

## EDADES K-Ar EN ROCAS INTRUSIVAS DEL AREA DE ILO DPTO. DE MOQUEGUA

Agapito W. Sánchez F.

### RESUMEN

Se presentan dataciones K-Ar en minerales para 9 muestras de rocas intrusivas provenientes del Batolito de Ilo. Al mismo tiempo se describen algunas características de los componentes del batolito y sus relaciones geológicas.

Hornblendas de 2 muestras dioríticas tomadas en los alrededores de Ilo dieron valores de 195 y 182 millones de años.

El mayor volumen de edades correspondientes al cuerpo principal de Tonalita-granodiorita se ubica entre los 105 y 99 millones de años, lo cual se interpreta como la edad de emplazamiento de dicho plutón, durante el Albiano.

Son conocidas algunas determinaciones K-Ar realizadas por Mc. Bride (1977) las cuales dieron valores entre los 155 a 148 M.A. y otras dos edades aisladas de 102 y 93 millones de años.

Existen 3 grupos de datos K-Ar en el Batolito de Ilo correspondientes al Jurásico Inf. (195-182 M.A.), Jurásico Sup. (155-148 M.A.) y Albiano (105-99 M.A.).

### ABSTRACT

Potassium -Argon mineral ages from 9 samples belonging to the Ilo Batholith are presented. Some features and geological relationship are described at the same time. Hornblendes from dioritic rocks from Ilo area have yielded ages of 195 and 182 m. y.

The mayor group of ages from the main tonalite-granodiorite body are between 105 to 99 m.y. This must be the age of intrusion which occurred in Albian time.

Some K-Ar ages ranging from 155 to 148 m.y. and isolated dates of 102 and 93 m.y. have been reported by Mc. Bride (1977) from the Ilo Batholith.

There are 3 groups of ages from the Ilo Batholith which are comprising Lower Jurassic (195-182 m.y.), Upper Jurassic (155-148 m.y.) and Albian (105-99 m.y.).

### INTRODUCCION

Las rocas intrusivas constituyen el mayor volumen de la cordillera de la costa en la zona litoral de los departamentos de Tacna, Moquegua y extremo sur de Arequipa. Los afloramientos siguen el rumbo andino normal formando un batolito continuo entre las pampas de Huagri (Dpto. de Arequipa) y el morro Sama, 20 Km. al NO de la desembocadura del río Sama (Dpto. de Tacna); a lo largo de 160 Km. con un ancho variable entre aprox. 15 a 30 Km. (Fig. No. 1).

En las publicaciones de la Carta Geológica Nacional se describen por primera vez estas rocas estableciéndose las relaciones de intrusión entre plutones y la roca caja. Así, Bellido E. y Guevara C. (1963) reportan la presencia de las siguientes litologías en los cuadrángulos de Punta de Bombón y Clesesí; diorita, granito-granodiorita, granodiorita hornbléndica, diorita cuarcífera, monzonita, riocácita, diabasas y aplitas; asignándoles una edad Cretáceo-Terciario Inferior. Narváez S. (1964) menciona la existencia de un rango que va desde la diorita gabroide hasta el granito con predominancia de granodioritas; además, considera que las porciones más básicas se emplazaron primero y fueron cortadas por los magmas más ácidos; atribuye una edad Cretáceo superior y comienzos del Terciario inferior a dichas rocas. Bellido E. (1969) asume una edad Jurásico-Cretáceo para las intrusiones en mención, al parecer basado en algunas dataciones he-

chas en la Cordillera de la costa de Chile, la cual es la prolongación de la del sur del Perú. En el mapa geológico del Perú, escala 1:1'000,000 publicado por INGEOMIN (1975) se considera a las rocas en discusión como del Jurásico-Cretácico.

Mc Bride S.L. (1977) hizo un reconocimiento geocronológico de las rocas del área de Ilo en relación con un estudio K—Ar de la Cordillera Real de Bolivia.

