

GEOCRONOLOGÍA Y GEOQUÍMICA DE LAS ROCAS GRANÍTICAS DEL PENNSILVANIANO Y TRIÁSICO MEDIO EN LA CORDILLERA ORIENTAL DEL PERÚ CENTRAL (10°45'S-13°30'S)

GEOCHRONOLOGY AND GEOCHEMISTRY OF PENNSYLVANIAN AND TRIASSIC GRANITIC ROCKS IN THE EASTERN CORDILLERA OF CENTRAL PERU (10°45'S-13°30'S)

Rildo Rodríguez, Mirian Mamani, Victor Carlotto y Eber Cueva

RESUMEN

Nuevas dataciones radiométricas por el método $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ fueron realizadas en rocas graníticas de la Cordillera Oriental del Perú Central. Se trata de 4 muestras que provienen de los macizos de Cayash (312.1 ± 1.6 Ma), Ongoy (235.5 ± 1.3 y 240.3 ± 1.2 Ma) y San Miguel (234.0 ± 1.2 Ma). De acuerdo a las dataciones y la geoquímica, el Macizo de Cayash es del Pensilvaniano y se formó en un contexto de subducción, en tanto que los macizos de Ongoy y San Miguel son del Triásico medio y se formaron en un ambiente de intraplaca relacionado con un rift continental.

Palabras clave: Datación radiométrica, Carbonífero, Triásico, Cordillera Oriental, granitos.

ABSTRACT

New $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ radiometric ages of 4 samples were made on granite rocks in Central Peru. The Cayash massif is Pennsylvanian (312.1 ± 1.6 Ma) and it is associated with magmatic arc granites of subduction setting. The Ongoy (235.5 ± 1.3 y 240.3 ± 1.2 Ma) and San Miguel (234.0 ± 1.2 Ma) massifs are middle Triassic and they are associated with intraplate granites of continental rift.

Keywords: Radiometric age, Carboniferous, Triassic, Eastern Cordilleran, granitic rocks.

INTRODUCCIÓN

La región comprendida entre Ongoy y Paucartambo (10°45'S-13°30'S, Fig.1), en la Cordillera Oriental del Perú Central, muestra la presencia de cuerpos intrusivos graníticos que cortan a un substrato conformado por rocas del Paleozoico inferior. Muchos de estos cuerpos fueron tradicionalmente considerados de edad Permo-Triásico y su origen relacionado a un proceso de rift continental. Sin embargo, desde hace algunos años, dataciones sistemáticas y en nuestro caso además, la cartografía a escala 1:50,000 están poniendo en evidencia que muchos de estos cuerpos intrusivos no son necesariamente del Permo-Triásico, ya que los hay del Ordovícico, Silúrico, Carbonífero, Permo-Triásico y también Jurásico. Estas rocas intruyen al Complejo del Marañón, que era considerado del Proterozoico y ahora se sabe que es del

Ordovícico.

En consecuencia, las nuevas edades y geoquímica presentadas están aportando al mejor conocimiento de la evolución de los Andes. Esta información contribuye también a la nueva Base de Datos de Edades Radiométricas del INGEMMET, la cual es accesible por internet mediante la siguiente dirección electrónica: <http://www.ingemmet.gob.pe/form/plantilla01.aspx?opcion=296>.

MARCO GEOLÓGICO

La Cordillera Oriental del Perú Central (Fig. 1) está controlada por grandes sistemas de fallas. Así, el borde oeste corresponde al sistema Cerro de Pasco-Ayacucho, que la separa de las altiplanicies, en tanto que en el borde este, el sistema fallas Satipo-Pangoa-

