

05.68.07

ENRIQUE LINARES ✓

C.N.E.A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº 1	1968

DATAACION GEOLOGICA DE LAS ROCAS GRANITICAS DE LAS SIERRAS
DE CORDOBA, POR MEDIO DEL METODO PLOMO/ALFA (LARSEN)

De TERCERAS JORNADAS GEOLÓGICAS ARGENTINAS, tomo II, páginas 199-206

BUENOS AIRES

IMPRENTA Y CASA EDITORA « CONI »
684, CALLE PERÚ, 684

1968

ENRIQUE LINARES

DATAION GEOLOGICA DE LAS ROCAS GRANITICAS DE LAS SIERRAS
DE CORDOBA, POR MEDIO DEL METODO PLOMO/ALFA (LARSEN)

De TERCERAS JORNADAS GEOLÓGICAS ARGENTINAS, tomo II, páginas 199-206



BUENOS AIRES
IMPRESA Y CASA EDITORA « CONI »
684, CALLE PERÚ, 684

1968

DATAACION GEOLOGICA DE LAS ROCAS GRANITICAS DE LAS SIERRAS DE CORDOBA, POR MEDIO DEL METODO PLOMO/ALFA (LARSEN) *

POR ENRIQUE LINARES¹

RESUMEN

Se dan a conocer las características del método de datación de rocas ígneas y mesosilíceas conocido como método plomo/alfa o de Larsen y los primeros resultados experimentales obtenidos con la aplicación del mismo sobre rocas graníticas de las Sierras de Córdoba.

Las edades halladas, si bien en reducido número, parecen indicar que las rocas del basamento cristalino de Córdoba no se han originado como consecuencia de un solo fenómeno geológico, de edad Precámbrica o Devónica, de acuerdo a las dos teorías sustentadas previamente, sino que son consecuencia de varios ciclos magmáticos de edades 730, 450-520, 380 y 250 millones de años.

En base a estos resultados se considera conveniente efectuar un estudio más detallado del área, con el fin de ratificar o rectificar los datos aquí presentados.

I. INTRODUCCION

Las primeras determinaciones de edad geológica absoluta sobre minerales de nuestro país, efectuadas en 1958 (5) utilizando el método plomo-uranio, permitieron demostrar la gran utilidad de la aplicación de las técnicas de cálculo de edad geológica en diversos campos de las Ciencias Geológicas, en especial en Estratigrafía, Geología Regional y Geología de Yacimientos Minerales.

A pesar de su gran importancia, el alto costo de instalación de un laboratorio geocronológico ha impedido un mayor incremento de estas investigaciones en la Argentina. Sólo recientemente, algunas instituciones oficiales y privadas han efectuado determinaciones de edad recurriendo a laboratorios de otros países. Cuando se concrete la puesta en marcha del laboratorio del Con-

* El presente trabajo se efectuó con un subsidio otorgado por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

¹ Comisión Nacional de Energía Atómica.

sejo de Investigaciones de la provincia de Buenos Aires, y se mejore el rendimiento —una vez superados ciertos inconvenientes— del actualmente instalado en la Comisión Nacional de Energía Atómica, se podrá contar con un mayor número de datos, los que permitirán dilucidar muchos problemas de la Geología de nuestro país.

La instalación del primer laboratorio geocronológico, se concretó en 1962 en el Servicio Laboratorios de la Gerencia de Materias Primas de la Comisión Nacional de Energía Atómica. Ello fue posible utilizando las facilidades de instrumental, equipo y locales del mencionado laboratorio y un subsidio otorgado al autor por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, para la adquisición del equipo adicional necesario en la aplicación del método plomo-alfa.

La elección del método de Larsen cuya precisión es menor que la de cualquiera de los métodos isotópicos actualmente en uso (plomo-uranio, plomo-plomo, argón-potasio y estroncio-rubidio), se basó en el bajo costo del instrumental requerido y de su operación.

La puesta en marcha de los métodos de preparación de la muestra en estudio, de los análisis por plomo y por uranio y/o torio, del mineral concentrado, se llevó a cabo en un término de aproximadamente dos años (1963-1964). Al finalizarse los trabajos de instalación y puesta a punto del nuevo espectrógrafo óptico adquirido por el Servicio Laboratorios (lo que se producirá durante el segundo semestre del año 1967), se podrán efectuar un número aproximado de 50 muestras por año.

