

EDADES POTASIO-ARGON Y SU IMPLICANCIA EN LA GEOLOGIA REGIONAL DE CHILE CENTRAL.

por

Mario Vergara *
Robert Drake**

RESUMEN

Se dan a conocer los primeros intentos de datar a rocas pertenecientes a la formación Abanico de la Cordillera de los Andes de Santiago. La fuerte alteración de sus muestras produce serios problemas de naturaleza analítica. Es sin embargo sugestiva la edad terciaria inferior (25 m.a. y 41 m.a.) establecida para las rocas volcánicas que se superponen a los estratos plantíferos de El Arrayán, que en base a la presencia de Nothofagus, FUENZALIDA (1964) le asignó una posible edad oligocena.

Muestras de la formación Farellones en su localidad tipo dieron edades de 18 y 17 m.a. y de 4.9 a 4.1 m.a. en el área de Río Blanco. Se infiere así que la formación Farellones es un Grupo constituido al menos de 2 formaciones volcánicas. Muestras de la formación Lo Valle dieron edades de 77.8 a 64.8 millones de años, demostrando una edad cretácica superior y por lo tanto no correlacionable con la formación Farellones. En el área comprendida entre el Cerro Manquehue y el Cerro Huechún, se evidenció la presencia de rocas volcánicas extrusivas de edad oligocénica (30.9 a 28.3 millones de años) y de cuellos volcánicos miocénicos (20.6 a 19.5 m.a.).

ABSTRACT

Samples from the Farellones formation (Central Chile) give ages of 18 to 17 m.y. in its type locality and 4.9 to 4.1 m.y. in the Rio Blanco area, suggesting that the Farellones consist at least of two volcanic formations. A comparison with the ages of the Lo Valle formation (77.8 to 64.8 m.y.) shows no correlation between both formations.

K-Ar dating of samples from the area between Cerro Manquehue and Huechun (north of Santiago) give ages of 30.9 to 28.3 m.y. for the

* Departamento de Geología, Universidad de Chile, Casilla 13518, Correo 21, Santiago.

** Department of Geology and Geophysics, University of California, Berkeley.

lava flows and 20.6 to 19.5 m.y. for the volcanic necks.

K-Ar dating for samples from the Abanico formation (Central Chile) gives ages ranging between Paleocene and Oligocene. Differently from the Farellones and Lo Valle formation, the radiometric ages of the Abanico formation do not agree with the local stratigraphy.

INTRODUCCION

En este trabajo resumimos algunas edades K/Ar recientemente publicados en el extranjero (DRAKE, et al. 1976), pero aún con escasa difusión en Chile, y nuevos datos de edades en rocas tanto volcánicas como intrusivas de Chile Central.

Las dataciones aquí presentadas fueron hechas en el Laboratorio de Geocronología del Departamento de Geología y Geofísica de la Universidad de California, Berkeley. Aprovechando la presencia de uno de los autores (M.V.) en dicho Laboratorio durante el año 1975, se inició un programa de investigación conjunto cuyo problema básico es dar evidencias geocronológicas para resolver la estratigrafía volcánico-terrestre del Mesozoico y Cenozoico de Chile Central. Desde esa fecha se han ido incorporando nuevos datos de edades absolutas, muchas de las cuales son concordantes con la estratigrafía local pero otras no lo son. En este trabajo discutiremos estos datos, la validez de ellos y su implicancia en la datación de las formaciones a las cuales pertenecen. También se discuten las tradicionales correlaciones litológicas a grandes distancias entre estas formaciones, que han servido de base para estructurar las columnas estratigráficas-volcánicas del Cretácico y Terciario a lo largo de Chile.

En la figura N°1 se muestra el área estudiada y la ubicación de cada muestra analizada, señalándose la edad absoluta de cada una de ellas.

EDADES

Se recolectaron muestras de diferentes formaciones y en diferentes localidades que se detallan:

1) Formación Abanico: En el área de la Cordillera de los Andes de Santiago en rocas mapeadas como pertenecientes a la formación Abanico, se recolectaron y analizaron por el método K/Ar muestras en las siguientes localidades: a) Arrayán, Río Mapocho; en la localidad de Arrayán, inmediatamente al este de Santiago, afloran estratos sedimentarios lacustres y rocas volcánicas, también continentales, asignados por AGUIRRE (1960, p. 33) a la formación Abanico. De esta localidad se recolectaron 2 muestras (N°s 14, y 15, Fig. 1) que dieron edades de 25.2 y 40.9 millones de años. Ambas muestras son de niveles estratigráficos contiguos, de manera que la gran diferencia de edad entre ellas se debería a problemas de alteración de las muestras. Consideradas en conjunto ambas muestras, dan edades comprendidas entre Mioceno inferior y Eo-

ceno superior.

