



Boletín de la Sociedad Geológica del Perú

journal homepage: www.sgp.org.pe ISSN 0079-1091

Nuevas Edades ^{40}Ar - ^{39}Ar y K-Ar en el Sur del Perú

Thierry P.A. Sempere¹, Michel Fornari², Jorge Acosta³, Adán Pino⁴, Alexander Flores⁵,
Javier Jacay⁶, Conrado Bedoya⁷

¹ANDES C&P, Lima, Perú

²Laboratoire de géochronologie, UMR GéoAzur, Université de Nice – Sophia Antipolis, Nice, Francia

³Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET), Lima, Perú

⁴Anglo American Peru S.A., Lima, Perú

⁵WSP Peru S.A., Lima, Perú

⁶Escuela de Ingeniería Geológica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú

⁷Escuela de Ingeniería Geológica – Geotecnia, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna, Perú

⁴thierrysempere@icloud.com

RESUMEN

Damos a conocer edades inéditas obtenidas por los métodos ^{40}Ar - ^{39}Ar y K-Ar sobre rocas volcánicas y plutónicas del sur del Perú, y las comentamos brevemente.

Palabras claves: geocronología, ^{40}Ar - ^{39}Ar , K-Ar, sur del Perú.

ABSTRACT

We report and briefly comment unpublished ^{40}Ar - ^{39}Ar and K-Ar ages obtained on volcanic and plutonic rocks of southern Peru.

Palabras claves: geochronology, ^{40}Ar - ^{39}Ar , K-Ar, southern Peru.

INTRODUCCIÓN

La gran mayoría de los yacimientos metálicos primarios del Perú se formaron en relación con el funcionamiento del arco magmático desde ~350 Ma. Conocer con buena precisión la cronología

de este funcionamiento tiene por lo tanto muchísima importancia para la exploración minera. La geocronología, que se ha vuelto una herramienta fundamental de la geología en el siglo 21, es entonces altamente necesaria para entender en detalle la evolución y las migraciones del arco. En este trabajo damos a conocer unas 35 edades obtenidas por el método ^{40}Ar - ^{39}Ar , y otras 8 por el método K-Ar, que conciernen a diversas rocas y unidades del sur del Perú, edades que hasta la fecha no habían sido publicadas.

RESULTADOS Y COMENTARIOS

Las edades obtenidas están listadas en las tablas 1 (^{40}Ar - ^{39}Ar) y 2 (K-Ar). Debido a las limitaciones de tamaño impuestas a los trabajos presentados a este congreso, comentamos sólo lo más relevante.

IGNIMBRITAS CENOZOICAS

Evento ~1.8 Ma (Caravelí). La ignimbrita tradicionalmente llamada “V3” cubre el fondo del valle de Caravelí y arrojó una edad de 1.82 ± 0.12

Ma. Fue probablemente emitida por el volcán Coropuna.

Evento ~2.8 Ma (Tacna). La ignimbrita Pachía definida en la región de Tacna (Flores et al., 2002, 2004) arrojó una edad de 2.78 ± 0.06 Ma, compatible con las edades conocidas en Bolivia y Chile sobre sus equivalentes respectivos Pérez y Lauca.

Evento ~4.9 Ma. Esta ignimbrita ahora ampliamente reconocida entre los ríos Majes y Moquegua es aquí datada en dos puntos más: Condorama y la quebrada Guaneros.

Evento ~5.7 Ma. Este evento recién se reconoce en este trabajo, en base a 6 dataciones ^{40}Ar - ^{39}Ar realizadas sobre biotitas.

