

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

EDADES POTASIO-ARGON DE ROCAS VOLCANICAS CENOZOICAS EN LA
ZONA SAN PEDRO DE ATACAMA-EL TATIO, REGION DE ANTOFAGASTA

CARLOS F. RAMIREZ R.
Instituto de Investigaciones Geológicas
Casilla 10465
Santiago-Chile

RESUMEN

Se da a conocer los resultados de tres análisis radiométricos K-Ar practicados en rocas volcánicas del Cenozoico Superior que afloran en el Altiplano de la Región de Antofagasta, a la latitud $22^{\circ}45'S$.

Las edades obtenidas en muestras analizadas de las siguientes unidades son : 1) Grupo Volcánico Jorquencal-Machuca : 17 ± 2 m.a. ; 2) Ignimbrita Pelón : 7 ± 1 m.a. ; 3) Andesita de Guatín : menor de 1 m.a.

Estos resultados son concordantes con las observaciones de terreno y permiten establecer lo siguiente :

- 1) La actividad volcánica de tipo central, representada por el Grupo Volcánico Jorquencal-Machuca, comenzó a desarrollarse, por lo menos, en el Mioceno Medio.
- 2) La edad del Grupo San Bartolo, constituida por flujos ignimbríticos en que la Ignimbrita Pelón corresponde al flujo superior, está comprendida entre $10,0 \pm 0,4$ y 7 ± 1 m.a., es decir, Mioceno Superior.
- 3) El volcanismo moderno, correspondiente a estrato-volcanes desarrollados con posterioridad a las efusiones de piroclásticos (Ignimbrita Chaxas) es más joven que 1 m.a.
- 4) La cronología de episodios tectónicos permite determinar una suave fase de plegamiento ocurrida en el espacio comprendido entre la depositación de la Ignimbrita Pelón y la Ignimbrita Puripicar, es decir, en el Plioceno infe-

rior. Igualmente se puede deducir una importante fase disensiva que puede ubicarse tentativamente en el límite Plioceno-Pleistoceno. Los efectos de esta fase están bien expuestos en la Ignimbrita Chaxas y en la Ignimbrita Puripicar y es previa a la efusión de las lavas andesíticas modernas.

ABSTRACT

Results of three radiometric K/Ar ages of late Cenozoic volcanics, outcropping in the Region de Antofagasta Altiplano at 22°45' South latitude, are reported.

The resulting ages for the following units are :

- 1) Grupo Volcánico Jorquencial-Machuca: 17 ± 2 m.y.;
- 2) Ignimbrita Pelón: 7 ± 1 m.y.;
- 3) Andesita de Guatín: less than 1 m.y.

These results agree with field observations and lead to the following remarks:

- 1) Central type volcanic activity, represented by the Grupo Volcánico Jorquencial-Machuca, began at least in the Middle Miocene.
- 2) The age of Grupo San Bartolo, formed by ignimbritic flows where Ignimbrita Pelón is the top unit, is comprised between $10,0 \pm 0,4$ and 7 ± 1 m.y., that is to say Upper Miocene.
- 3) Young volcanism shown by strato-volcanoes developed after pyroclastic effusions (Ignimbrita Chaxas) is younger than 1 m.y.
- 4) Tectonic episodes chronology, determines a slight folding phase in the time span comprised between deposition of Ignimbrita Pelón and effusion of Ignimbrita Puripicar, that is, Lower Pliocene. At the same time, it is possible to conclude an important extensive phase that may be located tentatively in the Pliocene-Pleistocene boundary. The effects of this phase are well exposed in the Ignimbrita Chaxas and Ignimbrita Puripicar, being prior to the effusion of young andesitic lavas.

INTRODUCCION

Las dataciones radiométricas realizadas en el área de San Pedro de Atacama-El Tatio (Rutland y otros, 1965) habían permitido establecer cierta cronología del volcanismo Cenozoico, desarrollado con posterioridad a la sedimentación continental representada, principalmente, por las formaciones San Pedro y Purilactis, (Dingman, 1963, 1965). En un programa de exploración de yacimientos polimetálicos en la Alta Cordillera de la Región de Antofagasta, desarrollado entre los años 1976 y 1978, se realizó el levantamiento geológico a escala 1:50.000 del Cuadrángulo Río Grande y del sector suroriental del Cuadrángulo Barros Arana ; este trabajo permitió obtener un cuadro más completo y global de la estratigrafía del área, y los análisis radiométricos realizados condujeron a mejorar la ubicación cronológica de las diferentes unidades volcánicas cenozoicas.