Durante el estudio sistemático del Batolito de la Costa Cobbing E.J. (inédito) ha agrupado tentativamente esta faja de afloramientos como la superunidad Ilo dentro del segmento Toquepala. Con la intención de establecer la edad de emplazamiento de tal superunidad se colectaron 9 muestras a lo largo de la carretera que une la ciudad de Ilo con la Panamericana Sur.

## GEOLOGIA Y MUESTREO

Las rocas más antiguas son los gneises que afloran a aprox. 15 Km. al Norte de Ilo, constituidos por bandas claras cuarzo-feldespáticas y bandas oscuras mayormente de hornblenda y biotitas; con foliación predominante de rumbo N60°70°E. Por correlación la edad de estos gneises es pre-cambriana, Narváez S. (1964).

Entre las Qdas. Guaneros y Osmore se encuentran limolitas, lutitas gris verdosas a negras intercaladas con areniscas y flujos volcánicos en la parte superior, denominados grupo Yamayo por Bellido E. (1963), su edad posible debe estar entre el Triásico superior y el Liásico inferior, Narváez S. (1964). Recientemente Vicente J.C. (1981) indica que este grupo pertenece al Paleozoico superior.

En diferentes lugares aflora el Volcánico Chocolate compuesto mayormente por derrames de andesita, dacita y basaltos de textura afanítica porfiroide, en algunos casos brechoide; el cual yace en discordancia sobre el grupo Yamayo, su edad por correlación debe ser Liásico.

La formación Guaneros descrita por Bellido E. (1963) sobreyace discordantemente al Volcánico Chocolate en diferentes partes. Está formado por bancos gruesos de andesita porfirítica, areniscas grises, areniscas calcáreas, arcóscicas con algunas calizas delgadas; predominando los volcánicos hacia la base; el contenido fosilífero ha permitido asignarle una edad calloviana. Narváez S. (1964).

En el flanco Este de la Cordillera de la Costa se encuentran las rocas del grupo Toquepala yaciendo en discordancia sobre la Fm. Guaneros. Caracterizan al grupo Toquepala, derrames, brechas de flujo, aglomerados y piroclásticos de color marrón, púrpura a verde de composición andesítica dacítica y riolítica, Bellido E. y Guevara C. (1963) consideran al grupo Toquepala como de probable edad Cretáceo superior y quizás alcanzando la base del Terciario inferior.

Según se pudo observar el Batolito de Ilo corta directamente a las rocas metamórficas del Pre-cambriano, Paleozoico y a secuencias volcánico-sedimentarias del Triásico-Jurásico. No se ha observado algún contacto cortante con el grupo Toquepala, sin embargo Bellido E. y Guevara C. (1963) y Narváez S. (1964) afirman que existe tal relación.

La formación Moquegua que sobreyace al batolito y a las rocas mesozoicas en discordancia, está constituida por: areniscas, arcillas con lentes de conglomerados y algunas evaporitas en su parte inferior, que pasan a estratos gruesos conglomerádicos a brechoides intercalados con areniscas, areniscas tobáceas y tobas hacia la parte superior. Su edad por correlación regional es post-Oligoceno medio, ubicándose en el Terciario superior, Bellido E. Guevara C. (1963).