Tres de éstas fueron obtenidas en 3 puntos distintos (Tolapalca; quebrada Guaneros; Yerbabuena, en la costa entre Mejía e Ilo), mientras las otras 3 corresponden a biotitas retrabajadas por la gran ignimbrita de ~4.9 Ma, la cual muy probablemente barrió extensas superficies donde la ignimbrita de ~5.7 Ma estaba expuesta, pues ésta se había depositado sólo ~0.8 My antes.

sample #	latitude S	longitude W	Ar-Ar on	age (Ma)	rock	description, unit, etc.
021025-7	15.882369	73.498932	san	1.82 ± 0.12	ignimbrite	"V3" ignimbrite, Caravelí
020719-PA	17.989376	70.214422	san	2.78 ± 0.06	ignimbrite	Pachía ignimbrite, Tacna (Pocollay)
011017-4	16.347009	69.274846	wr	4.61 ± 0.05	mafic lava	mafic flow, south of Pomala
011106-1	17.265077	71.136831	san	4.91 ± 0.03	ignimbrite	uppermost "ash-fall", "Moquegua D" unit west of Moquegua
981019-2	15.383104	71.287161	bt	4.92 ± 0.16	ignimbrite	Condorama
981009-2	16.047151	70.703496	bt	5.56 ± 0.21	ignimbrite	Tolapalca
011106-1	17.265077	71.136831	bt	5.65 ± 0.18	ignimbrite	uppermost "ash-fall", "Moquegua D" unit west of Moquegua; reworked bt
011106-4	16.4572	71.9546	bt	5.68 ± 0.14	ignimbrite	uppermost "Moquegua D" unit west of Vitor; reworked bt in ~4.9 Ma ignimbrite
011106-1	17.265077	71.136831	bt	5.68 ± 0.25	ignimbrite	uppermost "ash-fall", "Moquegua D" unit west of Moquegua; reworked bt
011106-2	17.267618	71.133854	bt	5.70 ± 0.26	tuff	lower ash-fall, "Moquegua D" unit west of Moquegua
030227-C	17.279096	71.456544	bt	5.9 ± 0.8	tuff	Yerbabuena, along coast north of Ilo
011018-7	16.272547	69.528420	wr	6.3 ± 0.1	mafic lava	mafic lava south of Lake Titicaca
011017-3	16.500486	69.284104	wr	8.26 ± 0.07	mafic lava	unconformable mafic lava on top of hill near Yorohoco / Huacullani / Ancolaya
011017-2	16.611151	69.349603	san	10.03 ± 0.04	ignimbrite	Sacuyo ignimbrite near Huacullani
011017-2	16.611151	69.349603	bt	10.24 ± 0.07	ignimbrite	Sacuyo ignimbrite near Huacullani
011018-4	16.138475	69.892106	bt	10.30 ± 0.10	ignimbrite	Sacuyo ignimbrite near Sacuyo
011018-1	16.191763	69.809640	san	12.72 ± 0.05	dacite	felsic sub-volcanic intrusion
011107-2	16.291886	71.474373	bt	13.07 ± 0.08	ignimbrite	rio Chili
011019-10	16.425608	70.333152	bt	15.13 ± 0.53	ignimbrite	ignimbrite in green stratigraphic unit, Huacochullo basin
011019-11	16.564813	70.367551	bt	18.79 ± 0.12	ignimbrite	ignimbrite in green stratigraphic unit, Huacochullo basin
980429-3	15.400784	72.183377	bt	20.57 ± 0.08	ignimbrite	pyroclastic unit, Shila area (Pillune)
CAM12	16.495402	72.933701	bt	20.58 ± 0.08	tuff	base of "Camaná B" unit, Chila
CAM12	16.495402	72.933701	bt	21.06 ± 0.10	tuff	base of "Camaná B" unit, Chila
CAM12	16.495402	72.933701	bt	21.43 ± 0.19	tuff	base of "Camaná B" unit, Chila
011019-3	16.182989	70.094115	wr	22.8 ± 0.6	mafic lava	Tacaza Gp, south of Laraquerí
011105-3	16.975270	70.851020	bt	23.71 ± 0.13	ignimbrite	"highly fluidal rhyolite" with pumice and fiamme, Huayillas (s.s.) unit between Otoro and Jahuay
011105-4	16.982298	70.865070	bt	26.01 ± 0.55	ignimbrite	Huayillas (s.s.) unit, between Otoro and Jahuay
011019-4	16.193056	70.115273	wr	26.59 ± 0.14	mafic lava	Tacaza Gp: aphanitic lava, south of Laraquerí
011019-6	16.305553	70.216754	wr	27.0 ± 0.7	mafic lava	Tacaza Gp: basalt flow in Huacochullo basin
011018-3	16.178053	69.830416	wr	28.39 ± 0.72	mafic lava	Tacaza Gp: px-bearing basalt flow
T01-1C	17.682192	70.088118	mu	61.4 ± 0.3	muscovite in veinlet	muscovite from veinlet in fractured Late Triassic rhyolites, Huacano
030728-T	17.073529	70.890540	bt	~72	ignimbrite	ignimbrite Toquepala Gp
021129-D †	16.710	70.781	hb	90.8 ± 1.2	porphyric andesite	dyke, with large amphibole phenocrysts within an epidotized groundmass
011021	17.872303	71.075879	bt	154.0 ± 0.4	diorite	plagioclase-rich diorite, Ilo batholith
T01-2	17.612980	70.058797	mu	212.9 ± 0.5	2-mica leucogranite	2-mica leucogranite, Mal Paso