En el área se ha realizado estudios geológicos regionales a escala 1:50.000 ; se puede mencionar los de Lahsen (1969), Hollingworth y Rutland (1968) y Ramírez (1977, 1979).

Se analizó tres muestras de rocas por el método K-Ar. La muestra RG-9 corresponde a una andesita y fue analizada por roca total. Las muestras RG-162 y RG-169 corresponden a una ignimbrita y a una dacita respectivamente, y la determinación se hizo en biotita.

La ubicación de las muestras está dada en la Fig. 1, los resultados de los análisis se muestran en la Tabla 1.

El Gobierno de la II Región Antofagasta en convenio con el Instituto de Investigaciones Geológicas financiaron el proyecto. Los análisis radiométricos fueron realizados en el Instituto de Geocronología y Geología Isotópica de Buenos Aires, en el marco del Proyecto 120 "Evolución Magmática de Los Andes" del Programa Internacional de Corrección Geológica patrocinado por UNESCO. Las técnicas analíticas empleadas corresponden a las descritas por Linares y otros (1973).

DESCRIPCION GEOLOGICA

La mayor parte del área estudiada está constitui

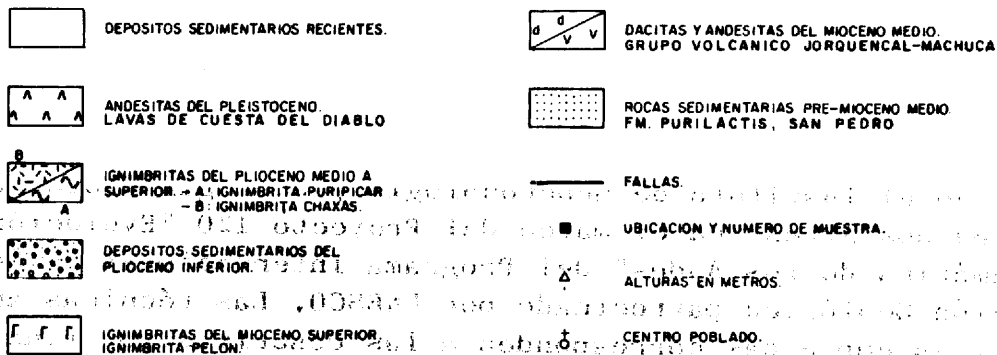
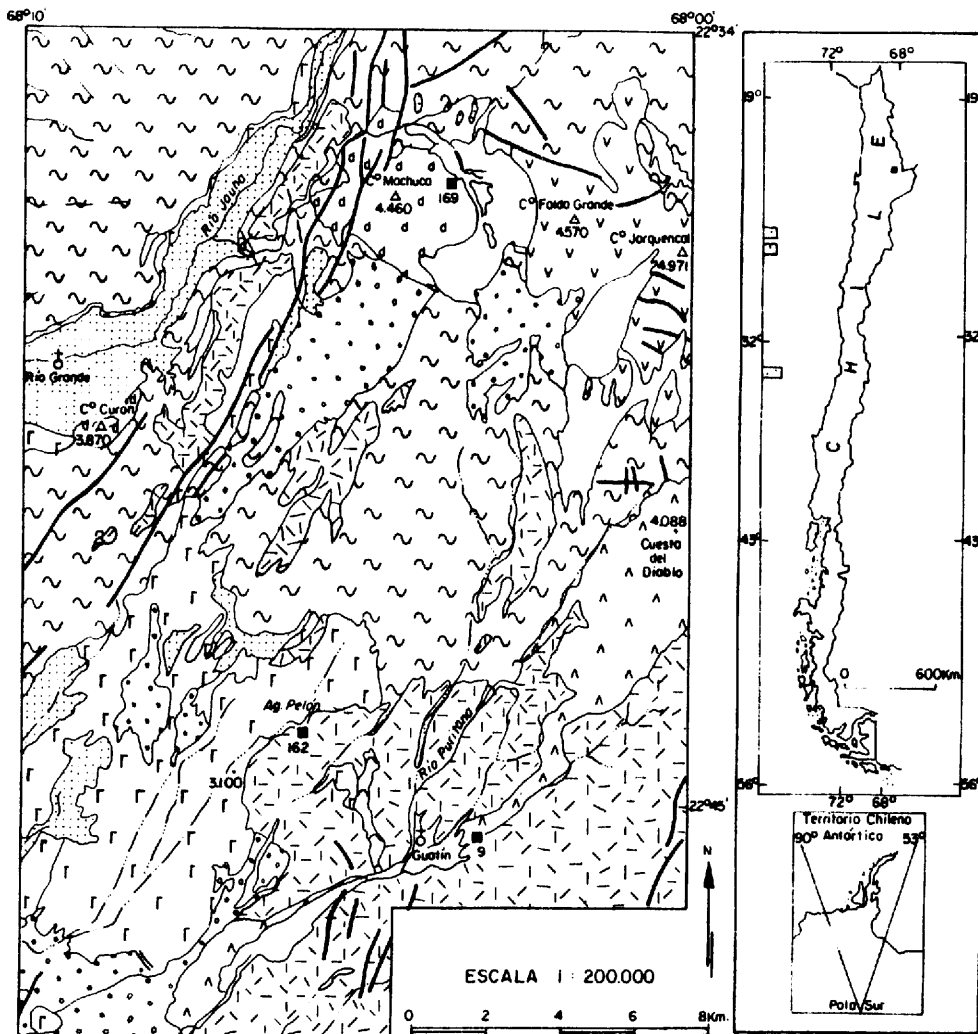


