

UNIV. NAL. AUTÓN. MÉXICO, INST. GEOLOGÍA, BOL. 82, pte. 1,
p. 7-24, 3 lám., 1 fig., 2 tablas.

**ESTUDIOS DE GEOCRONOMETRIA
Y MINERALOGIA**

P A R T E I

EDAD DE TRES ROCAS INTRUSIVAS DE LA PARTE CENTRO-
SEPTENTRIONAL DE MEXICO

POR

JERJES PANTOJA-ALOR y CESAR RINCON-ORTA

COAUTORES

JOSE G. SOLORIO y CARL FRIES, Jr.

CONTENIDO

I. EDAD DE TRES ROCAS INTRUSIVAS DE LA PARTE CENTRO-SEPTENTRIONAL DE MEXICO

	Pág.
RESUMEN	11
INTRODUCCION	11
BOSQUEJO GEOLOGICO	12
Tronco de Cerro Redondo	12
Rancho El Pico	14
Tronco de Pichaguilla	14
DESCRIPCION PETROGRAFICA Y QUIMICA	14
DETERMINACION DE EDAD	20
DISCUSION DE LAS EDADES	20
CONCLUSIONES	22
RECONOCIMIENTOS	23
BIBLIOGRAFIA	23

ILUSTRACIONES

FIGURA 1.—Localización de los sitios de donde proceden los tres ejemplares de rocas estudiadas	13
LÁMINA 1.—Mapa geológico de los alrededores de San Pedro del Gallo, Durango	15
LÁMINA 2.—Mapa geológico de los alrededores del Rancho El Pico, Zacatecas	17
LÁMINA 3.—Mapa geológico de los alrededores de lomas de Pichaguilla, Durango	19

TABLAS

TABLA No. 1.—Análisis químicos cuantitativos de las tres muestras estudiadas	16
TABLA No. 2.—Porcentaje de los constituyentes de la norma molecular a partir del método de Niggli	18

RESUMEN

Las edades de las tres rocas intrusivas que se discuten, se obtuvieron por el método de plomo-alfa o de Larsen, utilizando para las determinaciones isotópicas el zircón contenido en las rocas. De la muestra LG—3 procedente del tronco de pórfido riódacítico de Cerro Redondo, se obtuvo una edad de 40 ± 10 m. a., correspondiente al Eoceno tardío. La muestra LG—14 procedente del tronco monzonítico del Rancho El Pico dió una edad de 80 ± 10 m. a., equivalente al Santoniano. La determinación de la muestra LG—20 procedente del pórfido riódacítico de Pichaguilla fue de 70 ± 10 m. a., cuyo emplazamiento debió ocurrir durante el Maestrichtiano. Las edades pueden corresponder al tiempo de emplazamiento de los cuerpos citados, sin embargo, se recomiendan para confirmarlas otras determinaciones isotópicas por métodos distintos.

La fecha de 40 m. a., del tronco de Cerro Redondo marca un evento intrusivo ya confirmado con la determinación de otras edades, para el cual se propone el nombre de Evento Intrusivo Zacatecano. Las edades de 80 m. a., y 70 m. a., de los troncos de Rancho El Pico y Pichaguilla indican una época de actividad magmática conocida como Evento Intrusivo Santaluciano, correspondiente a la fase anatéctica del ciclo geotectónico mexicano.

INTRODUCCION

Para resolver una serie de problemas geotectónicos de la parte central y septentrional de México, es necesario conocer la edad del emplazamiento de numerosos cuerpos plutónicos e hipabisales que intrusan la cubierta sedimentaria mesozoica y cuyas relaciones con las rocas terciarias suprayacentes son casi desconocidas. Las evidencias de campo indican cuando menos dos períodos de actividad magmática de carácter intrusivo, correspondientes aparentemente al comienzo y al final de la Orogenia Laramiana.

Conociendo la importancia del problema, Fries (q.e.p.d.) sugirió un programa de recolección de muestras procedentes de lugares en donde ya se tuviera algún conocimiento de la geología regional. Lamentablemente, su muerte dejó inconcluso el trabajo en su primera etapa de recolección, aunque ahora, lo presentan los que ésto escriben cuando menos en parte, discutiendo las edades aparentes de tres cuerpos intrusivos, localizados en la parte centro-septentrional de México.

La muestra LG—3 procedente del pórfido riódacítico de Cerro Redondo fue colectada por Pantoja Alor. La muestra LG—14 monzonita procedente del Rancho El Pico fue colectada por Fries y Diego Córdoba durante una excursión a la región de Apizolaya, realizada en la primavera de 1962. Durante el mismo viaje y en el trayecto de San Juan de Guadalupe, Zacatecas, a San Bartolo, Durango, Fries colectó la muestra LG—20 del pórfido riódacítico de Picha-

guilla. La localización aproximada de los cuerpos intrusivos donde se colectaron las rocas, se puede ver en el Mapa Índice de la Figura 1.

De acuerdo con la clasificación de E. Raisz (1959), la región donde se emplazaron los intrusivos objeto de este estudio, está ubicada en el extremo meridional de la provincia fisiográfica de Cuencas y Sierras (Basin and Range province), en su límite con el extremo occidental de las Sierras Transversales, considerada como subprovincia de la Sierra Madre Oriental. La altura promedio de las cadenas montañosas varía entre los 2000 y 2100 m y la de los valles entre los 1500 y 1700 m. Las sierras están formadas por rocas sedimentarias mesozoicas, fuertemente plegadas y afectadas por el tectonismo laramiano.