En el presente trabajo se dan a conocer los primeros resultados obtenidos con la aplicación del método plomo-alfa. Si bien el número de los mismos es pequeño, permiten demostrar que la historia geológica de las rocas graníticas de las Sierras de Córdoba no es tan sencilla como previamente se supuso. Las edades obtenidas, además, están en parte corroboradas por las halladas por otros investigadores para rocas de otros lugares del país cuya geología se suponía similar a la de la zona en estudio en este trabajo. Futuras investigaciones, en marcha al presente, permitirán ratificar o rectificar los resultados aquí presentados y colaborar en el esclarecimiento de la geología de las Sierras Pampeanas.

Agradecimientos. En primer lugar el autor agradece a las autoridades de la Comisión Nacional de Energía Atómica y del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, que hicieron posible la instalación del laboratorio. Al Dr. Pedro N. Stipanovic, gerente de Materias Primas de la repartición mencionada en primer término, por el estímulo y las sugerencias recibidas durante el desarrollo de estas investigaciones. Finalmente debe destacarse la eficaz ayuda de los colaboradores del autor, Dres. Carlos O. Latorre, Roberto O. Toubes, Edmundo Char, Nélida Causo y del Sr. Oscar Festi, del Servicio Laboratorios, sin cuya asistencia la ejecución del presente trabajo no hubiera podido concretarse.

II. EL METODO PLOMO/ALFA O DE LARSEN

1. Generalidades

Larsen en 1952 (4) propuso un método para la determinación de la edad de las rocas ígneas ácidas y mesosilíceas, en base a minerales accesorios contenidos en ellas, en especial zircón y en menor proporción monacita, xenotima, allanita y torita.

Estos minerales pueden llevar en su estructura uranio y/o torio, los que al desintegrarse radiactivamente dan como producto final estable, plomo. Si se miden las cantidades de uranio, torio y plomo del mineral en estudio y se conoce la vida media de dichos elementos radiactivos, se puede calcular la edad del mineral y por ende la de la roca portadora del mismo.

La edad así hallada será la de la roca si se cumplen las siguientes condiciones:

- a) los minerales accesorios utilizados en el cálculo, son contemporáneos con los demás minerales constituyentes de las rocas;
- b) todo el plomo del mineral en estudio es de origen radiogénico y proviene de la desintegración de los elementos radiactivos presentes en el momento de la cristalización del mismo;
- c) no se ha producido pérdida o ganancia de ninguno de los elementos radiactivos o de sus productos de desintegración, desde el momento de cristalización de la roca.
- d) la roca no ha estado sujeta a fenómenos de alteración o de metamorfismo, que hallan producido que la misma haya dejado de actuar como sistema químico cerrado.

Según Larsen, el método no se halla afectado por la presencia de plomo común en el mineral. Esto es debido a que en los minerales accesorios utilizados, el elemento que se reemplaza por uranio y/o torio (circonio en el zircón, cerio en monacita, xenotima y allanita), tiene radio iónico muy diferente al correspondiente al Pb^{2+} presente en los minerales de plomo, por lo cual este último elemento no puede incorporarse dentro de la estructura de estos minerales. En cambio, el plomo radiogénico Pb^{4+} , tiene radio iónico similar a los del uranio, torio, circonio, etc., por lo cual pueden reemplazarse entre sí en la estructura de esos minerales.

Tilton en 1955 (9), estudio la presencia de plomo común en zircones de rocas graníticas y demostró que si bien ello es posible, las cantidades que se introducen son tan reducidas que el error que se produce es despreciable. Mucho mayor es la contaminación por plomo común que puede experimentar la muestra, durante las tareas de preparación y separación, por lo cual las mismas deben realizarse con sumo cuidado.