EDADES K-Ar EN ROCAS INTRUSIVAS DEL AREA DE ILO

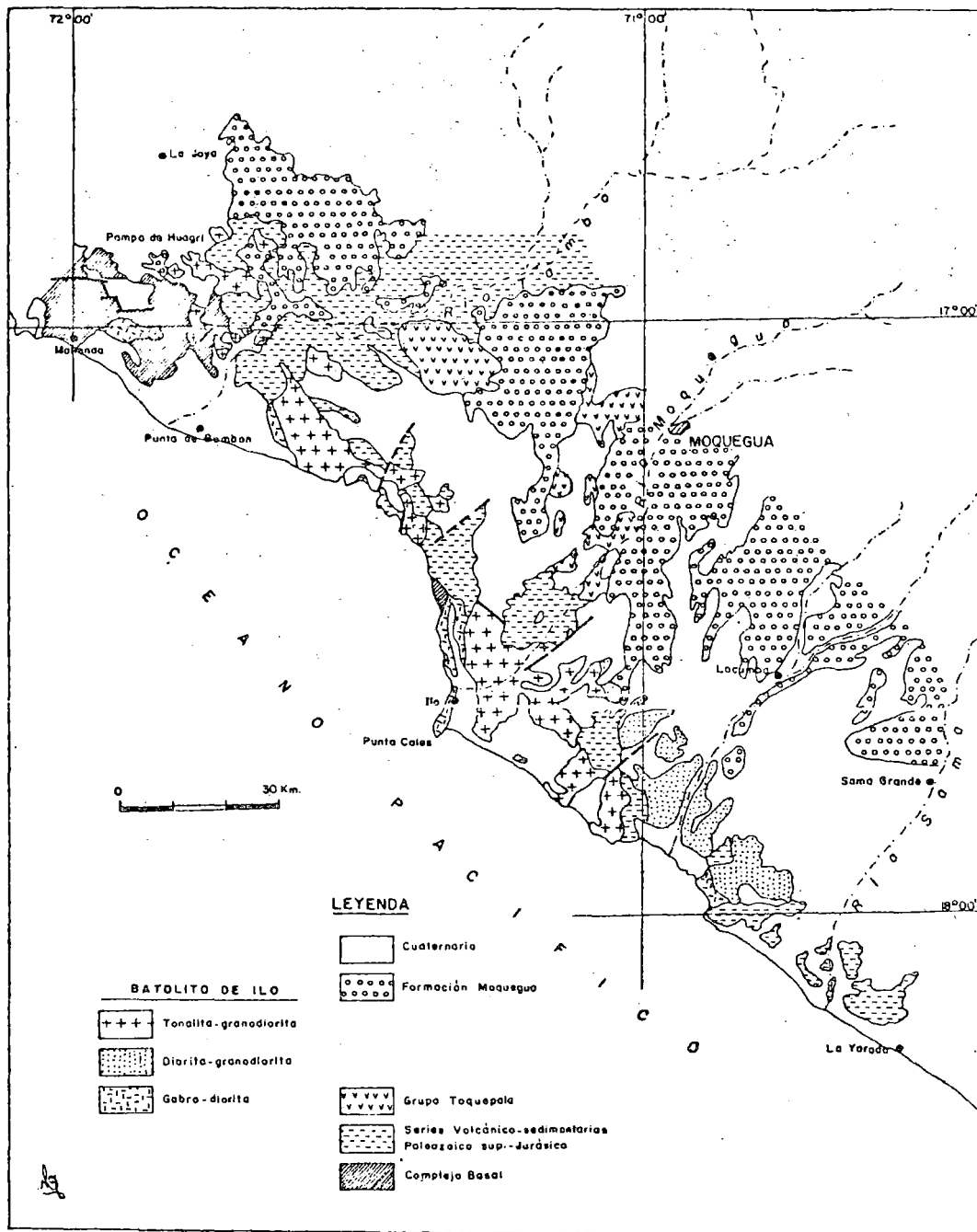


Fig. N°1.- Geología simplificada entre La Joya (Dpto. de Arequipa) y La Yarada (Dpto. de Tacna).

Los principales componentes del batolito de Ilo son: gabrodioritas, Tonalita-granodiorita y un grupo no bien definido de diorita-granodiorita. La ubicación de las muestras tomadas se indica en la fig. 2.

### **Gabro-dioritas**

El principal cuerpo de gabro-diorita aflora entre Punta Coles (7 Km SW de Ilo) e inmediaciones de paraje Carrizal, al sur de la Hda. Pocoma, a lo largo de aprox. 30 Km. con un ancho de 6 Km.; otros afloramientos se encuentran en la Oda. Cardones (Cuad. de Punta de Bombón) entre Punta Meca Grande y Caleta el Morro (Cuad. de Locumba), todos ellos se ubican en la parte Oeste del Batolito.