Las edades de las tres rocas intrusivas que se discuten se obtuvieron por el método de plomo-alfa o Larsen (Larsen *et al.*, 1952) para lo cual se utilizó el concentrado de zircón seleccionado y obtenido de las muestras correspondientes. La trituración de la roca, concentración y separación de los constituyentes minerales, los análisis químicos y el conteo de partículas alfa, se realizaron en los Laboratorios de Geocronometría del Instituto de Geología. La determinación del contenido de plomo se hizo en la Sección de Geología de Isótopos del Servicio Geológico Norteamericano.

A pesar de las inexactitudes del método plomo-alfa y por que únicamente se hizo una determinación isotópica de cada una de las muestras de los intrusivos, se piensa que, dentro de los límites razonables de error, las edades calculadas corresponden al tiempo de emplazamiento de los citados cuerpos intrusivos, a los que por sus relaciones estratigráficas, y discordancias con las rocas que los rodean, lo mismo que por su forma y por sus dimensiones, se les clasifica como troncos (stocks).

BOSQUEJO GEOLOGICO

Tronco de Cerro Redondo. Las rocas más antiguas de la región que son intrusadas por el tronco de Cerro Redondo, corresponden a la Formación Nazas (Pantoja-Alor, 1963) de edad jurásica temprana-jurásica media. Esta unidad está constituida de derrames y tobas interestratificadas con lutita, limolita, arenisca y conglomerado de rocas volcánicas. Sobre esta unidad descansan estratos marinos de las formaciones La Gloria y La Casita, del Jurásico Tardío, las cuales también fueron intrusadas por el cuerpo de pórfido riódacítico. Es posible, aunque no se observa, que los sedimentos marinos del Cretácico Inferior también fueron intrusados y posteriormente removidos por la erosión, aunque su espesor haya sido bastante delgado dentro del área. Casi toda la mitad oriental del tronco de Cerro Redondo fue emplazada en los clásticos de la Formación Indidura-Caracol de edad turoniana-coniaciana. Puesto que otras rocas más jóvenes no afloran en la periferia, esta última unidad marca el límite cronoestratigráfico superior del intrusivo, (véase Lámina 1). El afloramiento del pórfido riódacítico tiene una forma irregular de unos 1250 m de largo por unos 750 m en su parte más ancha.

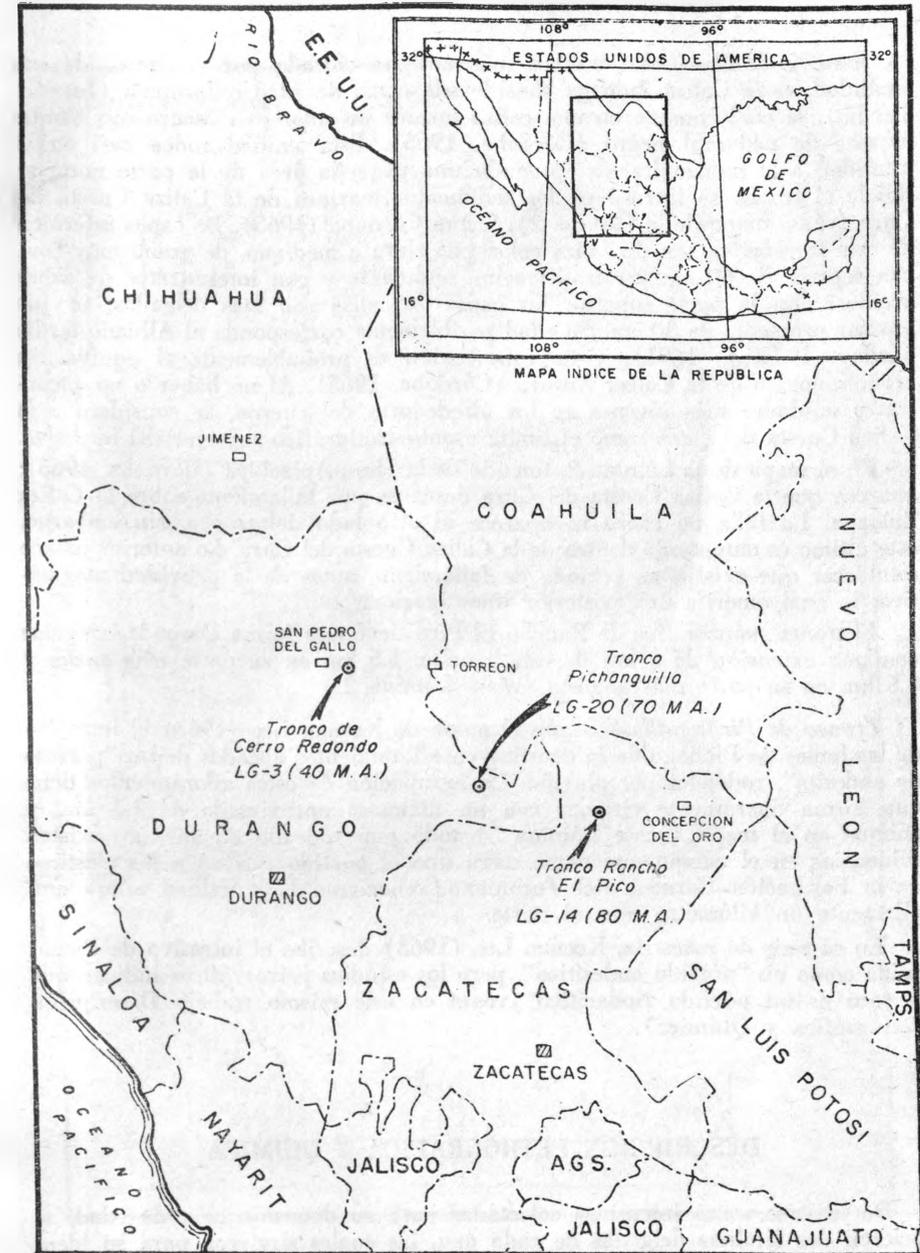


Fig. 1. Mapa índice de la parte centro-septentrional de México que muestra la procedencia y edad, en millones de años de las tres muestras analizadas.