La edad se calcula en base al contenido de uranio y/o torio y de plomo del mineral analizado. El contenido de uranio y/o torio es proporcional a la actividad alfa del mineral y la cantidad de plomo se determina por medio de espectroscopia óptica. Siendo Pb el contenido de plomo expresado en partes por millón (ppm), α el número de cuentas alfa por miligramo por hora, la edad se calcula por (1):

$$t = \frac{Pb}{\alpha} C \text{ m.a.}^* \quad (1)$$

donde C es una constante basada en la relación Th/U del mineral y las constantes de desintegración de esos elementos. Para edades mayores de 200 m.a., la edad se calcula por

$$T = t - \frac{1}{2} kt^2 \text{ m.a.} \quad (2)$$

donde t es la edad calculada con la ecuación 1 y k una constante basada en las constantes de desintegración del uranio y torio.

2. Preparación de la muestra

La roca ígnea a estudiar en cantidad cercana a 30-35 kg, es molida utilizando un molino a bolas, a malla cercana entre 60 y 100. La misma es tratada luego en una mesa vibratoria tipo Wilfley en la cual se concentran los minerales pesados, eliminándose casi el 85 a 90 % de la muestra.

La fracción pesada así obtenida, es separada en diversas porciones utilizando el separador magnético Franz. Las ricas en zircón y monacita son tratadas con líquidos pesados (bromoforno e ioduro de metileno) para remover la pequeña cantidad presente de minerales livianos y posteriormente repurificadas en el separador magnético.

El concentrado así obtenido, cuya pureza es del orden del 90-95 % y cuyo peso puede oscilar entre 200 y 1.000 mg, es purificado bajo binocular hasta obtener un concentrado final del zircón, monacita, etc., cuya pureza es de 99,9 - 100 %.

La cantidad de los minerales accesorios presentes en las rocas ígneas ácidas y mesosilíceas es muy variable, pero en general aquellas ricas en micas son las que mayor cantidad de ellos poseen; las rocas básicas, en contraste llevan pequeñas cantidades de estos minerales y para obtener la cantidad de mineral para el análisis, es necesario tratar una mayor cantidad de roca.

Con el equipo existente en el laboratorio de la Comisión Nacional de Energía Atómica, un preparador experimentado puede purificar una muestra cada 8-10 días, o sea un total aproximado de 30-35 muestras anuales.

* m.a.: millones de años o 1.10^6 años.

3. *Determinación de la actividad alfa*

El mineral purificado es molido finamente y una pequeña porción colocada en una cápsula porta muestra especial, como una delgada película de 0.1 mm de espesor y 10 mm de diámetro.

El conteo de la actividad alfa se efectúa en una cámara de ionización, en ambiente de gas P-10 (90 % de argón y 10 % metano), acoplada a un contador proporcional. El tiempo de conteo, dada las bajas actividades de las muestras, es de aproximadamente 10 horas, con el fin de obtener un mejor promedio estadístico. El fondo (back-ground) de la cámara es muy bajo y en las condiciones normales de operación oscila entre 4-6 cuentas/hora.

Cada muestra es contada por duplicado sobre una misma cápsula; la medición se verifica preparando una segunda cápsula y efectuando su medición. Si las tres lecturas coinciden dentro del orden de $\pm 10\%$, se promedian los valores hallados. De existir divergencias, se realizan nuevas preparaciones hasta obtener dicha coincidencia. De este modo se evitan los errores personales en la preparación de la muestra y los debidos a variaciones de conteo por deficiencias electrónicas del contador.

Además una muestra patrón de conocida radiación es medida periódicamente para verificar la estabilidad del equipo electrónico y la calidad del gas de conteo utilizado.

De este modo la precisión de las mediciones de la actividad alfa se estima en $\pm 5\%$, lo que se ha certificado con medidas efectuadas en los laboratorios del Servicio Geológico de los EE. UU. de Norte América (Washington D.C.) de muestras analizadas en nuestro laboratorio con una casi virtual concordancia de resultados (tabla 1).

4. *Análisis espectrográfico por plomo*

El análisis químico por plomo se efectúa sobre la misma muestra por medio del método espectrográfico desarrollado por Waring y Worthing (1).

Básicamente el método consiste en la excitación de la muestra (mezclada con Na_2CO_3) en un arco de corriente continua, registro del espectrograma correspondiente en una placa fotográfica y microfotometría de las líneas de análisis en comparación con las del standard interno utilizado (bismuto).