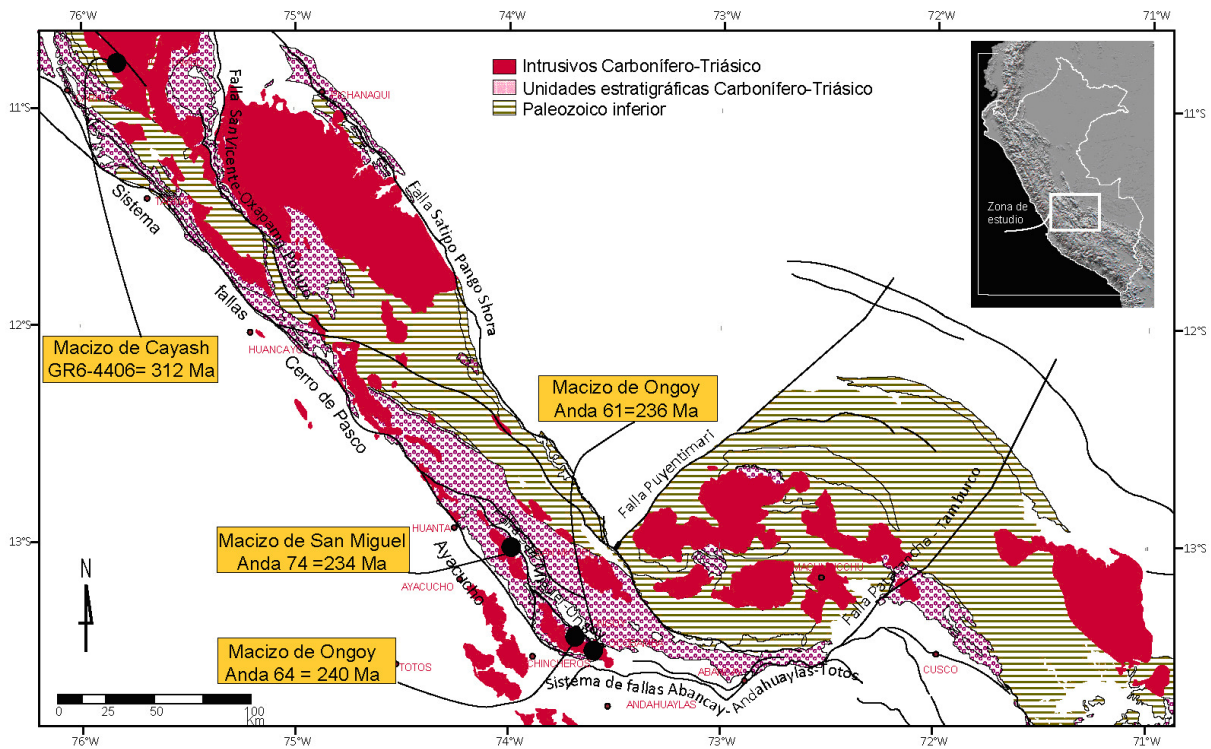


Figura 1. Mapa geológico de la Cordillera Oriental con intrusivos del Carbonífero al Triásico. Los rectángulos amarillos indican la localización de las muestras datadas y químicamente analizadas.

Shora (Acosta et al., 2008) la pone en contacto con la Zona Subandina. Otro rasgo estructural importante los constituye el sistema de fallas San Vicente-Oxapampa-Pozuzo (Rodríguez y Cueva, en preparación) que es transversal a la cordillera.

A lo largo del eje de la cordillera se encuentra el Complejo del Marañón, que está constituido por rocas metamórficas del Paleozoico inferior y localmente por rocas del Precámbrico (Mégard, 1973; Cardona et al., 2009). En sus bordes afloran rocas del Paleozoico superior y del Mesozoico (Mégard, 1973; Newell et al., 1953). Se trata de areniscas y lutitas de los grupos Ambo (Missisipiano) y Tarma (Pensilvaniano), calizas del Grupo Copacabana (Pérmico inferior); areniscas, conglomerados y material volcánico del Grupo Mitu (Permo-Triásico), y las calizas del Grupo Pucara (Triásico-Jurásico). Todas estas unidades están cortadas por rocas graníticas que abarcan edades desde el Paleozoico inferior hasta el Jurásico (Mégard, 1973; Dalmayrac et al., 1980; Miskovic et al., 2009). Tres de estos cuerpos intrusivos han sido cartografiados, muestreados y corresponden a los macizos de Ongoy, San Miguel y Cayash.

Macizo de Cayash

El Macizo de Cayash tiene una forma alargada de dirección NO-SE (Fig. 1) y está compuesto por tonalitas y granodioritas. En su borde occidental intruye a rocas metamórficas del Complejo del Marañón y en el oriental, no se ha determinado el tipo de contacto con el Batolito de Paucartambo. Macroscópicamente este macizo corresponde a una roca de color gris con tonalidades verdosas, el grano es grueso, holocristalino e inequigranular, compuesto por cuarzo anhedral (> 30%), plagioclasas, biotitas y feldespatos potásicos (< 25%).

La muestra GR6-44-06, utilizada para la datación, es una granodiorita gruesa de hornblenda y biotita magmática, con algunos cristales levemente cloritizados. Además, presenta anfíbol alterado a titanita con magnetita y biotita secundaria, esta última de menor abundancia y tamaño que la biotita magmática. Esta muestra ha sido datada por $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ en biotita dando una edad plateau de 312.1 ± 1.6 Ma.

