

VARIACIONES GEOQUIMICAS Y CLASIFICACIÓN POR ARCOS MAGMATICOS DE LAS ROCAS VOLCANICAS DEL “GRUPO CALIPUY”: CAJAMARCA, LA LIBERTAD Y ANCASH

Lisenia Chavez, Mirian Mamani, Pedro Navarro, Raquel Martiarena, Flor Rodriguez

INGEMMET, Av. Canadá 1470, San Borja, Lima, Perú. Ichavez@ingemmet.gob.pe

INTRODUCCION

A lo largo de la Cordillera Occidental de los Andes del norte del Perú, en parte de los departamentos de Cajamarca, La Libertad y Ancash, aflora una gruesa y extensa secuencia de rocas volcánicas denominadas como “Grupo Calipuy” y emplazadas entre el Eoceno al Mioceno (Cossío, 1964; Wilson, 1975; Farrar & Noble, 1976). Las ocurrencias metálicas de Au, Au-Ag y Cu-Au del Mioceno están relacionados a este vulcanismo (Rosenbaum et al., 2005). Actualmente mediante el trabajo realizado por el proyecto de investigación GR-4: “Geología de las rocas volcánicas de la Cordillera Occidental del norte del Perú”, desarrollado por la Dirección de Geología Regional del INGEMMET, se han reconocido y cartografiado 35 centros volcánicos, de los cuales se han recolectado 224 muestras entre lavas e ignimbritas, así como 100 muestras de rocas intrusivas. Todas ellas han sido sometidas a análisis químicos que proviene de datos del proyecto y de la recopilación bibliográfica. La estratigrafía volcánica está dividida en secuencias de flujos piroclásticos (riolíticos, dacíticos) y lavas, con edades que fluctúan entre los 55 y 3 Ma. Las rocas intrusivas tienen edades de 75 a 18 Ma. El presente trabajo tiene como objetivo proponer una evolución espacial y temporal más detallada de las rocas volcánicas del Grupo Calipuy en base al cartografiado de los centros volcánicos, a los datos de geocronología y a las interpretaciones geoquímicas de elementos mayores y elementos traza. Este estudio permitirá clasificar a los complejos volcánicos por arcos magmáticos y así entender mejor la relación entre las ocurrencias metálicas del Mioceno y las rocas de los diferentes arcos magmáticos en el norte de Perú. Las referencias citadas que faltan en este resumen se halla en el weblink del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET)/Dirección de Geología Regional/Geocronología.

CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

La geología regional comprendida en el área del proyecto está constituida por un conjunto de rocas sedimentarias, volcano-sedimentarias e intrusivas; sobre las cuales se han emplazado en discordancia angular los productos del vulcanismo Cenozoico. Las unidades sedimentarias afloran principalmente al este y al noreste de la zona de estudio y corresponden a unidades clásticas, silicoclásticas-carbonatadas y clásticos calcáreos conocidos como Grupo Chicama (Jacay, 1992), Grupo Goyllarisquizga, Formaciones Inca, Chúlec y Pariatambo (Jurásico superior-Cretáceo inferior), respectivamente. Hacia el oeste y suroeste, se tienen intercalaciones de depósitos volcánicos y volcano-sedimentarios que conforman el Grupo Casma del Albiano (Petford & Atherton, 1995). En la zona central del área del proyecto se reconocen depósitos silicoclásticos y conglomerádicos de coloración rojo violácea, conocidos como Formación Tablachaca (Cerpa et al., 2008) o Formación Huaylas (Cossío, 1964). Para el estudio de las rocas intrusiva y volcánicas estamos considerando la nomenclatura de arcos volcánico-magmáticos (Mamani et al., 2010, este congreso).

VOLCANISMO, MAGMATISMO Y GEOCRONOLOGÍA

A continuación se describen los centros volcánicos según el arco magmático correspondiente (Fig. 1).