Cada muestra es analizada por duplicado y los resultados obtenidos se promedian si coinciden entre sí, aceptándose una divergencia máxima del 10 %. De este modo, la precisión del método es mayor del 10 %, tomándose este valor como error del método.

Como en el caso anterior, se han analizado muestras patrones cedidas por el Dr. T. W. Stern, del Servicio Geológico de los EE. UU. de Norte América y también algunas muestras de nuestro país se analizaron en los laboratorios de dicha institución, obteniéndose resultados coincidentes (ver tabla 1).

TABLA 1

Resultados analíticos y edad de las muestras investigadas

Muestra	Procedencia	alfa mgr/hr		Pb ppm		Edad en m. a.		Edad media m. a.
		S. L.	S. G.	S. L.	S. G.	S. L.	S. G.	
Z- 1	Bialet Masse, Córdoba, granito	432	452	42.5	46.7	240 ± 25	252 ± 25	246 ± 25
Z- 4	Sa. La Higuerita, Córdoba, granito	629		123.0		465 ± 50		465 ± 50
Z- 5	Napa, Córdoba, diorita	130	132	29,5	24.7	540 ± 60	450 ± 50	500 ± 50
Z- 8	Capilla del Monte, granito Km 818, Ruta Nac. 38, Córdoba	497		79.0		382 ± 40		382 ± 40
Z- 9	Capilla del Monte, granito, El Zapato, Córdoba	787		123.9		376 ± 40		376 ± 40
Z- 13	Las Tunas, Cosquín, Córdoba	131		41.3		735 ± 75		735 ± 75
Z- 21	Valle Fértil, monacita, San Juan	5173	4782	516.0	455.0	205 ± 20	198 ± 20	202 ± 20
Z- 22	Valle Fértil, monacita, San Juan	4756		520		224 ± 25		224 ± 25

S. L. : Servicio Laboratorios, Comisión Nacional de Energía Atómica

S. G. : Servicio Geológico de los EE. UU. de Norte América.

III. RESULTADOS OBTENIDOS

Hasta el presente se han analizado un total de ocho muestras provenientes en su gran mayoría de rocas graníticas de las sierras de la provincia de Córdoba, cuyos resultados se presentan en la tabla 1.

IV. DISCUSION DE LOS RESULTADOS

La elección de las rocas graníticas de las Sierras de Córdoba, se decidió en base a que se poseían datos de edad absoluta efectuadas por el autor (5) sobre uraninitas provenientes de pegmatitas de la Sierra de los Comechingones. La hipótesis de trabajo al iniciar el mismo, fue el de verificar la edad de las rocas graníticas, de las cuales se supone derivan las pegmatitas estudiadas anteriormente y que en principio debía ser mayor.

Sin embargo, del estudio de la tabla 1 se deduce que los valores hallados no concuerdan con tal hipótesis y en cambio, revelan la existencia de más de un ciclo magmático en el ambiente estudiado, lo que por otra parte se halla de acuerdo con evidencias petrológicas.

Si tomamos en cuenta todos los resultados obtenidos hasta el presente sobre muestras provenientes de las Sierra de Córdoba (incluidas las de las pegmatitas uraníferas (5), se pueden sacar las siguientes conclusiones:

- a) Hasta tanto una mayor cantidad de muestras sea analizada y los resultados sean certificados con la utilización de otros métodos (al presente se está llevando a cabo una investigación utilizando el método de Larsen en la C.N.E.A. y el de estroncio-rubidio en la Universidad de Yale, en un programa conjunto), las edades halladas parecen indicar que las rocas graníticas de las Sierras de Córdoba no se originaron como consecuencia de un solo evento geológico sino como resultado de varios ciclos geológicos de diferente edad.
- b) Los resultados obtenidos parecerían indicar la presencia de cuatro ciclos magmáticos:
 1. *Precámbrico*, representado por los cuerpos dioríticos y tonalíticos de color gris claro a oscuro, que aparecen como pequeñas masas dentro del granito de las Sierras Grandes. Su representante es la muestra correspondiente a la cantera Las Tunas en las cercanías de la ciudad de Cosquín (Z-13), con una edad de 735 m.a.
 2. *Cambro-ordovícico*, aquí caen las muestras de uraninitas de pegmatitas (5) con edades que oscilan entre 450 y 520 m.a., como así también las muestras del granito de la Sierra de la Higuera (Z-4) y la diorita de Napa (Z-5), con edades de 450 y 500 m.a., respectivamente.
 3. *Devónico*, representado por las muestras coleccionadas en las cercanías de Capilla del Monte, Z-8 y Z-9, con edades de 376 y 382 m.a. respectivamente y un valor medio de 379 m.a.