Estas 2 muestras pertenecen a estratos que se superponen normalmente al conocido paquete de sedimentos lacustres con flora fósil que existe en el Arrayán Bajo y que ha sido exhaustivamente estudiado por varios geólogos, Kraußel (en KLOHN, 1960, p.65) encontró la presencia de Nothofagus, señalando que esta flora "podría pertenecer al Cretácico superior sin excluir en definitiva la posibilidad de que ella pertenezca al Terciario superior". Posteriormente FUENZALIDA (1964) en un estudio de la flora de este mismo lugar concluyó que "las características de la asociación presente en El Arrayán parece que la relación que se impondría con mayor facilidad sería con los depósitos correspondientes a la base del Patagoniano, que según el censo más general en el momento presente debe referirse al Oligoceno".

b) Muestras pertenecientes a la formación Abanico fueron recolectadas en el Cajón del río Maipo, entre La Obra y San Gabriel, principalmente en el lugar denominado Vuelta del Padre. Ahí aflora un grueso paquete de tobas, y tufitas de colores principalmente violáceos con buena estratificación y que se consideran que pertenecen a la formación Abanico. Ahí se recolectaron las muestras N°s 16, 17 y 18 (Cuadro I) que dieron edades de 22.9 y 24.1 y 22.4 m.a. respectivamente; así este paquete pertenecería al Mioceno inferior.

c) En el área de San Gabriel aflora un macizo plutónico granodiorítico que intruye a la formación Abanico. Una muestra de granodiorita de hornblenda se analizó por biotita, biotita y anfíbola y plagioclasa, (N° 19a, 19b y 19c), dando una edad promedio de 12 m.a.; es decir del Mioceno superior.

d) Al sur-este de San Gabriel, aguas arriba del río Volcán (afluente del Maipo) se recolectaron y estudiaron las muestras N°s 20 y 21 en estratos alejados de cualquier evento térmico relacionado con la intrusión de la granodiorita de San Gabriel. Estas muestras dieron edades de 18,4 y 16,4 m.a. respectivamente, lo que implica una edad miocénica media.

e) En la región cercana a Lo Valdés, en estratos que posiblemente representan la base de la formación Abanico en esta región, se recolectaron 2 muestras que dieron edades de 61,6 y 62,3 m.a. respectivamente (muestras N°s 22 y 23, Cuadro I). Así estas 2 muestras pertenecerían al Paleoceno inferior y serían las más antiguas de todas las analizadas de esta formación.

f) En el cajón del río Aconcagua, en el lugar denominado Salto del Soldado, aflora un cuerpo granítico que intruye a la formación Abanico. Una muestra ahí recolectada dió una edad de 19,5 m.a. (N°9, Cuadro I).

2) Formación Farellones

a) La formación Farellones fue definida por Muñoz Cristi (en HOFFSTETTER, et al. 1957), como una secuencia de estratos volcánicos continentales que se superpone discordantemente a la formación Abanico y aflora en el

lugar tipo Farellones, conocido centro de sky cercano a Santiago. En este lugar se recolectaron las muestras N^{os} 10 y 11 de abajo hacia arriba, que corresponde a una andesita y a una toba riolítica casi sin alteración dando edades de 18.5 y 17.3 m.a. respectivamente.

b) En el área de Lagunillas (Fig. 1) inmediatamente al sur de Farellones se recolectó y analizó la muestra N^o12, una andesita muy fresca, que dió una edad de 17,3 m.a. similar a la del área de Farellones.

c) En las cercanías de la mina río Blanco, al este de la ciudad de los Andes, en rocas mapeadas por AGUIRRE (1960) como pertenecientes al miembro superior de la formación Farellones, se recolectó una riolita fresca que se dató por plagioclasa y biotita (N^o13). Se obtuvieron edades de 4,1 y 4,9 respectivamente. Edades similares habían sido ya descritas de esta misma localidad por QUIRT et al. (1971).

d) En el Cordón del Cerro San Cristóbal-Cerro Manquehue afloran rocas estratificadas volcánicas y sedimentarias continentales intruídas por un enjambre de diques y cuerpos sub-volcánicos andesíticos. Estas rocas habían sido mapeadas (VERGARA, 1971) como pertenecientes a la formación Farellones.

Una muestra de ignimbrita fresca colectada en el cerro San Cristóbal dió una edad de 28,3 m.a. (muestra N^o6, Cuadro I). Una muestra de andesita de hiperstena fresca, que corta a la ignimbrita anterior, recolectada en el cerro Manquehue y perteneciente al intrusivo principal de esta localidad, dió una edad de 19,5 m.a. (muestra N^o8, Cuadro I).