Fig. 1- Distribución de rocas sedimentarias y volcánicas.

da por rocas volcánicas, principalmente de tipo ignimbrítico, de edad Cenozoico Superior. Estas unidades sobreyacen en marcada discordancia angular a rocas sedimentarias de origen continental del Cenozoico Inferior y/o Cretáceo; éstas corresponden a las formaciones Purilactis y San Pedro (Dingman, 1963, 1965) en las cuales no se ha encontrado fósiles. Las rocas volcánicas cenozoicas fueron reagrupadas por el autor (Ramírez, 1979) en las siguientes unidades, de más nueva a más antigua:

- Flujos de lavas de Cuesta del Diablo. - Incluye la Andesita de Cuesta del Diablo, Andesita de Ayaviri y Andesita de Guatín; estas lavas provienen del Córdón Volcánico Sairecabur y corresponden a los flujos más modernos del área. La muestra analizada de la Andesita de Guatín (RG-9) corresponde a una andesita porfírica, de masa fundamental traquítica formada por tablitas de plagioclasa, cristales de piroxeno y mineral opaco. Los fenocristales están constituidos por plagioclasa tipo andesina en cristales euhedrales, maclados con calcita a través de fracturas, estructura zonal, y de tamaño variable entre 0,2 y 0,8 mm; clinopiroxeno euhedral escaso. La masa fundamental constituye un 80% de la roca.
- Ignimbrita Chaxas. - Definida por Guest (1969) está constituida por flujos de ceniza, tobas e ignimbritas y afectada por fallas normales de rumbo N-S a N20°E. Está cubierta por las lavas de Cuesta del Diablo en discordancia angular y sobreyace a la Ignimbrita Puripicar en discordancia de erosión.
- Ignimbrita Puripicar. - Definida por Guest (1969) y restringida aquí al flujo superior de la serie, corresponde a una ignimbrita dacítica. Para esta unidad Rutland y otros (1965) habían determinado una edad K-Ar en biotita de $4,24 \pm 0,05$ m.a. Este flujo cubre discordantemente al Grupo San Bartolo y al Grupo Volcánico Jorquencal-Machuca y presenta un estilo tectónico similar al de la Ignimbrita Chaxas.
- Grupo San Bartolo. - Ramírez (1979) ha propuesto designar Grupo San Bartolo a una serie ignimbrítica de carácter principalmente dacítico a rio-dacítico, que aparece bien expuesta en los alrededores del yacimiento cuprífero San