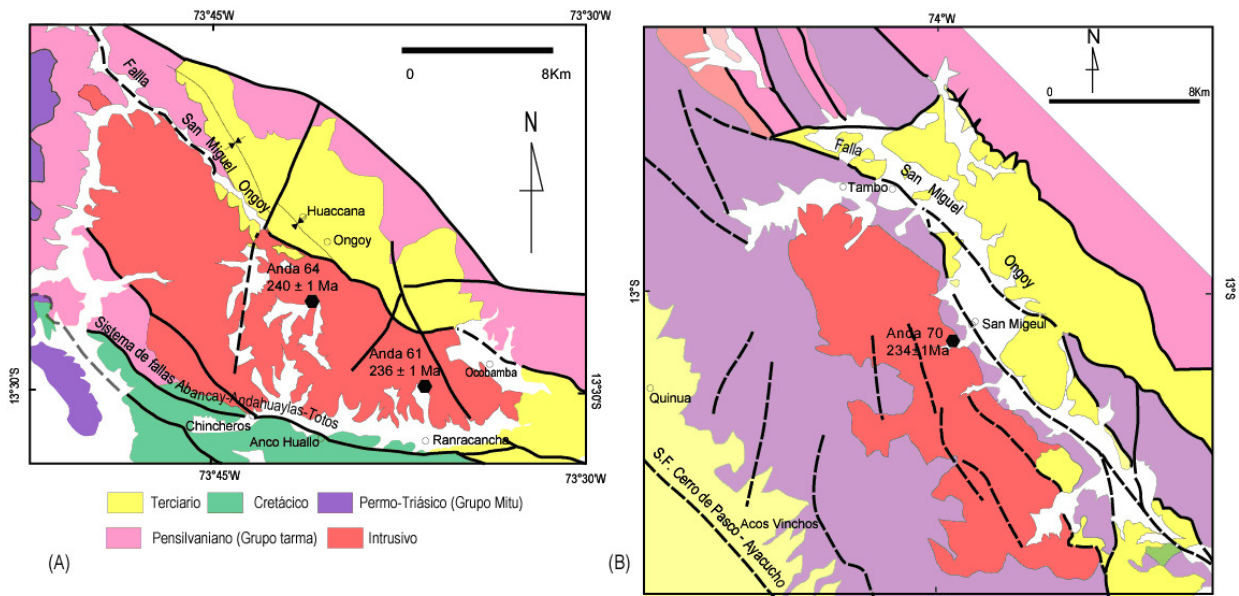


Figura 2. Mapa geológico y tectónico local (A) Macizo de Ongoy (B) Macizo de San Miguel. La leyenda corresponde para ambas figuras.

Macizo de Ongoy

El macizo de Ongoy se encuentra al este de Ayacucho (Fig. 1), en el borde suroeste de la Cordillera Oriental y muy cerca del sistema de fallas Abancay-Andahuaylas-Totos, de dirección E-O y buzamiento sur (Fig. 2A). Este sistema de fallas es el límite norte del basamento proterozoico de Arequipa y ha controlado la evolución de las cuencas y el magmatismo en el Permo-Triásico y también en el Mesozoico, en este caso separando las cuencas de Arequipa al sur, de la cuenca Pucará al norte (Carlotto et al., 2008). Localmente, el macizo de Ongoy es un cuerpo de 38 km de largo con ancho máximo de 10 km, su forma es alargada en la dirección NO-SE. Al borde oeste intruye a las lutitas y calizas del Grupo Tarma, mientras que, en el noreste está controlado por la falla San Miguel-Ongoy de dirección NO-SE y buzamiento al suroeste. Está falla, desde el Paleógeno se comportó como inversa y controló la evolución de la cuenca terciaria de San Miguel (Rodríguez et al., 2008). La mayor parte del macizo está compuesto por sienogranitos que pueden variar hasta monzonitas y en menor proporción se encuentran dioritas. Dos muestras fueron estudiadas por Marocco et al. (1996), una corresponde a un sienogranito y la otra a una diorita.

Los sienogranitos son de color gris con tono

rosado, textura fanerítica, y microscópicamente presenta una textura granular, hipidiomórfica con crecimiento peritítico entre feldespato potásico y plagioclasa. Los minerales esenciales son plagioclasa (20%), feldespato potásico (<41%) y cuarzo (30%); los accesorios, biotitas (2%) y los traza, sericita, limonita y apatito, entre otros. Las dioritas son de color gris oscuro, textura fanerítica, de grano medio; microscópicamente presenta una textura intergranular; los minerales esenciales son plagioclasa (64%), sericita (10%), anfíbol (10%), y los accesorios, opacos (5%), micas (<5%), clorita (3%), epidota (2%) y apatito (1%).

Dos muestras han sido datadas. La muestra Anda 61 es un pórfido monzogranítico con biotita y anfíbol de coloración verdosa con algunos relictos de piroxenos, presenta abundante titanita y zircones. Esta muestra ha sido datada por $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ en anfíbol dando una edad plateau de 235.5 ± 1.3 Ma. La muestra Anda 64 corresponde a un sienogranito de biotita con textura alotriomórfica gruesa y entrecrecimiento gráfico de cuarzo con ortoclasa. Presenta sobreposición de macla de microclina por efecto de deformación, además de inclusiones gruesas de magnetita y zircones. Esta muestra ha sido datada por $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ en biotita dando una edad plateau de 240.3 ± 1.2 Ma.

Macizo de San Miguel.

El macizo de San Miguel (Fig. 2B) está localizado al oeste del poblado homónimo. Es un cuerpo de dirección NO-SE de 24 x 8 km que se encuentra entre dos grandes estructuras: el sistema de fallas San Miguel-Ongoy de dirección NO-SE con buzamiento al suroeste, y más lejos el sistema de fallas Cerro de Pasco-Ayacucho. Intruye a rocas volcánicas atribuidas al Grupo Mitu que proporcionaron una edad K/Ar en roca total de 131 ± 5 Ma (Noble et al., 1978). La cartografía y el conocimiento de la geología regional pusieron en duda esta edad debido al reseteo térmico en el Cretácico inferior. En general el macizo de San Miguel es de color gris con tono rosado y textura fanerítica. Sin embargo, locamente se pueden observar zonas de intrusivos de grano fino y color rosado que aparentemente pueden conformar sienitas más jóvenes.