La litología más común es una roca holocristalina, granular a porfiroide, hipidiomórfica compuesta esencialmente de plagioclasas (andesina, labradorita), hornblenda color verdoso, diópsido, biotita, cuarzo, escasos minerales accesorios de magnetita, ilmenita, apatito, titanita; secundarios epidota, clorita.

Generalmente la gabro-diorita está cortada por numerosos diques de andesita y diabasa hasta de 3 mts. de ancho (Narváez S. 1964). De igual manera diques y apófisis de granodiorita la intrusionan indicando que la diorita es anterior.

Se tomaron 2 especímenes de la diorita de Ilo; la muestra 16.80 un tanto alterada con hornblendas grandes a 500 mts. al Norte de Ilo y la muestra 17.80 igualmente alterada corresponde a la parte Sur de la Oda. Plátano, costado derecho de carretera a Planta de Fundición. Las rocas están bastante fracturadas con alteración y alguna mineralización diseminada de cobre.

### **Tonalita-Granodiorita**

Constituyen las rocas más abundantes del Batolito, distribuidas casi en toda su extensión. La roca predominante es holocristalina de grano medio con cantidades variables de hornblenda y biotita. Las tonalitas-granodioritas en algunas partes gradan a stocks pequeños y diques graníticos.

El cuerpo muestreado es aquel aflorante entre Punta Santa Rosa y el C<sup>o</sup>. Zaparo Grande, en el extremo norte de la hoja de Ilo, el cual tiene geometría elipsoidal grosera, con el eje mayor de 50 Km. y un eje menor de 30 Km. Este plutón tiene cierta foliación de rumbo andino; más acentuada hacia las márgenes (muestras 10.80 y 11.80).

Las muestras 14.80 y 15.80 contienen un mayor porcentaje de máficos. Los componentes más ácidos de este plutón corresponden a las muestras 12.80 y 13.80. Además se tomó la muestra 18.80 del centro del cuerpo (ubicación de muestras en figura 2).

### **Diorita-granodiorita**

Desde el cerro Puite hasta el Morro de Sama, la cordillera de la Costa está formada de rocas intrusivas cuya composición varía de diorita a granodiorita (Narváez S. 1964). Existen texturas diversas, correspondientes a cuerpos irregulares que hacen difícil un cartografiado individual pero que se diferencian de aquel cuerpo de tonalita-granodiorita y parecen ser más antiguas. Lamentablemente no se han tomado muestras para su datación.

## **METODOS DE ANALISIS**

### **Espectrometría de Masas**

La cantidad de argón radiogénico Ar<sup>40</sup> se mide usando el método de dilución isotópica;

EDADES K-Ar EN ROCAS INTRUSIVAS DEL AREA DE ILO

para lo cual una cantidad conocida del mineral a analizarse es fundida en una cápsula sellada de molibdeno dentro de un sistema de vacío. Previamente se introduce en el sistema una cantidad conocida de Ar<sup>38</sup> como trazador.

La mezcla de gases se purifica removiendo todos los gases reactivos, incluyendo H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, y N<sub>2</sub>, dejando solamente una mezcla de gases nobles donde está incluido el argón. Tales gases nobles son introducidos en la fuente del espectrómetro de masas y analizadas, obteniéndose como resultado las razones Ar<sup>40</sup> / Ar<sup>38</sup>, Ar<sup>38</sup> y Ar<sup>40</sup> / Ar<sup>36</sup>; los cuales son normalizados a un valor de Ar<sup>40</sup> / Ar<sup>36</sup> = 296, correspondiente al argón atmosférico.

**Fotometría de Llama**

Este método es utilizado para determinar el porcentaje de potasio, para ello se pesa una cantidad adecuada del mineral en un vasito de platino, previamente liberado de impurezas; el cual se agrega HF y ácido perclórico en cantidades apropiadas; se deja evaporar y secar. Luego se adiciona 2 ml de HCL al 25o/o; esta solución es diluida en un volumen de agua des-ionizada, el cual debe estar de acuerdo al peso de la muestra. Finalmente se mezclan volúmenes iguales de la solución y litio determinándose el porcentaje de K mediante un fotómetro en condiciones repetidas, conjuntamente con muestras standard y en blanco.