Bartolo, a escasos kilómetros al oeste del área. Esta undad está constituida por varios flujos ignimbríticos que, de base a techo, se denominan Ignimbrita Artola, Ignimbrita Sifón, Ignimbrita Yerba Buena e Ignimbrita Pelón y corresponden, respectivamente, a las Ignimbritas II, III, IV y V de la Formación San Bartolo de Hollingworth y Rutland (1968). Este grupo muestra un suave plegamiento y en las cercanías del lugar típico presenta una falla inversa de rumbo NE con pequeño sobrecurrimiento al suroeste ; se dispone en marcada discordancia angular sobre la Formación San Pedro. Rutland y otros (1965) realizaron una datación radiométrica K-Ar en biotita de la base del grupo cuyo resultado fue $10,0 \pm 0,4$ m.a. La muestra analizada de la Ignimbrita Pelón (RG-162) corresponde a una toba ríodacítica de textura clástica formada por fragmentos de contornos angulares a sub-redondeados de tamaño variable entre 0,15 y 1,60 mm. Los fragmentos están constituidos por plagioclasa tipo andesina, subhedral, maclados y con zonación débil ; cuarzo euhedral y, frecuentemente con embahiamientos ; biotita en forma de láminas levemente deformadas, con bordes de reacción con vidrio y fuerte pleocroísmo; se observa también algunos fragmentos de rocas. La matriz se compone de vidrio, a veces en forma de esquirlas ; en algunos sectores de la sección muestra textura esferulítica.

- Grupo Volcánico Jorquencal-Machuca. - Este grupo corresponde al Volcán Machuca constituido por lavas de carácter predominantemente dacítico, Volcán Jorquencal con andesitas de hornblenda y piroxeno y el cuerpo subvolcánico de Falda Grande compuesto por andesitas. En el cerro Curón y al este del mismo, esta unidad se dispone discordantemente sobre la Formación San Pedro y están cubiertos por el Grupo San Bartolo y la Ignimbrita Puripicar. La muestra analizada de este grupo (RG-169) corresponde a una dacita del Volcán Machuca ; presenta textura porfirica y masa fundamental formada por un agregado muy fino de cuarzo y feldespatos. El tamaño de los fenocristales varía entre 1,2 y 0,2 mm. La plagioclasa es de tipo andesina, subhedral, en cristales maclados con estructura zonal e inclusiones de biotita ; el cuarzo es euhedral ; la biotita se presenta como láminas levemente dobladas y con fuerte pleocroísmo. Como minerales accesorios se observa apatita, circón y mineral opaco. Los fenocristales constituyen un 40% de la roca.

TABLA 1. Datos analíticos* de rocas volcánicas cenozoicas en la zona comprendida entre San Pedro de Atacama y El Tatio.

Nº de muestra y localidad	Coordenadas geográficas	Material analizado	K (%)	⁴⁰ Ar rad. (10 ⁻¹⁰ mol/g)	⁴⁰ Ar atm. (%)	Edad y error (m.a.)*
RG-9 Guatín	22° 45,3' 68° 03,0'	Andesita roca total	1,38	0,016	99,6	menor de 1
RG-162 Ag. Pelón	22° 43,8' 68° 06,2'	Ignimbrita biotita	6,93	0,893	97,5	7 ± 1
RG-169 Cº Machuca	22° 36,2' 68° 04,0'	Dacita biotita	6,28	1,881	97,6	17 ± 2

* Instituto de Geocronología y Geología Isotópica de Buenos Aires.

** Millones de años.

DISCUSION DE LOS RESULTADOS

Los resultados logrados permiten establecer una cronología más precisa de los eventos volcánicos cenozoicos, apoyada en las observaciones de terreno y también discutir algunos planteamientos realizados por otros autores.

El valor de 17 ± 2 m.a. obtenido en una dacita del volcán Machuca permite asignar el Grupo Volcánico Jorquencal-Machuca al Mioceno Superior. Estos centros volcánicos se encuentran afectados por leve erosión; Brügggen (1950), Guest (1969) y Baker (1977) han llamado la atención en relación al hecho que ciertas estructuras volcánicas en Los Andes del norte de Chile, pese a su relativa antigüedad (pre-Pleistoceno), no presentan un estado de erosión avanzado como sería de esperar; la información de edades radiométricas permite demostrar que el grado de erosión no es un criterio válido en la cronología volcánica en estas áreas. Otra implicación importante, ya confirmada por las observaciones de terreno, se refiere a que en esta área existió un volcanismo de tipo central andesítico y dacítico previo a las efusiones de ignimbritas.