Al respecto debe señalarse que el granito porfírico de estas muestras, con grandes cristales de ortosa por lo general zonales, presenta un estado de compactación muy diferente del que ofrece el granito de las Sierras Grandes. Este último se halla muy alterado, es fácilmente disgregable y sus feldespatos muestran en muchos casos fluidalidad; asimismo está cortado por numerosas venas aplíticas y pegmatíticas, lo que no se observa en el caso del granito de Capilla del Monte. A ambos granitos se había asignado una misma edad, ya sea Devónica (Pastore, 1932) o Precámbrica (Harrington, 1956), y al parecer en base a las evidencias petroló-

gicas y a los resultados obtenidos en este trabajo, los mismos corresponderían a dos ciclos diferentes.

4. *Pérmico*. Representado por el granito de la muestra Z-1, coleccionada en las cercanías de la localidad de Biale Masse, con una edad media de 246 m.á.

El valor hallado para este granito coincide con los obtenidos por otros investigadores para rocas de otras áreas supuestas de igual edad (caso de los granitos de Río Chico y de Lagunas Dulces, en Río Negro; Shell Cía. Arg. Pet., com. verb.) y que previamente fueron considerados también precámbricos.

Los resultados aquí presentados son preliminares y su publicación no está orientada a provocar controversias sobre la validez de los mismos y de las distintas hipótesis sostenidas previamente. Sólo tienen como finalidad, presentar el problema hallado al estudiar estas rocas graníticas y demostrar que es necesario llevar a cabo un estudio más detallado del área investigada, no sólo desde el punto de vista petrológico (con el fin de determinar la presencia de diferentes tipos de rocas ígneas del área), sino también para incrementar el número de datos de edad de estos granitos y ratificar o rectificar las edades aquí expuestas.

REFERENCIAS CITADAS EN EL TEXTO

1. GOITFRIED, D. et al., 1959. Evaluation of the lead-alpha method (Larsen) method of determining ages in igneous rocks. — U. S. Geol. Surv. Bull. 1097-A, Washington D. C.
2. HARRINGTON, H. J., 1956. Argentina, en JENKS, W. F., Handbook of South American Geology. — Geol. Soc. Amer., N. York.
3. KULP, J. L., 1961. Geological Time-scale. — Science, 133, 3459.
4. LARSEN, E. S. et al., 1952. Method of determining the age of igneous rocks using accessory minerals. — Geol. Soc. Amer. Bull., 63, 1045-1052, N. York.
5. LINARES, E., 1959. Los métodos geocronológicos y algunas edades de la Argentina obtenidas por medio de la relación plomo-uranio. — Rev. Asoc. Geol. Arg., GIV, 34. Buenos Aires.
6. — 1963. Informe parcial sobre el proyecto "Cálculo de edad geológica por el método de Larsen". — C.N.I.C.T., inf. inédito, Buenos Aires.
7. — 1966. Informe sobre el proyecto "Cálculo de edad geológica por el método plomo-alfa". — C.N.I.C.T., inf. inédito, Buenos Aires.
8. PASTORE, F., 1932. Hoja 20 i del mapa geológico de la Argentina. — Bol. Dir. Minas y Geol. n° 36, Buenos Aires.
9. TILTON, G. R. et al., 1955. Isotopic composition and distribution of lead, uranium and thorium in a Precambrian granite. — Bull. Geol. Soc. Amer., 66, 1131-1148, N. York.

Buenos Aires, Noviembre de 1966.