Dos muestras fueron estudiadas por Marocco et al. (1996). Una fue obtenida cerca de San Miguel, que tiene como minerales esenciales plagioclasa (23%), feldespato potásico (<44%) y cuarzo (20%), como accesorios la biotita (4%), hornblenda (4%), clorita (1%), arcillas (2%) y sericita (2%), y como traza esfena, apatito y zircón. La otra muestra obtenida al este de Chilcas presenta una textura granular hipidiomórfica, con crecimiento peritítico entre feldespato potásico y plagioclasas. La muestra Anda 70 es una granodiorita de hornblenda y biotita. La hornblenda es intersticial rodeando a núcleos de piroxenos y localmente entrecrecida con biotita secundaria, la cual es más fina que la biotita magmática. Esta muestra ha dado una edad $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ en biotita de 234.0 ± 1.2 Ma.

DATAACIONES RADIOMÉTRICAS

Se han recolectado cuatro muestras (Fig. 1): dos muestra del macizo de Ongoy (Anda 61 y Anda 64), una del macizo de San Miguel (Anda 70) y la última del macizo de Cayash (GR6-44-06). Las

cuatro dataciones radiométricas fueron realizadas en el SERNAGEOMIN-Chile por el método $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, tres dataciones en biotita y una en anfíbol (Tabla 1). Los resultados obtenidos en las muestras Anda 61, Anda 64 y Anda 70 son todos concordantes, ya que el resultado de la isócrona, no muestra exceso de Ar, y por lo tanto la edad de plateau es aceptable (Fig. 3A, B y C). En consecuencia la edad determinada para el macizo de San Miguel es de 234.0 ± 1.2 Ma y las edades para el macizo de Ongoy son entre 235.5 ± 1.3 y 240.3 ± 1.2 Ma. Es decir que corresponden al Triásico Medio.

Los resultados obtenidos en la muestra GR6-44-06 son todos concordantes y el resultado de la isócrona no puede asegurar la presencia o no de exceso de Ar. Todos los pasos tienen igual contenido de Ar radiogénico, lo que impide fijar la curva en el eje "y", aumentando el nivel de incertidumbre en el intercepto, pero la edad plateau se encuentra dentro del rango de aceptación (Fig. 3D), lo cual indica una edad de 312.1 ± 1.6 Ma y esta corresponde al Pensilvaniano temprano.

GEOQUÍMICA

En los macizos de Ongoy y Cayash, se han realizado análisis geoquímicos de elementos mayores y traza (Método ICM-90A), los cuales se realizaron en los laboratorios de SGS del Perú S.A.C (Tabla 2). Luego fueron comparados con los datos geoquímicos de los macizos de San Miguel y Ayacucho publicados por Miskovic & Schaltegger (2009).

En el perfil de los elementos traza normalizados al manto primitivo (Fig. 4A) se observa, para todas las rocas, la signatura clásica relacionada con subducción, con altas razones de LILE/HFSE. Sin embargo, como se verá más adelante, estas rocas tienen orígenes diferentes. Por otro lado, los elementos de tierras raras no muestran significativa fraccionación, sugiriendo así la ausencia de minerales residuales de alta presión en la fuente y que los magmas se

Tabla 1. Edades radiométricas obtenidas en la zona de estudio.

Muestra	Este	Norte	Macizo	Edad Plateau $\pm 2\sigma$	Edad Isócrona $\pm 1\sigma$	Material	Roca
ANDA-61	-73,600	-13,499	Ongoy	235.5 ± 1.3	235.7 ± 0.9	Anfíbol	Granodiorita
ANDA-64	-73,684	-13,437	Ongoy	240.3 ± 1.2	240.3 ± 0.6	Biotita	Granito
ANDA-70	-73,987	-13,024	San Miguel	234.0 ± 1.2	234.0 ± 0.6	Biotita	Granito
GR6-44-06	-75,836	-10,793	Cayash	312.1 ± 1.6	312.1 ± 2.2	Biotita	Granodiorita