El levantamiento geológico permitió separar las ignimbritas del Grupo San Bartolo, de la Ignimbrita Puripicar tanto por diferencias petrográficas como de estilo de plegamiento. En consecuencia, el valor 7 ± 1 m.a. (Mioceno Superior) determinado para la Ignimbrita Pelón permite deducir que la fase tectónica que plegó este grupo se produjo entre esta época y la efusión de la Ignimbrita Puripicar datada en $4,24 \pm 0,05$ m.a. (Rutland y otros, 1965) (Plioceno medio a superior).

Guest (1969) mencionó una edad K/Ar en biotita de $6,89 \pm 0,07$ m.a. para los flujos de Chaxas sin señalar la ubicación de la muestra desafortunadamente. Durante la ejecución del mapeo a escala 1:50.000 de este informe se encontró a los flujos de la Ignimbrita Chaxas sobreyaciendo la Ignimbrita Puripicar, lo cual es inconsistente con las edades radiométricas presentadas en este trabajo. La Ignimbrita Chaxas, en el sector adyacente al domo Chaxas, está afectada por una falla normal en que el bloque hundido es el occidental ; al este de la falla se observó afloramientos fuertemente tectonizados de las ignimbritas Puripicar y Pelón, de esta última, posiblemente, se obtuvo la muestra para efectuar la datación. El resultado citado por dicho autor es concordante con la edad de 7 ± 1 m.a. presentada aquí para la Ignimbrita Pelón.

Las fallas normales mencionadas anteriormente, no afectan a la unidad suprayacente, los flujos de lava de Cuesta del Diablo, para cuya colada basal se determinó una edad menor de 1 m.a. (Andesita de Guatín) ; esto implica que la fase distensiva responsable de esta tectónica, se produjo en el lapso de tiempo comprendido entre la depositación de la Ignimbrita Chaxas y la efusión de las lavas andesíticas en referencia. Además, tratándose de la colada basal del centro volcánico asociado al Volcán Sairecabur, se puede deducir que el cono de 1.200 m de altura que presenta esta estructura volcánica se ha desarrollado en un período menor de 1 millón de años.

Comparación con otras áreas

Lahsen (1976) describe una situación similar a la analizada aquí en que ha atribuido al Mioceno Superior el Grupo Volcánico Río Salado que está plegado junto con la Ignimbrita Sifón y probablemente con la formación Toconce, uni-

dades que serían equivalentes al Grupo San Bartolo. Asimismo este autor señala que la Ignimbrita Puripicar se dispone discordantemente sobre la secuencia mencionada. Posteriormente, en el Pleistoceno, la Ignimbrita Tatio (Lahsen, 1969) se deposita discordantemente sobre la Ignimbrita Puripicar y el Grupo Volcánico de Tucle.

Schwab y Lippolt (1974), en la Puna del Noreste Argentino (Salar de Cauchari), han establecido la presencia de diferentes unidades plegadas de ignimbritas, sedimentos clásticos y flujos de lavas de edades absolutas variables entre 11,8 y 7,2 m.a. cubiertas discordantemente por ignimbritas riodacíticas de 4,0 a 4,8 m.a.

Baker, (1977) ha descrito estrato volcanes (Cerro Carcanal, Cerro Alconcha) de edad Mioceno Superior rodeados por Ignimbritas de 9,3 m.a. Otro flujo de 5,8 m.a. cubre unidades volcánicas andesíticas y está cubierto a su vez por estrato volcanes más modernos en el sector de Ascotán y al Norte de Estación Ollagüe. Finalmente menciona la existencia de una ignimbrita de 0,8 m.a., de poca extensión, que podría ser equivalente a la Ignimbrita Tatio y a las lavas de Chao (Guest y Sánchez, 1969).