Rancho El Pico.—La unidad más antigua cortada por el tronco de esta localidad, es la Caliza Zuloaga considerada como de edad oxfordiana (Jurásico Tardío), la cual consiste en una caliza masiva de color gris oscuro con bandas escasas de pedernal negro (Córdoba, 1965). Esta unidad rodea casi en su totalidad a la monzonita, exceptuando una pequeña área de la parte norte en donde el tronco se intrusó en los sedimentos marinos de la Caliza Cuesta del Cura (véase mapa de la Lámina 2). Según Córdoba (1965), las capas inferiores de esta formación, son de caliza color gris claro a mediano, de grano muy fino, con espesor de 60 cm y estratificación ondulante y con interstratos de caliza arcillosa. En la parte superior las capas de caliza son más delgadas, con un espesor promedio de 30 cm. Su edad posiblemente corresponda al Albiano tardío (Imlay, 1938, p. 1691), y en esta región es probablemente el equivalente cronolítico de la Caliza Aurora (Córdoba, 1965). Al no haber o no encontrarse unidades más jóvenes en los alrededores del cuerpo, se considera a la Caliza Cuesta del Cura como el límite cronoestratigráfico superior del intrusivo.

En el mapa de la Lámina 2, tomado de la Hoja Apizolaya (Córdoba, 1965), aparece que la Caliza Cuesta del Cura descansa por fallamiento sobre la Caliza Zuloaga. La falla no cruza ni aparece al otro lado del tronco, sin embargo, este último es emplazado dentro de la Caliza Cuesta del Cura. Lo anterior parece establecer que existió un período de fallamiento antes de la actividad magmática, lo cual amerita una posterior investigación.

El tronco monzonítico de Rancho El Pico tiene una forma alargada irregular con una extensión de 3 km de este a oeste, 1.5 km en su parte más ancha y 0.5 km en su parte más angosta (véase Lámina 2).

Tronco de Pichaguilla.—Según el mapa de Keenan Lee (1963) el intrusivo de las lomas de Pichaguilla lo constituyen afloramientos aislados de un "pórfido de andesita", rodeados por aluvión. La agrupación de estos afloramientos tiene una forma ligeramente circular con un diámetro aproximado de 1.5 km, y aunque en el mapa (véase Lámina 3) todo está rodeado de aluvión, existen evidencias en el campo que demuestran que el pórfido intrusó a los clásticos de la Formación Caracol, del Turoniano-Coniaciano. Esta unidad aflora ampliamente un kilómetro más al norte.

En su tesis de maestría, Keenan Lee (1963) describe el intrusivo de Pichaguilla como un "pórfido andesítico", pero los estudios petrográficos indican que la roca es un pórfido riódacítico (véase en este mismo trabajo Descripción Petrográfica y Química).

DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA Y QUÍMICA

De las tres rocas intrusivas colectadas para su determinación de edad, se hicieron dos láminas delgadas de cada una, las cuales sirvieron para su identificación al microscopio. Una porción representativa de cada muestra fue analizada químicamente por Alberto Obregón Pérez, del Instituto de Geología. Los resultados de estos análisis aparecen en la Tabla 1.