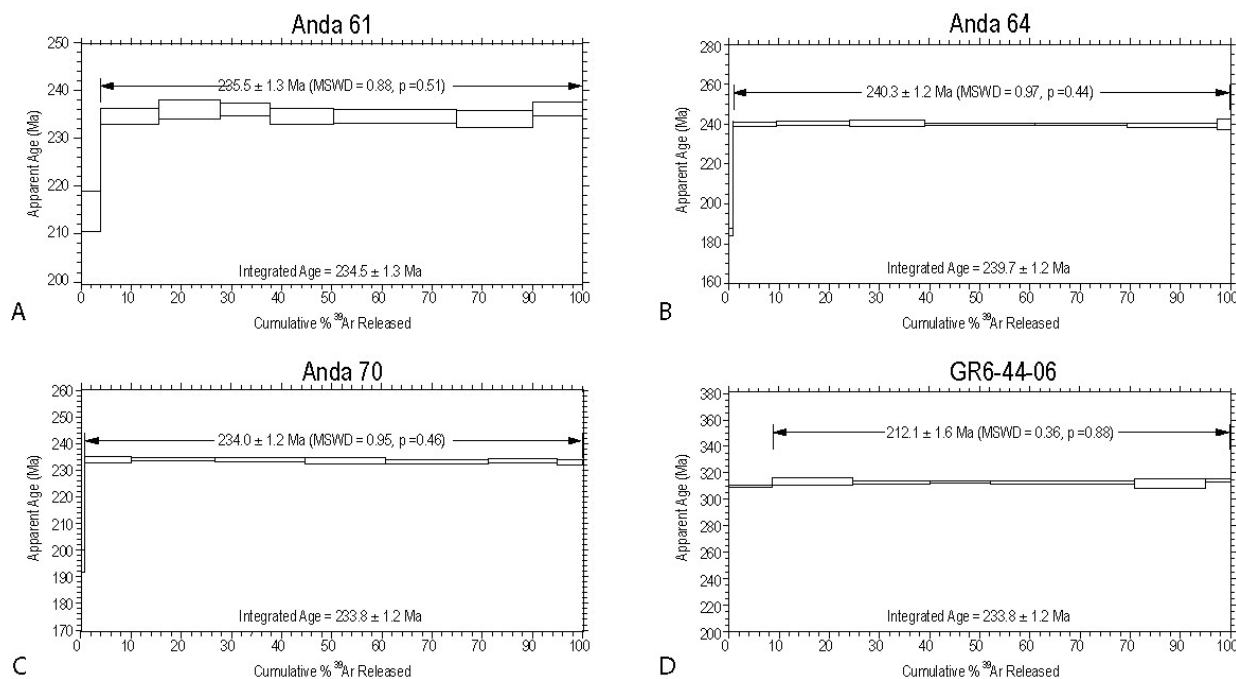


Figura 3. Edad plateau para las muestras analizadas en este estudio.

formaron en una corteza libre de granate (corteza <40 km de espesor). Las altas concentraciones de Th y U de las rocas graníticas del Triásico medio (Ongoy, Ayacucho y San Miguel) se deben a que estas rocas son más evolucionadas que las del Pensilvaniano (Cayash).

Según el diagrama de SiO₂ (wt%) vs Zr/TiO₂, el macizo de Cayash corresponde a monzogranitos y granodioritas, el macizo de Ongoy a granitos, monzogranitos y granodioritas, en el macizo de San Miguel las rocas van desde monzogranitos hasta granodioritas, y los de Ayacucho desde granitos a granodioritas (Fig. 4B). De acuerdo con las variaciones en el contenido de aluminio, en el diagrama de proporción molar de Al/(Na+K) vs Al/(Ca+Na+K) se observa que las rocas estudiadas tienen composición metalumínica (Fig. 4C). En consecuencia y de acuerdo al alto contenido de SiO₂ (wt%) y enriquecimiento de Fe, todos estos granitos son del tipo S.

Para determinar el ambiente tectónico, se ha usado el diagrama discriminador de Nb vs Y, donde el macizo de Cayash (Pensilvaniano) corresponde a granitos de arco volcánico. Sin embargo, los macizos de Ongoy, San Miguel y Ayacucho (Triásico medio) caen en el campo transicional entre granitos de dorsal

oceánica y granitos de intraplaca, lo cual indica granitos formados en rift continental (Fig. 5A).

En el diagrama discriminador de Rb vs Y+Nb, el macizo de Cayash cae dentro del grupo de granitos de arco volcánico y se acerca a la zona de transición entre los granitos de intraplaca. Por otro lado, los macizos de Ongoy, San Miguel y Ayacucho, aquí también caen en el campo de los granitos intraplaca (Fig. 5B).

CONCLUSIÓN

Las edades radiométricas muestran que los granitoides de la Cordillera Oriental abarcan edades desde el Carbonífero al Triásico. En efecto, la muestra GR6-44-06, perteneciente al macizo de Cayash, indica edades de 312.1±1.6 Ma datado en biotita por el método ⁴⁰Ar/³⁹Ar. Esta edad se correlaciona con la edad de 303.8±5.3 Ma datado en zircones por el método U/Pb (Miskovic et al., 2009). Ambas dataciones indican una edad Carbonífero superior (Pensilvaniano), es decir, equivalentes en edad al Grupo Tarma. La química del macizo de Cayash (Pensilvaniano) indica que estas rocas corresponden a granitos de arco volcánico cercano a la transición de asociaciones de granitos de ambiente de intraplaca (Fig. 5) que posiblemente se haya formado al inicio de una tectónica distensiva.