CONCLUSIONES

Los resultados de los análisis radiométricos realizados permiten concluir lo siguiente :

- 1.- En el área San Pedro de Atacama-El Tatio, la actividad volcánica de tipo central comenzó a desarrollarse por lo menos en el Mioceno-Medio; el Grupo Volcánico Jorquencal-Machuca corresponde al primer evento volcánico de importancia desarrollado en el área después de la sedimentación y plegamiento de la Formación San Pedro. La edad K-Ar obtenida fija una edad mínima para el plegamiento de esta formación.
- 2.- La edad del Grupo San Bartolo, cuya base había sido datada por Hollingworth y Rutland (1968), queda comprendida entre $10,0 \pm 0,4$ y 7 ± 1 m.a. con la cual puede ubicarse cronológicamente en el Mioceno Superior.
- 3.- Los estrato -volcanes modernos compuestos principalmente

por lavas andesíticas y superpuestos a las ignimbritas tienen una edad menor de 1m.a.

- 4.- El Grupo San Bartolo muestra los efectos de una fase compresiva ocurrida en el espacio de tiempo comprendido entre la depositación de la Ignimbrita Pelón (Mioceno Superior) y la efusión de la Ignimbrita Puripicar (Plioceno medio-superior); esta fase podría ser ubicada en el Plioceno inferior.

La Ignimbrita Chaxas y la Ignimbrita Puripicar presentan un sistema de fallas normales de rumbo N20E que no afecta a los Flujos de lavas de Cuesta del Diablo ; ésto permite deducir que se produjo una fase distensiva que podría ubicarse en el límite Plioceno-Pleistoceno, previa a la efusión de estas lavas.

REFERENCIAS

- BAKER, M., 1977. Geochronology of upper Tertiary volcanic activity in the Andes of north Chile. Geol. Rundsch. 66 (2): 455-465.
- BRÜGGEN, J., 1950. Fundamentos de la geología de Chile. Instituto Geográfico Militar. Santiago, 347 p.
- DINGMAN, R., 1963. Cuadrángulo Tular. Carta Geológica de Chile, Inst. Invest. Geológicas, N° 11.
- DINGMAN, R., 1965. Cuadrángulo San Pedro de Atacama. Carta Geológica de Chile, Inst. Invest. Geológicas, N° 14.
- GUEST, J., 1969. Upper Tertiary Ignimbrites in the Andean Cordillera of part of Antofagasta province, northern Chile. Geol. Soc. Am. Bull., 80: 337-362.
- GUEST, J., y SANCHEZ, J., 1969. A large dacitic lava flow in northern Chile. Bull. Volc., 33 (3): 778-790.
- GEOLOGICAL SOCIETY PHANEROZOIC TIME-SCALE, 1964. Quart. J. Geol. Soc. Lond. 120S, 260-2

- HOLLINGWORTH, S., y RUTLAND, R., 1968. Studies of andean uplift; part I: post cretaceous evolution of the San Bartolo area, north Chile. Geol. Journ., 6 (1): 49-61.
- LAHSEN, A., 1969. Geología del área comprendida entre El Tatio y Cerros de Ayquina. Comité para el Aprovechamiento de la Energía Geotérmica. CORFO, 69 p.
- LAHSEN, A., 1976. La actividad geotermal y sus relaciones con la tectónica y el volcanismo en el norte de Chile. Actas Prim. Cong. Geol. Chileno, (1): B105-B127.
- LINARES, E., KAWASHITA, K., KLEMER, L., 1973. Constantes de calibración y factores de corrección para la aplicación del método K-Ar en el laboratorio del INGEIS. Rev. Geol. Argentina, 28 (2): 133-146.
- RAMIREZ, C., 1977. Geología de la parte norte de los cuadrángulos San Pedro de Atacama y Cordillera de La Sal, Prov. El Loa, II Región, Archivo IIG.
- RAMIREZ, C., 1979. Geología del Cuadrángulo Río Grande y sector sur oriental del cuadrángulo Barros Arana, Prov. El Loa, II Región. Memoria de prueba, Depto. Geología, U. de Chile, 139 p.
- RUTLAND, R., GUEST, J. y GRASTY, R., 1965. Isotopic ages and andean uplift. Nature 208 : 5011, 677-678.
- SCHWAB, K. y LIPPOLT, H., 1974. K-Ar mineral ages and late cenozoic history of the Salar de Cauchari area (Argentine Puna), IAVCEI-Symp. Int. Volc., Stgo. Chile. Pre-print N°60.