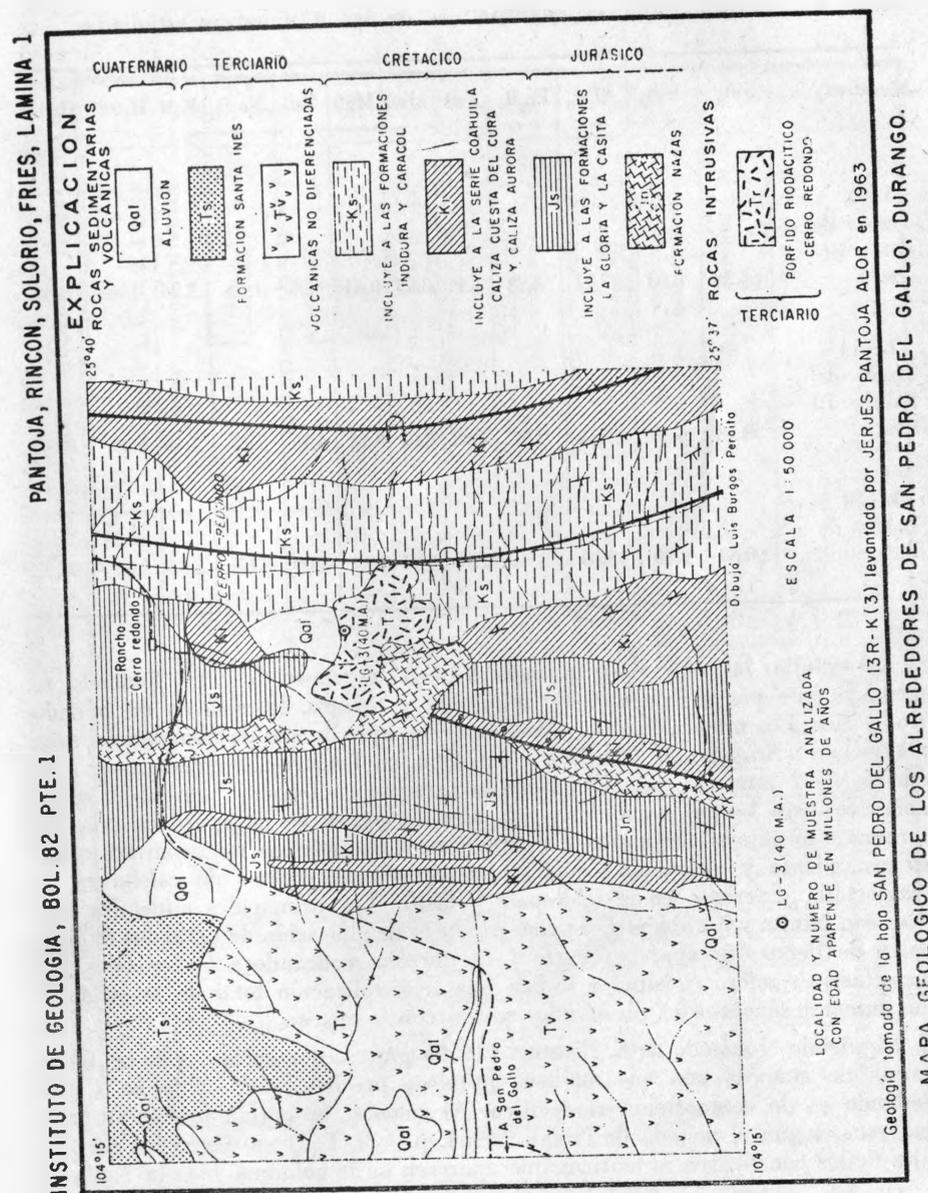


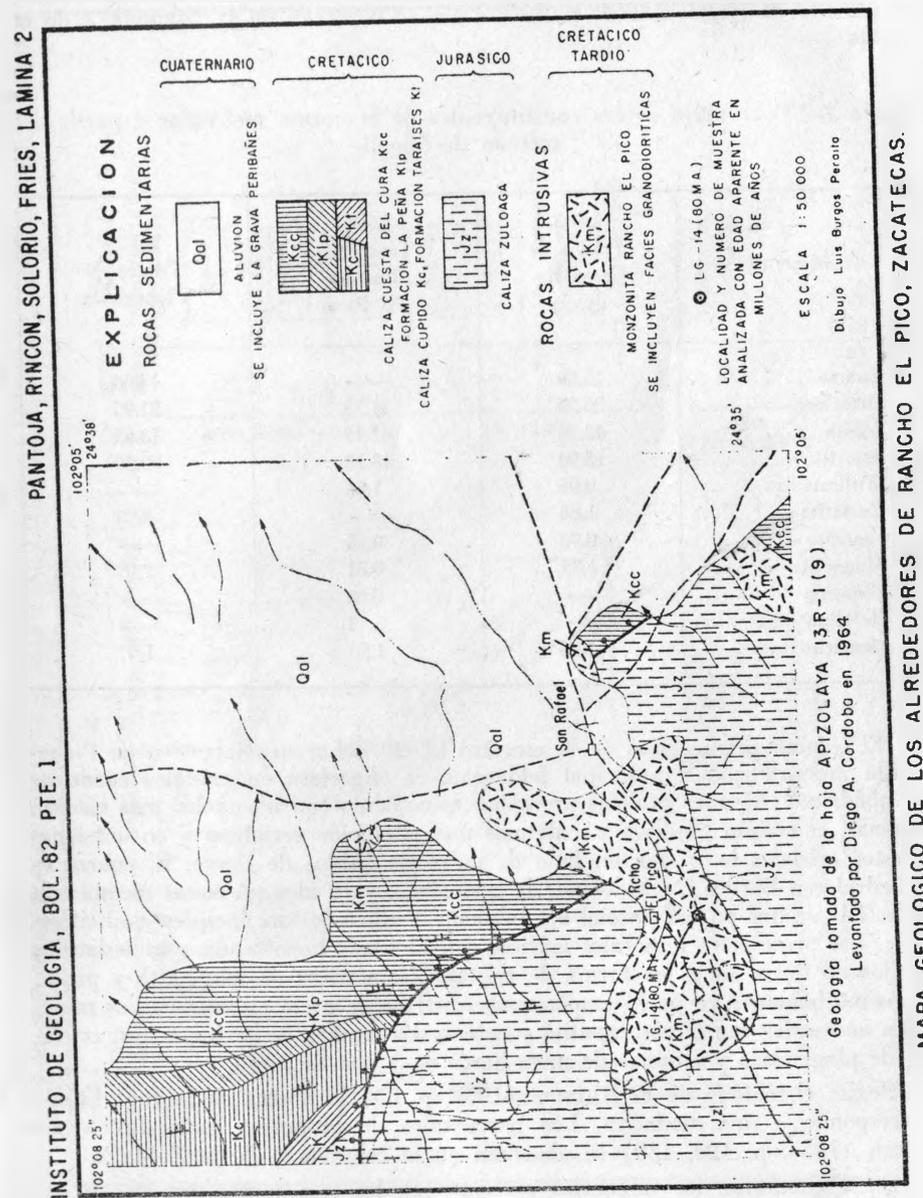
Tabla 1.—Análisis químicos cuantitativos de las 3 muestras estudiadas.