3) Formación Lo Valle

a) La formación Lo Valle fue definida por THOMAS (1959) en la quebrada Lo Valle al nor-poniente de la ciudad de Santiago. En esta localidad se recolectaron 3 muestras N^{os} 1, 2 y 3, Fig. 1), desde la base al techo de la formación que dieron edades de 77,8 y 64,6 y 70,5 m.a. respectivamente, es decir pertenecerían al Cretácico superior...

b) En el área de Huechún (Fig.1) afloran rocas volcánicas básicas intrusivas y extrusivas post-formación Lo Valle, con edad asignada al Terciario Superior por THOMAS (1958) y por THIELE (1975). De esta localidad se recolectaron las muestras N^{os} 5 y 6 pertenecientes a flujos de andesitas extrusivas y la muestra N^o7 perteneciente a una toba lítica cristalina conectada a un cuello volcánico. Estas dieron edades de 30,9, 27,9 y 20,6 m.a. respectivamente; es decir los flujos pertenecerían al Oligoceno superior y el cuello intrusivo al Mioceno inferior.

DISCUSION

Formación Abanico ; esta formación fue mapeada por AGUIRRE (1960) en los Andes del río Aconcagua, donde 3.600 m de rocas volcánicas continentales se superponen discordantemente a sedimentos marinos con fósiles

EIDADES K-Ar y DATAACIONES DE LOS ANDES DE CHILE CENTRAL

Muestra N°	Tipo de Roca	Material Datado	% K	Moles ⁴⁰ Ar rad/gm x 10 ⁻¹¹	% ⁴⁰ Ar Atmos	Edad x 10 ⁶ m.a.	Ubicación
1	andesita de augita	Roca total	1.406	19.403	9	77.8 ± 1	Lo Valle
2	ignimbrita dacítica	Roca total	3.993	45.571	16	64.6 ± .5	Lo Valle
3	ignimbrita dacítica	Plagioclasa	0.510	6.365	46	70.5 ± 2.5	Lo Valle
4	andesita de piroxena	Roca total	0.622	3.365	71	30.9 ± .8	Huechún
5	andesita de piroxena	Roca total	0.743	3.623	69	27.9 ± .7	Huechún
6	ignimbrita dacítica	Plagioclasa	0.353	1.743	66	28.3 ± .7	San Cristóbal
7	toba lítica de cris- tal	Roca total	2.297	8.083	44	20.6 ± .2	Huechún
8	andesita	Plagioclasa	0.697	2.374	68	19.5 ± .5	Manquehue
9	granodiorita de horn blenda y biotita	Roca total	2.660	9.030	65	19.5 ± .5	Salto de Sol- dado Plutón
10	andesita de piroxena	Plagioclasa	1.360	4.385	38	18.5 ± .2	Farellones
11	toba riolítica	Plagioclasa	0.999	3.019	46	17.3 ± .3	Farellones
12	andesita	Plagioclasa	2.607	7.861	33	17.3 ± .2	Lagunillas
13a	toba riolítica	Plagioclasa	0.548	0.467	84	4.9 ± .2	Río Blanco
13b	toba riolítica	Biotita	7.101	5.089	62	4.1 ± .1	Río Blanco
14	andesita félsica violácea	Plagioclasa	0.1231	0.5414	96.2	25.2 ± .1.0	Arrayán
15	andesita gris	Plagioclasa	0.1028	0.7375	95.2	40.9 ± 10.0	Arrayán
16	toba de cristal de color violácea	Roca total	1.325	5.2891	13.3	22.9 ± .5	Río Maipo Vuelta del Padre

CUADRO I (Continuación)

17	toba lítica de color	Plagioclasa	0.4216	1.778	73.0	24.1 ± 1.0	Río Maipo Vuelta del Padre
18	andesita gris clara	Roca total	1.042	4.082	41.2	22.4 ± 5	Río Maipo Vuelta del Padre
19a	granodiorita de hornblenda y bio- tita	Biotita	2.393	5.786	61.8	13.9 ± .8	Batolito de San Gabriel
19b	granodiorita de hornblenda y bio- tita	Plagioclasa	2.939	5.421	39.0	10.6 ± .3	Batolito de San Gabriel
19c	granodiorita de hornblenda y bio- tita	Hornblenda y biotita	0.547	1.109	75.8	11.6 ± 1.3	Batolito de San Gabriel
20	andesita gris verde	Roca total	-	-	41.0	18.4	Este de San Gabriel
21	andesita gris verde morada	Roca total	1.729	4.944	88.9	16.4 ± 1	Este de San Gabriel
22	ignimbrita riolíti- ca de color morado	-	-	-	46.0	61.6	Este de San Gabriel
23	ococita	Plagioclasa	0.4945	5.440	82.3	62.3 ± 3	Este de San Gabriel (Lo Valdés)

les del Neocomiano. La base de esta formación está bien datada, ya que es con seguridad post-neocomiana, pero su techo ha ofrecido serias dificultades para una buena ubicación cronológica.