Tabla 1. Edades ^{40}Ar - ^{39}Ar . Todas las muestras fueron datadas en el laboratorio de geocronología de la Universidad de Nice-Sophia Antipolis (Francia), salvo la marcada por †, que lo fue en el laboratorio de geocronología del SerNaGeoMin (Santiago de Chile).

Abreviaturas: bt = biotita, hb = anfíbol, mu = muscovita, san = sanidina; wr = roca total.

Evento Sacuyo. Esta ignimbrita ha sido datada en dos localidades, cercanas a Huacullani y Sacuyo respectivamente. La edad más precisa es aparentemente la obtenida sobre sanidina (10.03 ± 0.04 Ma), pero las edades sobre biotitas (10.24 ± 0.07 Ma en la misma muestra; 10.30 ± 0.10 Ma en otra) no coinciden bien con ella. Es muy posible que por su edad este evento volcánico Sacuyo, del Altiplano peruano, sea idéntico a la “toba Ulloma” del Altiplano boliviano.

Época Huaylillas s.s. Las edades obtenidas van desde 26.01 ± 0.55 Ma hasta 18.79 ± 0.12 Ma. La primera es la más antigua obtenida hasta la fecha sobre una ignimbrita potente de esta época en el sur del Perú. La segunda coincide con el gran evento piroclástico detectado anteriormente por Boudesseul et al. (2000) en ~ 18.8 Ma.

Cinerita de Chira-Camaná. Esta cinerita se ubica en la misma base de la unidad “Camaná B” (sensu Sempere et al., 2004) en Chira, y unos metros encima de ella en la carretera Panamericana ~ 5 km al norte del peaje de Cerrillos (área de Camaná). Tres biotitas extraídas de la cinerita aflorante en Chira proporcionaron 3 edades ^{40}Ar - ^{39}Ar que son cercanas pero no coinciden perfectamente (Tabla 1).

Su promedio estadístico ponderado resulta en una edad de 20.83 ± 0.06 Ma, es decir 20.8 ± 0.1 Ma. Si en cambio se considera la edad más joven como la de referencia, y las dos otras como de biotitas retrabajadas, la edad preferida se vuelve 20.6 ± 0.1 Ma. Las dos opciones resultan sin embargo muy cercanas, y hacen que esta cinerita fue de todas formas depositada durante la época Huaylillas.

sample #	latitude S	longitude W	K-Ar on	age (Ma)	rock	description, unit, etc.
990514-1 †	15.607862	71.655953	bt	16.6 ± 0.7	sub-volcanic intrusion	Chivay
Y-9-JU-1 †	14.828343	70.98565	bt	24.0 ± 0.8	basanite	Tacaza Gp, west of Macari
Tina-7 †	15.100242	69.984489	bt	25.7 ± 0.9	diorite	Chupa intrusion
99[0]612-4 †	15.110665	70.901197	wr	27.7 ± 1.0	basaltic andesite	Tacaza Gp, Ocuvi
Y-8-AG-2 †	14.784709	71.135975	bt	28.9 ± 0.8	trachyandesite	El Prado dome
Y-8-AG-3 †	14.784709	71.135975	bt	30.5 ± 1.6	trachydacite	El Prado dome
021124 †	17.768989	69.937856	wr	49.7 ± 1.6	rhyodacite	sill, Causuri
020529 †	16.776463	70.958887	wr	61 ± 2	dacite	sill, río Tambo valley