Muestras	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O+	H ₂ O—
LG-3 Tronco de Cerro Re- dondo	64.39	0.63	17.11	3.22	1.11	0.05	0.65	3.65	4.63	3.36	0.90	0.20
LG-14 Tronco de Rancho El Pico	58.18	0.53	21.31	2.56	0.82	0.07	0.13	4.73	5.29	5.40	1.09	0.19
LG-20 Tronco de Pichaguilla	60.53	0.80	18.06	3.96	1.78	0.07	1.39	4.09	3.65	3.63	2.00	0.19

Al estudiar las láminas de la muestra LG-3 del tronco de Cerro Redondo, se concluye que por el conjunto de minerales y textura, la roca es un pórfido riódacítico. Los minerales observados, en orden aproximado de abundancia, son: plagioclasa (An₁₀-An₂₀), ortoclasa y sanidino, en fenocristales anédricos y subédricos de 2 mm a 5 mm. El cuarzo se presenta en fenocristales subédricos a anédricos con bordes corroídos y en algunas partes se agrupan los cristales formando mosaicos irregulares. La plagioclasa y la ortoclasa muestran un intenso zonamiento y alteración deutérica consistente en centros de calcita en la plagioclasa, y sericita en el feldespato potásico. Los principales minerales máficos son biotita y hornblenda, y como producto de alteración de estos dos últimos polvo de hierro que aparece dentro y en aureolas rodeando a los cristales. La mesostasis es microcristalina e indica una recristalización total de la original. Los minerales accesorios observados son zircón y apatita.

Siguiendo el método de E. Rittman (1959) para la nomenclatura de las rocas ígneas de acuerdo con sus análisis químicos precisos, el pórfido de Cerro Redondo es de composición riódacítica. Al calcular la norma molecular para esta roca, según el método de Niggli (1954, p. 120, 130) se tienen los porcentajes de los constituyentes teóricos que aparecen en la columna 1 de la Tabla 2.

Córdoba (1965) describe la composición petrográfica de la roca del tronco de Rancho El Pico, posiblemente a la que corresponde la muestra LG-14, como una monzonita cuarcifera.



Según el método de Rittman (1959) esta roca es una latita clara, equivalente extrusivo de la monzonita. Los porcentajes de la norma molecular según el método de Niggli (1954, p. 120, 130) se observan en la columna 2 de la Tabla 2.

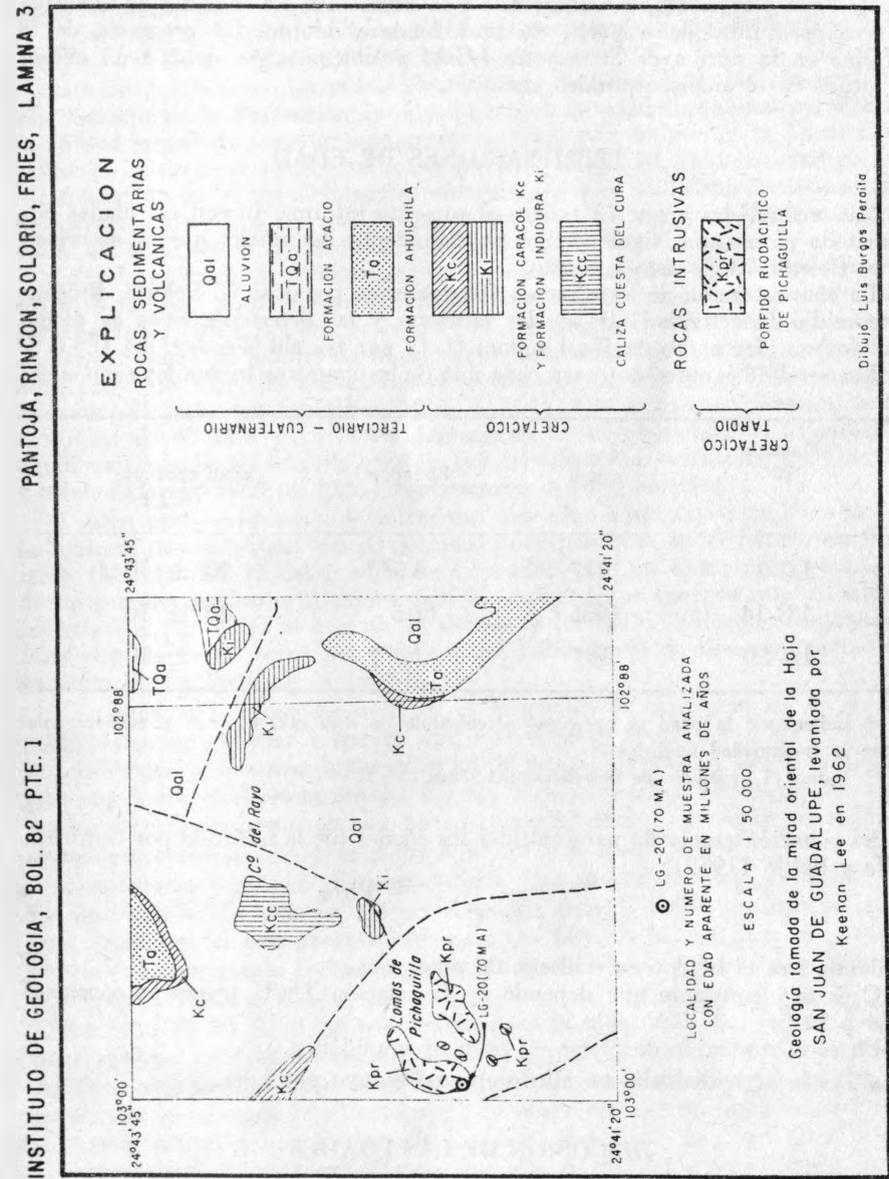
Tabla 2.—Porcentaje de los constituyentes de la norma molecular a partir del método de Niggli.