Tabla 2. Análisis geoquímico de las muestras usadas en este estudio

Muestra	ANDA61	ANDA64	ANDA61_	ANDA64_	GR6-44-06
Locación	Ongoy	Ongoy	Ongoy	Ongoy	Carbonifero
Tipo de roca	granodiorita	granito	granodiorita	granito	granodiorita
X	-73,600	-73,684	-73,600	-73,684	-75,8360724
Y	-13,499	-13,437	-13,499	-13,437	-10,7927705
SiO ₂	68,1	73,7			58
TiO ₂	0,3	0,2			0,98
Al ₂ O ₃	12,2	11,6			16,9
Fe ₂ O ₃	3,1	2,0			6,35
FeO					
MnO	0,1	0,0			0,08
MgO	0,4	0,2			2,5
CaO	0,9	0,6			6,23
Na ₂ O	4,5	3,8			3,4
K ₂ O	4,7	4,9			2,35
P ₂ O ₅	0,1	0,0			0,36
H ₂ O					
LOI	0,5	0,47			0,68
Total	94,3	96,9			97,2
Li				21	20
Sc			42,1	39,2	74
V	10		16	13	152
Co	5,5	2,5	3,7	5,9	19,6
Ni	9	6	15	7	18
Cr			178	192	89
Cu	22	19	9	6	24
Zn	174	24	170	29	40
Rb	286	261	238,5	231,3	94
Sr	40	40	48,4	37,9	609,4
Y	80,9	46,2	58,3	35,8	28,7
Nb	62	32	20	8	12
Zr	508	195	90,1	37,5	48,6
Mo	7	2	13	12	2
Cs	3,6	6,4	2,8	5,5	4
Ba	320	220	276	180	700
La	80,3	81,9	78,9	75,2	44,5
Ce	157	156	92,1	63,3	88,9
Pr	17	16,2	11,31	12,19	10,9
Nd	59,1	52,7	47,2	54,3	41,2
Sm	11,7	9	8,3	6,2	6,4
Eu	0,89	0,45	0,73	0,35	1,64
Gd	11,9	8,2	9,42	6,67	7,26
Tb	2,01	1,27	1,59	0,97	1,01
Dy	12,2	7,48	9,66	6,11	4,7
Ho	2,62	1,5	1,95	1,22	0,89
Er	7,79	4,45	5,98	3,83	2,63
Tm	1,26	0,7	0,89	0,57	0,39
Yb	8,2	4,6	6,1	4,3	2,4
Lu	1,19	0,67	0,9	0,52	0,33
Hf	14	6	8	4	10
Ta	4,7	2	97,6	1	
Th	35,2	29,8	10,4	16,1	9,7
U			8,46	4,58	1,84