En los cálculos de edad se emplearon las constantes establecidas en Steiger R.H. an Jager E. (1977).

**RESULTADOS**

La tabla 1 reúne las edades obtenidas en 9 muestras coleccionadas en el área de Ilo, correspondientes a 2 de las tres unidades plutónicas diferenciadas en la figura 1.

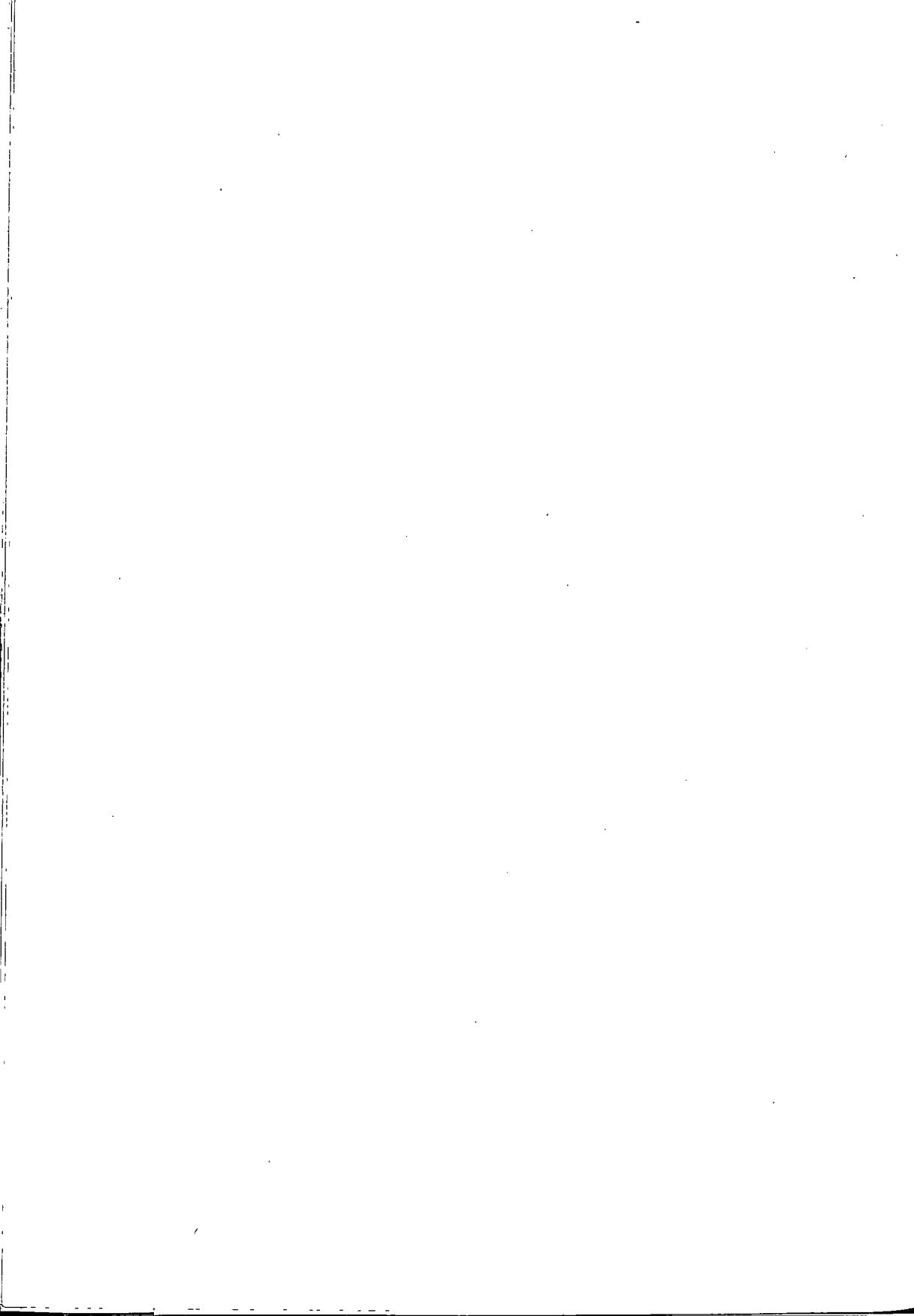
**TABLA 1**

**EDADES K-Ar de ROCAS PLUTONICAS EN EL AREA DE ILO**

Muestra No.	Roca	Material Analizado	o/o K Ar <sup>40</sup>	Radiog.	Edad en M. A.
16.80	Diorita	Hornblenda	0.4720	3.792	195.8± 4.2
17.80	Gabro	Hornblenda	0.2717	2.021	182.0± 4.1
14.80	Tonalita	Hornblenda	0.6863	3.108	113.0± 2.5
14.80	Tonalita	Biotita	3.6945	16.185	109.4± 2.4
10.80	Tonalita	Biotita	6.2870	26.564	105.6± 2.3
12.80	Diq. ácido	Biotita	7.0930	29.204	103.0± 2.3
15.80	Tonalita	Biotita	6.0866	25.225	103.7± 2.3
15.80	Tonalita	Hornblenda	0.9351	3.704	99.2± 2.2
18.80	Tonalita	Hornblenda	0.7232	2.903	100.5± 2.3
18.80	Tonalita	Biotita	4.4672	17.295	97.0± 2.3
11.80	Tonalita	Biotita	6.8002	27.133	99.9± 2.2
13.80	Diq. ácido	Biotita	3.9552	15.701	99.4± 2.2

**Gabro-dioritas**

Las muestras 16.80 y 17.80 corresponden al cuerpo gabro diorítico que aflora en los alrededores de Ilo y han rendido edades que se ubican en el Jurásico inferior. Las hornblendas de la primera dieron una edad de 195.8± 4.2 M.A.; mientras que las hornblendas de un gabro generaron un valor de 182.0± 4.1 M.A.