Arco magmático Tantará: 55 - 75 Ma (Cretácico superior-Paleoceno)

Está compuesto solo por rocas intrusivas de composición tonalitas, granodioritas y granitos, generados por eventos magmáticos ocurridos entre 75 y 55 Ma (Vidal, 1980; Cobbing, 2000).

Arco magmático Llama: 42 - 55 Ma (Eoceno inferior)

Existe solo muestras de un centro volcánico conocido como Talambo y cuerpos intrusivos que forman parte del arco magmático Llama. Aflora al oeste del área de estudio, es la más antigua manifestación volcánica,

están conformadas por flujos de lavas andesitas basálticas, se intercalan con depósitos de flujos piroclásticos riolíticos.

Arco magmático Pativilca: 30 - 42 Ma (Eoceno superior-Oligoceno inferior)

Está conformado por once centros volcánicos principales, siendo los siguientes: Yatahual, Santa Clara, Pucacoto, Chilete-Ayambra, San Lorenzo, Niepos 1, Tablachaca, Pachachaca, Niepos 2, Caldera Carabamba y Paccha. En este periodo se emplazo las secuencias volcano-sedimentarias Tablachaca y también se encuentra la Caldera más antigua que debe su origen a erupciones explosivas de gran magnitud. La Secuencia Tablachaca reporta una edad de 35.2 ± 0.4 Ma (Rivera et al., 2005), secuencia Chilete-Ayambra reporta una edad de 33.3 ± 0.8 Ma (Navarro, preparación), el volcán Paccha reporta una edad de 30.2 ± 1.2 Ma (Navarro, 2010).

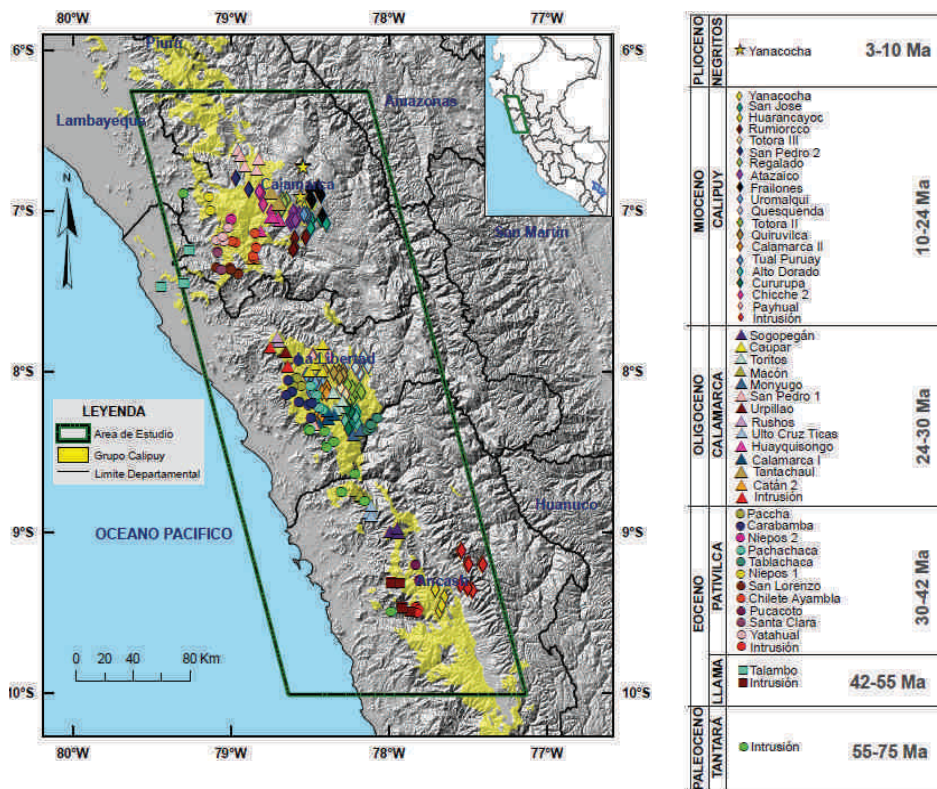


Figura 1. Mapa de ubicación y localización de los diferentes centros volcánicos del "Grupo Calipuy". La leyenda muestra la nueva clasificación de los Centros volcánicos según arcos magmáticos aquí propuestos. En la leyenda, los centros volcánicos resaltados con fondo gris representan los complejos volcánicos reactivados durante la evolución de los arcos magmáticos.