Minerales	LG-3 Tronco de Cerro Redondo	LG-14 Tronco de Rancho El Pico	LG-20 Tronco de Pichaguilla
Cuarzo	15.29	—	14.06
Ortoclasa	20.25	31.75	21.95
Albita	42.20	41.49	33.65
Anortita	15.90	18.18	20.80
Wollastonita	0.96	1.66	—
Enstatita	1.80	—	3.88
Ilmenita	0.90	0.78	—
Magnetita	1.35	0.81	2.73
Diopsida	—	0.68	—
Nefelina	—	3.42	—
Hematita	1.35	1.23	1.03

El estudio petrográfico de la muestra LG-20 del tronco intrusivo de Pichaguilla muestra que el principal feldespato es oligoclasa en cristales euédricos a subédricos. Algunas tabletas presentan zonamiento con un núcleo más cálcico, además, es común observar en algunas una alteración sericítica y en ocasiones a estos cristales los rodea un halo de polvo de óxidos de hierro. El cuarzo es subedral con bordes corroídos por la mesostasis, y en algunas zonas reemplazan a los feldespatos ya sea parcial o totalmente, indicando una incipiente silicificación. Los principales minerales máficos son biotita y hornblenda y abundan los óxidos de hierro tanto en forma de cristales isométricos de magnetita y pirita, así como hematita en polvo ampliamente distribuida en la mesostasis. Los minerales accesorios son zircón, apatita y esfeno. La textura es porfídica con cristales de plagioclasa y láminas de mica hasta de 3 mm de largo.

Según el método de E. Rittman (1959, p. 83) la norma de la roca LG-20 corresponde a una riodacita. Los porcentajes de la norma molecular según Niggli (1954, p. 120, 130) se observan en la columna 3 de la Tabla 2.

Si se comparan los minerales presentes en las tres rocas, con los de sus respectivas normas obtenidas por el método de Niggli, se notará que en la clasificación modal no aparecen algunos minerales que se incluyen en la norma



PANTOJA, RINCON, SOLORIO, FRIES, LAMINA 3

INSTITUTO DE GEOLOGIA, BOL. 82 PTE. 1

MAPA GEOLOGICO DE LOS ALREDEDORES DE LOMAS DE PICHAGUILLA, DURANGO.

y viceversa. Posiblemente el caolín se ha formado a expensas de la ortoclasa, anortita, cordierita y sillimanita, mientras que la calcita se ha formado a expensas de la plagioclasa, la wollastonita y la sillimanita. La enstatita de la norma se considera formada a partir de hornblenda y biotita. La presencia de la nefelina en la norma de la muestra LG-14 posiblemente se deba a un exceso de álcalis en el análisis químico cuantitativo.

DETERMINACIONES DE EDAD

Las tres edades a que se refiere el presente informe, fueron calculadas por el método plomo-alfa, siguiendo los procedimientos habituales que se describen en el Boletín 73 de este Instituto.

La concentración de los zircones fue realizada por José G. Solorio, Rincón-Orta midió la actividad alfa de las muestras y las determinaciones de plomo total fueron efectuadas en Washington, D. C. por Harold Westley, del U.S.G.S.

Los resultados obtenidos para cada una de las muestras fueron los siguientes:

Muestra N°	mg-h	Pb (ppm)	edad aparente* (m.a.)
LG-3	277	4.5**	40 ± 10
LG-14	1956	60.5	80 ± 10
LG-20	167	4.5**	70 ± 10

* Indica que la edad se aproximó al múltiplo de diez más cercano y muestra solamente la inseguridad analítica.

** Indica el promedio de dos determinaciones.

La ecuación empleada para calcular las edades fue la utilizada por Gottfried, Jaffe y Seftle (1959):

$$t = C \frac{Pb}{\alpha}$$

en donde t es el tiempo en millones de años.

C es una constante que depende de la relación Th/U y que se consideró igual a 2485.

Pb es el contenido de plomo en partes por millón.

α es la actividad alfa en alfas entre miligramo por hora.

DISCUSION DE LAS EDADES

La fecha isotópica de 40 m.a. obtenida de la muestra LG-3 de Cerro Redondo, corresponde según la escala geocronológica de Kulp (1961) al Eoceno

Tardío, lo cual concuerda con las relaciones estratigráficas observadas en el campo. Lo anterior permite pensar que la edad de los zircones es la mínima de su cristalización en el cuerpo ígneo. Si se considera la desviación normal de ± 10 m.a. para el error analítico, no debe descartarse la posibilidad de que pertenezca al Eoceno Medio, o al Oligoceno Temprano.

La unidad más joven intrusada por el tronco de Cerro Redondo son los clásicos marinos de la Formación Indidura-Caracol de edad turoniana-coniaciana. La unidad inmediata superior que descansa sobre esta última, es la Formación Ahuichila de supuesta edad eocénica-oligocénica temprana. Desafortunadamente esta formación no cubre al intrusivo aunque aflora en los alrededores, pero su morfología sugiere que se extendió por toda el área y constituyó una cubierta donde ahora aflora el pórfido riocácico.