En el análisis de las muestras datadas por el método K/Ar se puede observar en general una falta de consistencia en las edades obtenidas y los niveles estratigráficos de cada muestra. Creemos que esto es consecuencia de la fuerte alteración que afecta a estas rocas con reemplazo de los minerales originales y de la masa fundamental. Esto produce serios problemas analíticos que le confiere a estos primeros resultados geocronológicos sólo un carácter preliminar.

Creemos que las muestras datadas de las secciones que afloran en el Arrayán y en Lo Valdés, son las únicas que merecen ser discutidas debido al control faunístico que presentan. Cerca de Lo Valdés, en lo que se considera la base de la formación, las dos muestras analizadas dieron edades de 60 m.a. mucho más antiguas que el resto de las muestras tratadas. En el Arrayán, donde se ha detectado una flora cretácica superior a terciario inferior, se dataron dos muestras que se superponen a estas capas, que dieron edades de 25-40 m.a. En general, se puede estimar cierta concordancia entre estas dos últimas edades y la edad de la flora de los estratos subyacentes.

También es importante considerar la edad del granito del Salto del Soldado, que intruye a la formación Abanico en el área del río Aconcagua y que dió una edad de 19,5 m.a. que representa con seguridad la edad mínima para esta formación.

Hemos creído conveniente dar a conocer estos datos como una manera de mostrar los problemas que implica el estudio de ella. Pensamos que un mapeo detallado de esta formación con una definición litológica y estructural en su lugar tipo, asociada a un programa de datación geocronológica, podrían ser los primeros pasos para aclarar dudas acerca de la real extensión de ella.

Formaciones Farellones

Las rocas de la formación Farellones están en general mucho menos alteradas que las de la formación Abanico, de ahí que la mayor validez de las edades K/Ar obtenidas. En general existe también una buena concordancia en el orden estratigráfico de terreno de cada muestra y la edad obtenida.

Las muestras recolectadas en la localidad tipo y en Lagunillas (Fig. 1) dieron edades de 18,5 m.a. en la base y de 17,3 m.a. en el techo. Las muestras recolectadas en Río Blanco dieron edades de 4,9-4,1 m.a. similar a la que se habían obtenido anteriormente de ese mismo lugar. La edad promedio que dió la muestra de la granodiorita de San Gabriel, que corta la formación Farellones, es de 12 m.a. Todos estos

datos muestran fuertes evidencias que la formación Farellones sería estratigráficamente un Grupo, constituido al menos de 2 formaciones volcánicas, una de edad miocénica (18-17 m.a.) y otra de edad pliocénica (4,9-4,1 m.a.).

En las áreas del Cerro San Cristóbal, del Cerro Manquehue y en Huechún, se obtuvieron edades similares tanto en las rocas intrusivas como en los extrusivos. Ahí se obtuvieron edades de 28,3, 27,9 y 30,9 m.a. en rocas pertenecientes a flujos de ignimbritas y de andesitas, y de 19,5-20,6 m.a. en rocas pertenecientes a cuellos volcánicos intrusivos. Así se ha detectado la presencia de una secuencia volcánica estratificada del oligoceno superior y de cuellos volcánicos del Mioceno inferior. Estos antecedentes no permiten correlacionar a los estratos volcánicos que afloran en el cerro San Cristóbal-Manquehue y Huechún con la formación Farellones. Sin embargo existe buena concordancia cronológica entre los cuellos volcánicos de Huechún y del Manquehue con la edad de la formación Farellones en su localidad tipo.

Otros cuerpos sub-volcánicos andesíticos de edad también miocénica han sido recientemente datados en la pre-cordillera andina al sur del área aquí estudiada (VERGARA y DRAKE, en preparación) lo que demostraría la continuidad de este cordón volcánico hacia el sur.