Arco magmático Calamarca: 24 – 30 Ma (Oligoceno)

El conjunto de centros volcánicos importantes que comprenden al arco magmático Calamarca consisten de trece centros volcánicos y son los siguientes: Catán 2, Tantachaul, Calamarca I, Huayquisongo, Ulto Cruz-Ticas, Rushos, Urpillao, San Pedro 1, Monyugo, Macón, Toritos, Caúpar, Sogopégán. Para este arco magmático, los depósitos en su mayoría son flujos de lavas andesíticas porfirítica y afírica, gris verdoso a gris oscuro. Se intercalan con depósitos de flujos piroclásticos de cenizas; probablemente en la etapa final existe una emisión de flujos lávicos andesíticos afírica, gris verdosa. El volcán Rushos reporta una edad de 24.81 ± 0.18 Ma (Navarro & Mamani, 2009), Payhual reporta una edad de 24.6 ± 1.1 Ma (Navarro & Mamani, 2009) y una muestra de lava del volcán Cururupa reportan una edad de 23.7 ± 0.3 Ma (Rivera et al., 2005).

Arco magmático Calipuy: 10 – 24 Ma (Mioceno)

Se encuentra comprendido por diecinueve centros volcánicos importantes y son los siguientes: Payhual, Chicche 2, Cururupa, Alto Dorado, Tual Puruay, Calamarca II, Quiruvilca, Totorá II, Quesquenda, Uromalqui, Frailones, Atazaico, Regalado, San Pedro 2, Totorá III, Rumioccco, Huarancayoc, San José, Yanacocha. Las primeras manifestaciones volcánicas ocurren con una emisión de flujos de lava de composición andesítica y andesitas basálticas, que generalmente se encuentran cerca a los centros de emisión en forma de capas con buzamiento muy suave; a su vez se encuentran intercalados con diferentes flujos

piroclásticos de cenizas de composición dacítica y riolítica. El volcán Payhual reporta una edad de 24.6 ± 1.1 Ma (Navarro & Mamani, 2009), el volcán Quiruvilca reportan una edad de 24.2 ± 0.7 Ma (Rivera et al., 2006), el volcán Alto Dorado reportan una edad de 23.47 ± 0.3 Ma (Rivera et al., 2005) el volcán Quesquenda reportan una edad de 19.5 ± 0.5 Ma (Rivera et al., 2005), el volcán Totorá II reportan una edad de 18.7 ± 0.4 Ma (Rivera et al., 2005).

Arco magmático Negritos: 3 – 10 Ma (Mioceno superior - Plioceno)

Existen muestras de rocas tomadas del cuarto evento eruptivo del complejo volcánico Yanacocha. Este evento está constituido de depósitos de flujos piroclásticos de cenizas, dacitas gris claras, textura afírica. Longo et al. (2005) y reportaron una edad de 8.43 ± 0.04 Ma.

GEOQUÍMICA

Las rocas volcánicas de los complejos y centros volcánicos tienen un rango de composición desde basalto andesitas/andesitas a riolitas. Las rocas intrusivas tienen un rango de composición desde gabros a granitos. Estas rocas corresponden a la serie magmática subalcalina (Fig. 2A y 2B). A excepción de algunas muestras que caen en el campo de rocas alcalinas según las razones de Nb/Y (Fig. 2B). Aquí no tocamos el tema de las rocas alcalinas del arco magmático de Calipuy, pero los estudios sobre este tipo de rocas están en marcha y serán publicados posteriormente.