La fecha aparente de 40 m.a. del tronco de Cerro Redondo confirma un evento intrusivo en esta parte del país, señalado con edades similares obtenidas del tronco granodiorítico de Concepción del Oro, Zacatecas, Busek (1962) colectó dos muestras durante su estudio de la mineralización metasomática de la región de Concepción del Oro, las cuales fueron entregadas al Dr. S. R. Hart para su determinación de edad (en Fries, 1965, p. 104). Los datos analíticos indicaron una edad de 40 m.a. para el emplazamiento de la granodiorita. Finalmente, estudios más recientes sobre la edad de la mineralización, realizados por Ohmoto y colaboradores (1966, p. 1205) confirmaron la edad anterior.

Existen otras evidencias de intrusivos con edades similares, emplazados en la cubierta mesozoica del sur de México, principalmente en el Estado de Guerrero (Muestra LG-15 del granito de Coxcatlán, con 50 m.a.; muestra LG-23 de un granito cercano a Alcholoa, con 40 m.a.). Estos cuerpos estaban siendo investigados por Fries al ocurrir su deceso, y los datos indicados actualmente forman parte del material por publicar del Laboratorio de Geocronometría del Instituto de Geología de la UNAM.

Con toda la información anterior es innegable la existencia de un evento geotectónico de carácter intrusivo que abarcó gran parte del norte, centro y sur de México, y que tuvo lugar entre los 50 m.a. y los 30 m.a. antes del tiempo presente, o sea, probablemente del Eoceno Medio, al Oligoceno Temprano. Sus límites cronológicos exactos aun no se conocen, pero, con mayor abundancia de datos geocronométricos, se podrán definir con más claridad.

Los autores proponen distinguir dicha fase magmática con el nombre de Evento intrusivo Zacatecano, por ser el tronco granodiorítico de Concepción del Oro, Zacatecas, el más representativo de esa fase. A la vez debe de considerarse como un evento intrusivo postlaramiano del ciclo geotectónico Mexicano (De Cserna, 1960, p. 601).

La cifra de 80 ± 10 m.a. obtenida para la monzonita de Rancho El Pico corresponde, según la misma Escala de Kulp (1961) a una edad santoniana del Cretácico Tardío. La desviación normal del error analítico de ± 10 m.a. no cambia lo asentado anteriormente. Las observaciones de campo indican que el tronco intrusivo a los clásicos de la Caliza del Cura de edad albiana-cenomaniana; desafortunadamente dentro del área intrusionada no afloran unidades más jóvenes que permitieran precisar con exactitud el límite cronológico superior del emplazamiento.

Con respecto a la edad de los intrusivos monzoníticos de la región de Apizolaya, tales como los troncos de Teyra, San Julián, Rancho El Pico y otros, Córdoba (1965) opina que fueron intrusados hacia fines de la Orogenia Laramiana y que este período continuó hasta el Oligoceno Tardío, pero en su "Explicación" de la Hoja Apizolaya 13R-1(9) les asigna una edad terciaria. Los presentes autores no descartan la posibilidad de cuerpos intrusivos de edad terciaria en la región de Apizolaya, pero, ante las evidencias de este trabajo piensan que el emplazamiento de los troncos antes dichos tuvo lugar en el Cretácico Tardío.

De acuerdo con la edad obtenida de 70 ± 10 m.a. para el pórfido riódacítico de Pichaguilla, el período de su emplazamiento debió ocurrir durante el Maestrichtiano, pero debe reconocerse que el error analítico de ± 10 m.a. puede colocar su edad en las postrimerías del Cretácico Tardío o en el Terciario Temprano. Las evidencias de campo indican que las rocas más antiguas intrusadas por el pórfido, pertenecen a la Formación Caracol que se supone de edad coniaciana-santoniana. La unidad inmediata superior o sea la Formación Ahuichila, no está expuesta en los alrededores del intrusivo y los afloramientos más cercanos de estos clásticos continentales se encuentran a unos 3 km del punto en donde se colectó la muestra, lo que dificulta la investigación de las relaciones cronoestratigráficas que diera luz para fijar el límite superior de la intrusión. Leo (1964) basándose en estudios estratigráficos asigna al tronco una edad terciaria, lo cual está en desacuerdo con las determinaciones isotópicas.

Las edades de 70 m.a. y 80 m.a. de los troncos de Rancho El Pico y Pichaguilla, marcan una época de actividad magmática intrusiva muy extensa en México, señalada por numerosos cuerpos batolíticos y troncos intrusivos emplazados en el borde occidental del país, y que abarcó un intervalo con límites aparentes de 115 m.a. a 75 m.a. antes del tiempo presente (Fries, 1962, p. 106). Se supone que esta actividad intrusiva comenzó en la parte occidental del borde continental y emigró con el tiempo hacia el oriente; por lo tanto, las edades de las regiones más céntricas tendrán que ser más jóvenes y pertenecer al Cretácico Tardío. Lo anterior queda demostrado con las dos últimas edades que aquí se discuten. Para esta fase geotectónica Curtis *et al.*, (1958, p. 10) propone el nombre de Orogenia Santa Lucía, que Fries (1962, p. 106) tradujo como Evento Intrusivo Santaluciano, nombre que los autores sugieren se siga usando para edades similares de cuerpos intrusivos de la parte oriental y septentrional de México. De Cserna (1960, p. 602) supone que esta actividad magmática tiene íntima relación con la fase anatexítica del ciclo geotectónico mexicano.

CONCLUSIONES

Resumiendo, las tres edades isotópicas discutidas sugieren al menos dos eventos geotectónicos indicados por cuerpos plutónicos e hipabisales intrusados en la cubierta sedimentaria mesozoica.