Formación Lo Valle

Las tres muestras colectadas en el cajón Lo Valle en orden estratigráfico desde la base al techo, situado en la Cuesta Chacabuco, dieron edades de 77,8, 64,6 y 70,5 m.a. Sin embargo, la mediana alteración de estas rocas, principalmente guías y amígdalas de zeolitas, hace necesario considerar a estas edades como mínimas. Esta edad cretácica superior concuerda con la asignada por THOMAS (1958) y es inconsistente con la habitual correlación que se hace de ella con la formación Farellones de la Alta Cordillera Andina, que según los datos aquí aportados sería más joven. Nuevos antecedentes geocronológicos en rocas que han sido mapeadas como equivalente a Lo Valle en el área de Laguna Aculeo están demostrando una edad cretácica superior para la formación Lo Valle (VERGARA y DRAKE, en preparación). También, reconocimientos de terreno descartan cualquier continuidad lateral (E-W) entre esta formación y la formación Farellones de la Alta Cordillera.

CONCLUSIONES

Las primeras dataciones, aquí dadas a conocer, realizadas en rocas mapeadas como pertenecientes a la formación Abanico no permiten fijar un límite superior a esta formación. La fuerte alteración de sus muestras produce serios problemas de naturaleza analítica. Es sugestiva, sin embargo, la cercana similitud de edad (Terciario inferior) establecida tanto por geocronología como por la flora fósil, en los estratos de Arrayán, que han sido asignados por AGUIRRE (1960) como pertenecientes a esta formación. Creemos que un programa conjunto de mapeo detallado de terreno y geocronología podrán darnos más luces en

este gran problema de la geología de Chile.

La formación Farellones es una unidad más compleja de lo que habitualmente se pensaba y estaría constituida al menos por dos formaciones volcánicas, una de edad miocénica y otra pliocénica y el lugar de afloramiento estaría restringido a la Alta Cordillera Andina. La formación Lo Valle, con la que habitualmente se correlaciona, está dando edad cretácica superior, por lo tanto no sería correlacionable con ella. Evidencias de terreno comprueban este antecedente geocronológico.

La secuencia volcánica estratificada que aflora en el Cerro San Cristóbal y en la localidad de Huechún y que parece cubrir gran parte de la región más cercana al Valle Central ha dado edades oligocénicas. En esta misma área se han datado varios cuellos volcánicos intrusivos (Manquehue, Huechún) que han dado edades miocénicas. Antecedentes aún no publicados extienden hacia el sur del área aquí estudiada a este cordón volcánico miocénico.

Los cuerpos graníticos andinos datados, Granitos del Salto del Soldado y de San Gabriel, han dado edades miocénicas, corroborando la edad Terciario superior para el Batolito Andino de la Alta Cordillera.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la John Simon Auggenheim Memorial Foundation el Grant otorgado a uno de los autores que le permitió recolectar y analizar la mayoría de estas muestras.

REFERENCIAS

- AGUIRRE, L., (1960). Geología de los Andes de Chile Central-Prov. de Aconcagua. Santiago. Inst. Invest. Geol., Bol., 9, 70 pp.
- DRAKE, R., (1976) Potassium-Argon dating of igneous activity in the Central Chilean Andes- latitudes 33° S. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 1, 285-295.
- FUENZALIDA, H., (1964). Los afloramientos plantíferos de "El Arrayán, in mediaciones de Santiago". Museo Nac. de Historia Natural. N°100, año IX, Santiago, Chile.
- HOFFSTETTER, R., FUENZALIDA, H. y CECIONI, G., (1957). Chili Lexique Stratigra. Int., Paris. Vol. 5, N°7.
- KLOHN, C., 1960. Geología de la Cordillera de los Andes de Chile central. Provincia de Santiago, O'Higgins, Colchagua y Curicó. Santiago, Inst. Invest. Geol., Bol. 8, 95 pp.
- QUIRT, G. S., STEWARD, I., CLARK, A.H. and FERRER, E., (1971) Potassium-argon ages of porphyry copper deposits in northern and Central Chile. Geol. Soc. Am. Meet., Washington, D. C., Abstr. pp. 676-677.

- THIELE, R., (1975). Observaciones preliminares sobre la naturaleza de centros de emisión del volcanismo terciario en el área de Santiago, Chile Central. Univ. de Chile, Fac. Ciencias Fís. y Matemát. Depto de Geología, Publicación N°44.
- THOMAS, H., (1958). Geología de la Cordillera de la Costa entre el Valle de La Ligua y la Cuesta de Barriga. Santiago, Inst. Invest. Geol. Bol., 2, 86 pp.
- VERGARA, M., (1971). Antecedentes petrográficos y petrológicos del Cordón del Cerro Manquehue, Santiago. Univ. de Chile, Fac. Ciencias Fís. y Matemát. Depto. de Geología, Comunicación N°16, p. 31.