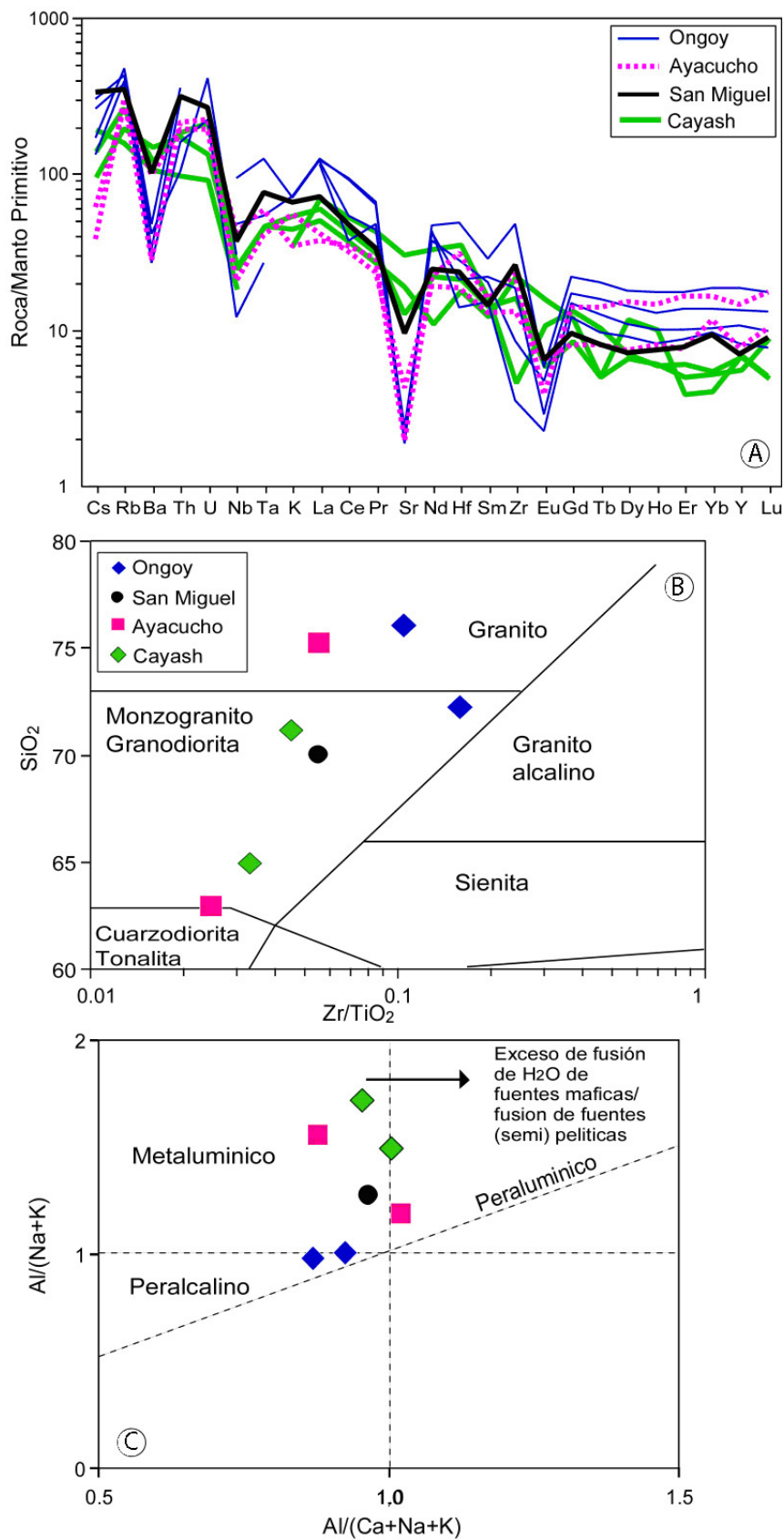


Figura 4. Composición química de los macizos graníticos de Ongoy, San Miguel y Ayacucho.

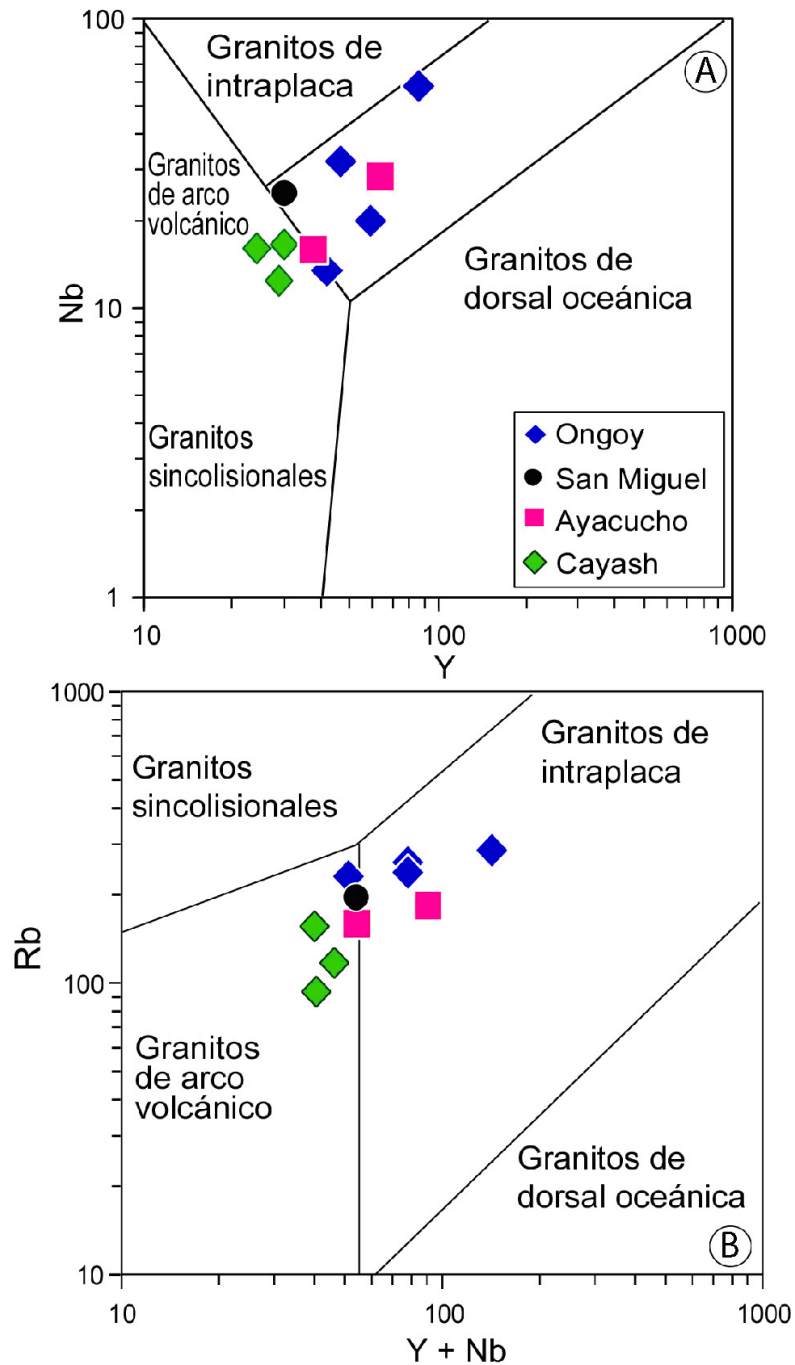


Figura 5. Diagramas discriminadores para el ambiente tectónico de los macizos de Ongoy, San Miguel, Ayacucho y Cayash.