La fecha de 40 m.a. del tronco de Cerro Redondo marca un evento intrusivo ya confirmado con otras determinaciones de edad y para él, se propone el nombre de Evento Intrusivo Zacatecano que tuvo lugar entre los 50 m.a. y los

30 m.a. antes del presente. A su vez, representa un evento intrusivo postlaramiano (Fries, 1962, p. 107) del ciclo geotectónico mexicano (De Cserna, 1960, p. 602).

Las edades isotópicas de 80 m.a. y 70 m.a. de los troncos de Rancho El Pico y Pichaguilla respectivamente, confirmaron una fase magmática de carácter intrusivo, correlacionable con el Evento Intrusivo Santaluciano (Curtis *et al.*, 1958, p. 10) del borde occidental del Continente Americano, y el cual en México, tiene una íntima relación con la fase anatexítica del ciclo geotectónico mexicano.

RECONOCIMIENTOS

El presente informe fue redactado por Pantoja-Alor, quien además hizo el estudio petrográfico y el cálculo normativo por el método de Rittman de las tres muestras de las rocas intrusivas. César Rincón-Orta midió la actividad alfa de los zircones, hizo el cálculo de las edades y preparó las normas por el método de Niggli. La determinación del plomo de los zircones fue realizada por Harold Westley en la Sección de Isótopos del Servicio Geológico Norteamericano, bajo la supervisión del Dr. T. W. Stern. A estos dos científicos los autores les están sumamente agradecidos. José Solorio se encargó de los procesos de concentración y separación al microscopio de los cristales de zircón utilizados en las determinaciones y los análisis químicos cuantitativos fueron hechos por Obregón Pérez. Las ilustraciones fueron preparadas por Luis Burgos Peraita.

Los autores agradecen la ayuda brindada por el Profesor Eduardo Schmitter quien corrigió el manuscrito. Finalmente la elaboración de este informe se debe en gran parte al estímulo brindado por el Ing. Guillermo P. Salas, Director de este Instituto de Geología.

BIBLIOGRAFIA

- BUSECK, P. R., 1962, Contact metasomatic ores at Concepción del Oro, México (resumen): Geol. Soc. America, Spec. Paper 68, p. 144.
- CÓRDOBA, DIEGO A., 1965, Hoja Apizolaya 13R-1(9) con Resumen de la Geología de la Hoja Apizolaya, Estados de Zacatecas y Durango: Univ. Nal. Autón. México, Carta Geológica de México, Serie 1:100,000.
- CURTIS, G. H., EVERNDEN, J. F. y LIPSON, J., 1958, Age determination of some granitic rocks in California by the potassium-argon method: California Div. Mines, Spec. Rept. 54, 16 p.
- DE CSERNA, ZOLTAN, 1960, Orogenesis in time and space in Mexico: Geol. Rundschau, v. 50, p. 595-605.
- FRIES, CARL, JR., 1962, Lista de fechas geoquímicas reportadas para minerales y rocas mexicanas, con un comentario sobre su significado geológico y geotectónico: Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Bol. 64, pte. 6, p. 85-109.

- C. Rincón-Orta, 1965, Nuevas aportaciones geocronológicas y técnicas empleadas en el Laboratorio de Geocronometría: Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Bol. 73, pte. 2, p. 57-133.
- GOTTFRIED, D., H. W. HAFTE Y F. E. SENFTLE, 1959, Evaluation of the lead-alpha (Larsen) method for determining ages of igneous rocks. U. S. Geol. Survey, Bull. 1097-A, p. 14.
- KULP, J. L. y F. D. ECKELMANN, 1961, Potassium-argon isotopic ages on micas from the Southern Appalachians: New York Acad. Sci. Ann. v. 91, art. 2, p. 408-419.
- LARSEN, E. S., JR. N. D. KEEVIL y H. C. HARRISON, 1952, Method for determining the age of igneous rocks using the accessory minerals: Geol. Soc. America Bull., v. 63, p. 1045-1052.
- LEE, KEENAN, 1963, Geology of San Juan de Guadalupe Quadrangle (east half), Durango and Coahuila, Mexico: Louisiana State Univ., Baton Rouge, tesis de Maestría, inédita.
- NIGGLI, PAUL, 1954, Rocks and minerals deposits: San Francisco, W. H. Freeman & Co., 559, p.
- OHMOTO, H., S. R. HART y H. D. HOLLAND, 1966, Studies in the Providencia Area, Mexico, II, K-AR and RB-SR ages of intrusive rocks and hydrothermal minerals: Econ. Geology v. 61 p. 1205-1213.
- PANTOJA-ALOR, J., 1963, Hoja San Pedro del Gallo 13R-k(3) con Resumen de la Geología de la Hoja San Pedro del Gallo, Estado de Durango: Univ. Nal. Autón. México, Carta Geológica de México, Serie 1:100,000.
- RAISZ, ERWIN, 1959, Map of landforms of Mexico: Laboratorios Erwin Raisz, Cambridge, Mass.
- RITTMANN, A., 1959, Nomenclature of volcanic rocks proposed for the use in the Catalogue of Volcanoes, and Key-tables for the determination of volcanic rocks: Bull. Volcanol., v. 12, p. 75-102.

UNIV. NAL. AUTÓN. MÉXICO, INST. GEOLOGÍA, BOL. 82, pte. 2,
p. 25-35, 3 tablas

ESTUDIOS DE GEOCRONOMETRIA Y MINERALOGIA

PARTE II

NUEVOS DATOS SOBRE MACKAYITA

POR

RICHARD V. GAINES *

(Traducción del Inglés por Rebeca M. de Schmitter)
* Investigador de Tiempo Parcial