### Tonalita-granodiorita

Una tonalita hornbléndica con algo de biotita, bandeada, ha rendido edades de  $113.0 \pm 2.5$  M.A. en hornblendas y  $109.4 \pm 2.4$  M.A. en biotitas, fue tomada a 8 Km. al ESE de Ilo, en el lugar denominado Corte Blanco.

Las biotitas de una tonalita colectada del corte de la línea del tren dieron una edad de  $105.6 \pm 2.3$  M.A.; proviene de la margen oriental del plutón (figura 2):

Un dique ácido de 2 mts. de ancho con biotitas en libros grandes que corta a la tonalita en las proximidades de la Qda. de Ozorin, ha generado una edad de  $103.0 \pm 2.3$  M.A. Edades ligeramente discordantes se obtuvieron en hornblendas ( $99.2 \pm 2.2$  M.A.) y biotitas ( $103.7 \pm 2.3$  M.A.) de la muestra 15.80 coleccionada próxima a la muestra 14.80. Sin embargo la edad en biotitas concuerdan con aquel valor obtenido para el mismo mineral en la muestra 12.80.

En la Qda. El Higueral aflora una tonalita foliada con cristales de hornblenda grandes, de la cual se obtuvo un par concordante entre biotita con  $97.0 \pm 2.3$  M.A. y hornblenda con  $100.5 \pm 2.3$  M.A. cuyo promedio sería  $98.7 \pm 2.3$  M.A. Otra tonalita foliada con hornblendas alargadas y biotitas tomada a la altura del Km. 18 de la carretera a Ilo rindió una edad en biotitas de  $99.9 \pm 2.2$  M.A. Un dique ácido el cual aparentemente corta a la tonalita ha dado una edad de  $99.4 \pm 2.2$  M.A. para biotitas, que aparecen en cristales pequeños y dispersos.