Tabla 2. Edades K-Ar. Todas estas muestras (marcadas por †) fueron datadas en el laboratorio de geocronología del SerNaGeoMin (Santiago de Chile). Las abreviaturas son las mismas que en la Tabla 1.

LAVAS MÁFICAS

Grupo Tacaza. Las edades obtenidas van desde 28.39 ± 0.72 Ma hasta 22.8 ± 0.6 Ma (roca total, tanto ^{40}Ar - ^{39}Ar como K-Ar), confirmando el período definido anteriormente por Sandeman et al. (1995) y Fornari et al. (2002). En conjunto, estas dataciones demuestran que las lavas máficas del Grupo Tacaza fueron en parte coetáneas de las ignimbritas más antiguas de la época Huaylillas s.s. Mioceno superior a Plioceno inferior. Lavas máficas de la zona ubicada al sur del Lago Titicaca proporcionaron tres edades, de 8.3, 6.3, y 4.6 Ma (Tabla 1), ilustrando la permanencia de un magmatismo máfico, localmente abundante, durante el Mioceno superior y Plioceno inferior (Kaneoka & Guevara, 1984).

ÉPOCA TOQUEPALA

La parte superior del Grupo Toquepala (“época Toquepala superior”) se caracteriza por la inter-

calación frecuente de ignimbritas a menudo espesas.

Una ignimbrita muestreada 5 km al oeste de Torata (Moquegua) dio una edad de ~ 72 Ma, que, pese a ser imprecisa, está en buen acuerdo con los datos geocronológicos publicados (Martínez & Cervantes, 2003) e inéditos (U-Pb en zircón; Sempere et al., en prep.) referentes a esta época “Toquepala superior” en el área y la región (~ 74 – 61 Ma).

Sill de dacita, río Tambo (Moquegua). Esta dacita de textura porfírica muestra plagioclasa y biotita parcialmente alteradas. El fondo es felsosfírico grueso y consiste de feldespato potásico y escaso cuarzo. La edad de 61 ± 2 Ma (K-Ar en roca total) sugiere una intrusión durante la parte final de la época Toquepala superior.

Sill de riodacita, Causuri (Tacna). La roca es una lava mayormente afanítica, con algunos fragmentos líticos y de plagioclasas reemplazados por

feldespato potásico. Los cristales de cuarzo muestran bordes con golfos de corrosión. La notable feldespatización potásica hace que la edad de 49.7 ± 1.6 Ma (K-Ar en roca total) representa la del final de la alteración, siendo difícilmente interpretable en detalle. Sin embargo, queda muy probable que esta lava félsica fue intruida como sill durante la época Toquepala superior.

Zona de falla de Huacano (Tacna). Esta zona de falla se caracteriza por la fracturación pervasiva de riolitas potentes de edad Triásico superior (Boekhout et al., 2013). Se extrajo muscovita de una venilla hidrotermal de espesor milimétrico, en una muestra de riolita fracturada. Su datación dio una edad de 61.4 ± 0.3 Ma, que coincide con el final de la época Toquepala superior. El significado y las consecuencias de esta edad se discutirán en una próxima publicación.

INTRUSIONES ANTE-CRETÁICAS

Batolito de Ilo. Una diorita del batolito jurásico de Ilo (~ 165 Ma; Boekhout et al., 2012), ubicada en la costa al oeste de Ite, arrojó una edad de 154.0 ± 0.4 Ma en biotita. Considerando la edad de 162.7 ± 0.9 Ma (U-Pb en zircón) obtenida en la misma unidad sólo 2.7 km más al ESE (Boekhout et al., 2012), se deduce que la tasa de enfriamiento de ésta fue relativamente lenta, de ~ 80 °C/My (~ 700 °C en 8.7 ± 1.3 My), sugiriendo un nivel de intrusión relativamente profundo.