Las nuevas dataciones por el método $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ del macizo de San Miguel en 234.0 ± 1.2 Ma realizada en anfíbol y del macizo de Ongoy en 235.5 ± 1.3 y 240.3 ± 1.2 Ma en biotita, se encuentran entre la época geológica del Anisiano superior al Ladiniano

inferior, es decir Triásico medio. La geoquímica de estos macizos indica que están asociados a granitos de intraplaca que se han formado en un rift continental.

AGRADECIMIENTOS

En primer término agradecemos al INGEMMET por la publicación, asimismo a todos los colegas de la institución que nos ayudaron a terminar el artículo.

REFERENCIAS

- Acosta, H., Valdivia, W., Chacaltana, C., Peña, D., Carlotto, V., Rodríguez, R. & Jaimes, F. (2008). Tectonoestratigrafía de la Cuenca Ene en su sector meridional: establecimiento de dominios y puesta en evidencia de altos estructurales. XIV Congreso Peruano de Geología, XIII Congreso Latinoamericano de Geología. Resúmenes. Lima: Sociedad Geológica del Perú 2008, 6 p.
- Cardona, A., Cordani, U., Ruiz, J., Valencia, V., Armstrong, R., Chew, D., Nutman, A. & Sánchez, A. (2009). U/Pb zircon geochronology and Nd isotopic signatures of the pre-Mesozoic metamorphic basement of the Eastern Peruvian Andes: growth and provenance of a Late Neoproterozoic to Carboniferous accretionary orogen on the northwest margin of Gondwana. *Journal of Geology*, 117, 285 - 305.
- Carlotto, V., Cárdenas, J. & Carlier, G. (2008). The lithosphere of Southern Peru: A result of the accretion of allochthonous blocks during the Mesoproterozoic. 7th International Symposium on Andean Geodynamics (ISAG 2008, Nice), Extended Abstracts: 105-108
- Dalmayrac, B., Laubacher, G. & Marocco, R. (1980). Géologie des Andes Peruviennes; caracteres generaux de l'évolution géologique des Andes Peruviennes. Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer. Paris 501 p. Travaux et Documents de l'ORSTOM, n. 122p.
- Marocco, R., Lipa, V. & Quispe, L. (1996). Geología del cuadrángulo de San Miguel (hoja: 27-o). INGEMMET. Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional, n. 83, 131 p.
- Mégard, F. (1973). Etude géologique d'une transversale des Andes au niveau du Pérou Central. These Docteur en Sciences Naturelles. Université des Sciences et Techniques du Languedoc. Académie de Montpellier, 263 p.
- Igualmente, agradecemos al Dr. Enrique Díaz-Martínez y al Ing. José Cárdenas por la revisión.
- Miskovic, A. & Schaltegger, U. (2009). Crustal growth along a non-collisional cratonic margin: A Lu-Hf isotopic survey of the Eastern Cordilleran granitoids of Peru. *Earth and Planetary Science Letters*, vol. 279, n. 3-4, pp. 303-315, March 2009
- Miskovic, A., Spikings, R., Chew, D., Košler, J., Ulianov, A. & Schaltegger, U. (2009). Tectonomagmatic evolution of Western Amazonia: Geochemical characterization and zircon U-Pb geochronologic constraints from the Peruvian Eastern Cordilleran granitoids. *GSA Bulletin*, September 2009, v. 121, no. 9-10, p. 1298-1324.
- Newell, N., Chronic, J. & Roberts, T. (1953). Upper Paleozoic of Peru. New York: Geological Society of América, Memoir, n. 58, 276 p.
- Noble, D., Silberman, M., Mégard, F. & Bowman, H. (1978). Comendite (peralkaline rhyolite) and basalt in the Mitu group, Perú: evidence for Permian-Triassic lithospheric extension in the central Andes. *United States Geological Survey, Journal of Research*, vol. 6, n. 4, pp. 453-457.
- Rodríguez, R., Carlotto, V. & Cárdenas, J. (2008). Los depósitos Cenozoicos de San Miguel-Ongoy, borde occidental de la Cordillera Oriental (Región de Ayacucho): implicancias geodinámicas. XIV Congreso Peruano de Geología, XIII Congreso Latinoamericano de Geología, Resúmenes. Lima: Sociedad Geológica del Perú, 5 p.
- Rodríguez, R. & Cueva, E. (en preparación). Evolución tectónica-sedimentaria y magmática del Permo-Triásico-Jurásico entre Satipo y Tingo María (informe de trabajos realizados el año 2009). INGEMMET. Resumen disponible en <http://www.ingemmet.gob.pe/form/plantilla01.aspx?opcion=451>.