## DISCUSION E INTERPRETACION DE RESULTADOS

### Edades Jurásicas

Los resultados que se pueden observar en la Tabla 1 permiten distinguir valores entre los 195 y 182 M.A. para las gabro-dioritas de Ilo, las cuales difieren de aquellas obtenidas por Mc Bride S.L. (1977) en una diorita que al parecer fue tomada al Suroeste de Ilo, cuya edad es de  $154.9 \pm 4.8$  M.A. tanto en biotitas como en hornblendas. Tal discordancia podría deberse a diversos factores. Respecto a las muestras 16.80 y 17.80 hay que indicar que no contienen biotitas en cantidades apropiadas para ser datadas, de allí que existe la duda sobre si se trata de la misma roca o posiblemente de una muestra diferente, aquella analizada por Mc. Bride S.L.

Considerando el grado de alteración de la roca es posible suponer pérdida de potasio y/o argón, lo cual ocasionaría edades diferentes en el mismo plutón; tal posibilidad es difícil de demostrar.

Sin embargo Cobbing E.J., y otros (1977) mencionan que, durante el Triásico superior - Jurásico temprano, probablemente hubo redistribución de edades K-Ar en minerales de rocas gneíscas de Mollendo, en base a una edad en feldespato potásico de  $192 \pm 3$  M.A. De igual manera Stewart J.W. y otros (1974) presentan edades similares en rocas asociadas al Complejo Basal de la Costa. Tales datos ponen en evidencia un evento termal, en esa época, que bien podría estar relacionado al emplazamiento de rocas gabro-dioríticas a lo largo de la Cordillera de la Costa de esta parte. A pesar de ello los valores presentados en este trabajo deberán tomarse con cautela dada la pobre evidencia estratigráfica directa y considerando las condiciones de las muestras analizadas.

Por otra parte Mc Bride S.L. (1977) ha determinado una edad de  $152.8 \pm 4.6$  M.A. en biotitas para la granodiorita que aflora en los alrededores de El Fiscal, en la margen derecha del río Tambo, y otra correspondiente a una granodiorita del cerro Chupallas (Fig. 2) cuyo análisis en hornblendas dió  $147 \pm 4.9$  M.A. Dichos valores son similares a aquellos obtenidos en la Cordillera de la costa de Chile, Montecinos C.P. (1979), Vergara M. y Drake R. (1979). Como consecuencia se tiene otro grupo de edades entre los 155 y 148 millones de años, ubicado en el Jurásico superior, que podría estar relacionados a los "movimientos málmicos", mencionados por algunos autores.

### Edades Cretáceas

Los valores tanto de biotitas como de hornblendas, de la muestra 14.80, dan una edad promedio de  $111.2 \pm 2.4$  M.A.; corresponden a una tonalita de la margen Oeste del plutón principal, ligeramente diferente al resto de las demás muestras; tiene cierto grado de alteración lo que estaría originando este valor mayor. Sin embargo dicha cifra coincide con aquella proporcionada por una isocrona Rb-Sr cuyo ajuste no es bueno (Sánchez F. A.W. 1982).

Obviamente, la edad del principal cuerpo de tonalita-granodiorita se encuentra entre los 103 y 99 millones de años debido a la consistencia de los datos. Aunque existe discordancia entre edades minerales de una muestra sus valores caen dentro de los límites señalados. Asimismo, Mc. Bride S.L. (1977) obtuvo un buen par concordante entre biotita y hornblenda cuyo valor promedio es  $102 \pm 3.1$  M.A. en una muestra de granodiorita, tomada al sur del cerro Canicora aprox. 10 Km. al ESE de Ilo.

La edad más joven determinada en el área es aquella de  $93.8 \pm 2.9$  M.A. mencionada por Mc. Bride S.L. (1977) atribuida a una granodiorita del cerro Pelado (Cuadrángulo de Ilo); al parecer corresponde a una roca similar a la muestra 18.80 cuya edad es ligeramente mayor. Si se tiene en cuenta el rango de error estadístico puede decirse que son similares.

Tal rango de edades comprendidas entre los 99 y 110 millones de años podría interpretarse tanto como la edad de emplazamiento así como una fase de deformación que afectó al plutón, ocasionando redistribución isotópica de sus componentes y deformándolo durante el Albiano.