Plutón de Mal Paso (Tacna). Se trata de un granito leucocrata de dos micas que intruye un basamento metamórfico no datado. Se obtuvo en muscovita una edad precisa de 212.9 ± 0.5 Ma. Este plutón también arrojó una edad U-Pb en zircón de 220.7 ± 1.6 Ma (Boekhout et al., 2013), lo que permite calcular una tasa de enfriamiento de ~ 83 °C/My (~ 650 °C en 7.8 ± 2.1 My), relativamente lenta. Se trata del primer plutón triásico comprobado en el extremo sur del Perú.

AGRADECIMIENTOS

Gran parte de los resultados expuestos en este trabajo son consecuencias de las actividades de investigación llevadas a cabo durante la vigencia del convenio IRD-UNJBG entre los años 2000 y 2004. Se extiende un agradecimiento especial y caluroso a nuestro gran amigo José Berrospi.

REFERENCIAS

Boekhout, F., Spikings, R., Sempere, T., Chi-

aradia, M., Ulianov, A., Schaltegger, U. 2012. Mesozoic arc magmatism along the southern Peruvian margin during Gondwana breakup and dispersal. *Lithos*, v. 146, p. 48–64.

Boekhout, F., Sempere, T., Spikings, R., Schaltegger, U. 2013. Late Paleozoic to Jurassic chronostratigraphy of coastal southern Peru: Temporal evolution of sedimentation along an active margin. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 47, p. 179–200.

Boudesseul, N., Fornari, M., Sempere, T., Carlier, G., Mamani, M., Ibarra, I., Meza, P., & Cerpa, L. 2000. Un importante evento volcánico de edad Mioceno inferior en la zona de Descanso - Ayaviri - Condorama - Santa Lucía (Dptos. de Cusco, Puno y Arequipa). *Proceedings, X Congreso Peruano de Geología, Lima, 8 (abs.) and CD-ROM file GR6A (9 p.)*.

Flores, A., Jacay, J., Roperch, P., Sempere, T. 2002. Un evento volcánico de edad Plioceno superior en la región de Tacna: la ignimbrita Pachía. *Proceedings, XI Congreso Peruano de Geología, Lima, CD-ROM file ALEXAN~1.DOC, 10 p.*

Flores, A., Sempere, T., Fornari, M. 2004. Síntesis actualizada de la estratigrafía del Cenozoico en el extremo sur del Perú. *Extended abstract, XII Congreso Peruano de Geología, Lima, p. 444-447.*

Fornari, M., Mamani, M., Ibarra, I., Carlier, G. 2002. Datación del período volcánico “Tacaza” en el Altiplano de Perú y Bolivia. *Abstract, XI Congreso Peruano de Geología, Lima.*

Kaneoka, I., Guevara, C. 1984. K-Ar age determinations of late Tertiary and Quaternary Andean volcanic rocks, southern Peru. *Geochemical Journal*, v. 18, p. 233–239.

Martínez, W., Cervantes, J. 2003. Rocas ígneas en el sur del Perú: Nuevos datos geocronométricos, geoquímicos y estructurales entre los paralelos 16° y $18^\circ 30' S$. *Lima, Boletín del Instituto de Geología, Minería y Metalurgia (INGEMMET), serie D, v. 26, 140 p.*

Sandeman, H.A., Clark, A.H., Farrar, E. 1995. An integrated tectono-magmatic model for the evolution of the southern Peruvian Andes (13° - $20^\circ S$) since 55 Ma. *International Geology Review*, v. 37, p. 1039–1073.

Sempere, T., Fornari, M., Acosta, J., Flores, A.,

Jacay, J., Peña, D., Roperch, P., Taipe, E. 2004. Estratigrafía, geocronología, paleogeografía y paleotectónica de los depósitos de antearco del sur del Perú. Extended abstract, XII Congreso Peruano de Geología, Lima, p. 533-536.