evento térmico de esa edad, o a una edad sin significado geológico, talvez debida a pérdida parcial de Ar durante eventos posteriores.

Tabla 2

Datos Analíticos K–Ar

SPK	No. Campo	Material	% K	Ar^{40}_{rad} cc STPx10^{-5}	% Ar atm	Edad
4208	ARI 13_D	Muscovita	6,48	12,67	5,7	444±14

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue financiado por el Instituto de Investigaciones Geológicas y por el Grant 083-783 del Servicio de Desarrollo Científico y Creación Artística de la Universidad de Chile. Las determinaciones radiométricas fueron realizadas en el Centro de Pesquisas Geocronológicas de la Universidad de Sao Paulo. Forma parte del Proyecto 120 del IGCP, "Evolución Magmática de los Andes".

REFERENCIAS

AMARAL, G.; CORDANI, U.; KAWASHITA, K.; *et al.* 1966. K-Ar dates of basaltic rocks from southern Brasil. Geochim. Cosmochim. Acta, Vol. 30, No. No. 2, p. 159-189.

BASEI, M. 1977. Idade do vulcanismo acido-intermediario na Regiao Amazonica. Tesis de Mestrado, Inst. Geocienc., Univ. Sao Paulo, 133 p.

COBBING, E.J.; OZARD, J.M.; SNELLING, N.J. 1977. Reconnaissance geochronology of the crystalline basement rocks of the Coastal Cordillera of southern Peru. Geol. Soc. Am., Bull., Vol. 88, No. 2, p. 241-246.

CORDANI, U.; TASSINARY, C.; TEIXEIRA, W.; *et al.* 1979. Evoluçao tectonica da Amazonia com base nos dados geocronologicos. Congr. Geol. Chileno, No. 2. Actas, Vol. 4, p. J137-J148.

DALMAYRAC, B.; LANCELOT, J.R.; LEYRELOUP, A. 1977a. Two-billion-year granulites in the late Precambrian metamorphic basement along the southern Peruvian coast. Science (AAAS), Vol. 198, No. 4312, p. 42-51.

DALMAYRAC, B.; LAUBACHER, G.; MAROCCO, R. 1977b. Géologie des Andes Peruviennes. Caractères généraux de l'évolution géologique des Andes Peruviennes. These d'Etat, Univ. Sci. Tech. Languedoc, 361 p. Montpellier, France.

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES GEOLOGICAS. 1972. Edades radiométricas de rocas chilenas. *In* Jornadas de Trabajo, Vol. 2, Sec. 1, p. 132-145. Antofagasta, Chile.

JAMES, D.E.; BROOKS, C. 1976. Preliminary Rb-Sr data on the minimum age of the central Andean Precambrian basement complex. Carnegie Inst. Wash., Yearb., No. 75, p. 213-216.

KAWASHITA, K. 1972. O método Rb-Sr em rochas sedimentares. Aplicaçao para as bacias de Parana e Amazonas. Tesis Doctorado, Univ. Sao Paulo, 111 p. Brasil.

LEHMANN, B. 1978. A precambrian core sample from the Altiplano Bolivia. Geol. Rundsch., Vol. 67, No. 1, p. 270-278.

MONTECINOS, F. 1963. Observaciones de Geología en el Cuadrángulo Campanani, Departamento de Arica Provincia de Tarapacá. Memoria de Título, Univ. Chile, Depto. Geol., 109 p. Santiago.

PACCI, D. 1970. Prospección geológica y estudio geoquímico en zona de alteración hidrotermal de Tignamar, Departamento de Arica. Memoria de Título, Univ. Chile, Depto. Geol., 66 p. Santiago.

SALAS, R.; KAST, R.; MONTECINOS, F.; *et al* 1966. Geología y recursos minerales del Departamento de Arica Inst. Geol. (Chile), Bol., No. 21, 114 p.

SHACKLETON, R.M.; RIES, A.C., COWARD, M.P. *et al.* 1979. Structure metamorphism and geochronology of the Arequipa Massif of coastal Peru. Geol. Soc. Lond., J., Vol. 136, Part 2, p. 195-214.

STEWART, J.W.; EVERNDEN, J.F.; SNELLING, N.J. 1974. Age determinations from Andean Peru: a reconnaissance survey. Geol. Soc. Am., Bull., Vol. 85, No. 7, p. 1107-1116.

VAN EYSINGA, F.W.B. 1975. Geological time table. 3rd edition. Elsevier Sci. Publ. Co. Amsterdam.

WILSON, P.A. 1975. K-Ar studies in Peru with particular reference to the Coastal Batholith. Ph.D. Thesis, Univ. Liverpool, 299p. England.