### CONCLUSIONES

La evidencia estratigráfica es muy pobre para establecer, con precisión, la edad de emplazamiento del Batolito de Ilo.

Los resultados  $K \pm Ar$  obtenidos sugieren que el plutón gabrodiorítico de Ilo se emplazó entre los  $182 \pm 4$  a  $195 \pm 4$  M.A. Valores similares fueron obtenidos por otros autores en la Cordillera de la Costa, entre Mollendo y Atico.

Aquellas edades entre los 155 y 148 M.A.; obtenidas por Mc Bride S.L. (1977), deben estar relacionadas a actividad magmática durante el Jurásico superior.

El plutón principal de Tonalita-granodiorita de Ilo se emplazó entre los 99 y 110 millones de años lo cual significaría que hubo actividad magmática intrusiva en esta parte durante el Albiano.

Consecuentemente existen 3 grupos de valores claramente diferenciables que deben significar pulsos de intrusión o probablemente eventos tectónicos que afectaron a estas rocas durante la evolución de la Cordillera de la Costa.



## AGRADECIMIENTOS

Los análisis fueron realizados en los laboratorios de la Unidad de Geología de Isótopos del Instituto Ciencias Geológicas de Inglaterra por el suscrito contando con la paciente colaboración de R.D. Beckinsale, C.C. Rundle, N.J. Snelling a quienes estoy gratamente agradecido por los conocimientos y experiencias impartidos.

La idea de datar estas rocas fue de E. J. Cobbing, con quien realizamos el muestreo, asimismo prestó su invaluable experiencia en la culminación del propósito.

Mi reconocimiento a los directivos del INGEMMET por permitir la presentación de este trabajo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BELLIDO E., GUEVARA C., 1963. Geología de los cuadrángulos de Punta de Bombón y Ciemesí. Com. Cart. Geol. Nac. Boletín No. 5.
- BELLIDO E. 1969. Sinopsis de la Geología del Perú. Bol. Serv. Geol. Min. Boletín No. 22.
- COBBING E.J., OZARD J.M. and SNELLING, N.J. 1977. Reconnaissance geochronology of the crystalline basement rocks of the Coastal Cordillera of Southern Peru. Bull. Geol. Soc. Am. Vol. 88 pp. 241-246.
- COBBING E.J., The segmented Coastal Batholith of Peru: its relationship to vulcanicity and metallogenesis. Unpub.
- MC BRIDE S.L. 1977 A K/Ar study of the Cordillera Real, Bolivia and its regional setting. Ph. D. Thesis Queen's University Kingston Ontario. Canada.
- MONTECINOS P.C. 1979. Plutonismo durante el ciclo tectónico andino en el Norte de Chile entre los 18°-29° Lat. Sur. Tomo 9. Segundo Congreso Geológico Chileno p. E 89-E-108.
- NARVAEZ S. 1964. Geología de los cuadrángulos de Ilo y Locumba. Com. Carta. Geol. Nac. Boletín 7.
- SANCHEZ F.A. W. 1982. Edades Rb-Sr en los segmentos Arequipa-Toquepala del Batolito de la Costa del Perú. V Congreso Latino Americano de Geología. Simposium Evolución Magmática de los Andes.
- STEIGER R.H. and JAGER E. 1977. Subcommission on Geochronology Convention on the use of decay constants in geo and cosmochronology. Earth and Planet. Sci. Lett., vol 36. pp. 359-362.
- STEWART J.W., EVERNDEN J.F. and SNELLING, N.J. 1974. Age determinations from Andean Peru: a reconnaissance survey. Bull. Geol. Soc. Am. Vol. 85, pp. 1107-1116.
- VERGARA M. M. DRAKE R. 1979. Eventos magmáticos plutónicos en los Andes de Chile Central tomo I. Segundo Congreso Geológico Chileno p. F 19- F 30.
- VICENTE J.C. 1981 Elementos de la Estratigrafía mesozoica Sur Peruana. Comité Sudamericano del Jurásico y Cretácico Vol. 1 p. 319-351. Buenos Aires.