La razón de Sr/Y sirve para diferenciar las rocas con firmas de “adakita” (Defant & Drummond, 1990). En la figura 2C se muestra la variación de Sr/Y de norte a sur: las rocas ígneas antiguas como las de Tantara (75-55 Ma), Llama (55-42 Ma), Pativilca (42-30 Ma) tienen las razones más bajas. Las rocas de Calamarca (30-24 Ma) muestran un incremento ligero en sus razones de Sr/Y, pero el mayor incremento se observa en las rocas del arco de Calipuy (24-10 Ma) y Negritos (10-3 Ma). Para el caso de las rocas del arco magmático de Calipuy se observa variaciones espaciales y es que las rocas que afloran en Cajamarca se distinguen de las rocas que afloran en la Libertad y Ancash (Fig. 2C). Este incremento en las razones de Sr/Y, Sm/Yb y La/Yb sugiere fraccionación de los minerales residuales como clinopiroxeno y anfíbol (conocidas como rocas con firmas de “adakitas”, Fig. 2F).

Según las razones de Sm/Yb y Sr/Y, la fraccionación de clinopiroxeno se da en las rocas del arco magmático de Tantara (75-55 Ma) y Llama (55-42 Ma). La fraccionación de anfíbol se da en los magmas de Pativilca (42-30), Calamarca (30-24 Ma), Calipuy (24-10 Ma) y Negritos (10-3 Ma). La fraccionación de granate se da en aquellas muestras que tienen altas razones de Sm/Yb (>6) y esas ocurren en pocas muestras del Calipuy (Fig. 2F).

Las rocas de los diferentes eventos de los volcanes y complejos volcánicos del arco magmático de Calipuy tienen edades que varían desde el Eoceno al Mioceno y un rango amplio de variación geoquímica, principalmente en la zona de Cajamarca (por ejemplo Yanacocha) y la Libertad (por ejemplo Calamarca, Payhual-Caupar, San Pedro) lo cual es una evidencia para la evolución de cámaras magmáticas reactivadas. Estos cambios en la geoquímica se pueden explicar por procesos de asimilación a diferentes profundidades, cristalización fraccionada y por mezcla entre magmas. Por otro lado, la fusión parcial de una corteza inferior granate anfíbolita (Fig. 2F) parece que ocurre cuando el fundido deriva del manto y la contaminación cortical fue menor para los magmas de los arcos magmáticos de Tantara, Llama y Pativilca y se incrementa para los magmas de los arcos magmáticos de Calamarca, Calipuy y Negritos. Como consecuencia se tiene que la firma de anfíbol para la mayoría de los magmas de arco magmático de Calipuy, quizás derivan de los fundidos de la corteza inferior de composición granate anfíbolita. Lo que confirma que la corteza en esta parte de Perú es distinta a la del sur (sur de 16° S), ya que según el cálculo de balance de masas de fusión parcial realizado por Mamani et al. (2010) los magmas del sur fusionaron una corteza de composición anfíbolita-eclogita (Fig. 6).

CONCLUSIONES

Las mayores variaciones geoquímicas se observan en las rocas del arco magmático de Calipuy, quizás esto se debió al incremento del espesor de la corteza en el Mioceno. Esto indujo a que los magmas demoraran en su ascenso y fueron forzados a formar cámaras magmáticas intermedias entre la corteza inferior y superior.

Para soportar esta hipótesis, el cambio de transición a rocas con firmas de “adakita” solo se tiene en las rocas con edades entre 24 y 10 Ma, durante ese tiempo se tiene la mayor producción de depósitos de piroclastos en respuesta a la maduración termal de la corteza debido al engrosamiento cortical y al incremento en la velocidad de convergencia de la subducción. Estos magmas según sus características geoquímicas estarían marcados también por su relación con las ocurrencias metálicas de Au, Au-Ag, Cu-Au-Mo, por lo tanto los yacimientos durante el desarrollo del arco magmático de Calipuy estarían ligados al engrosamiento cortical en el norte de Perú.

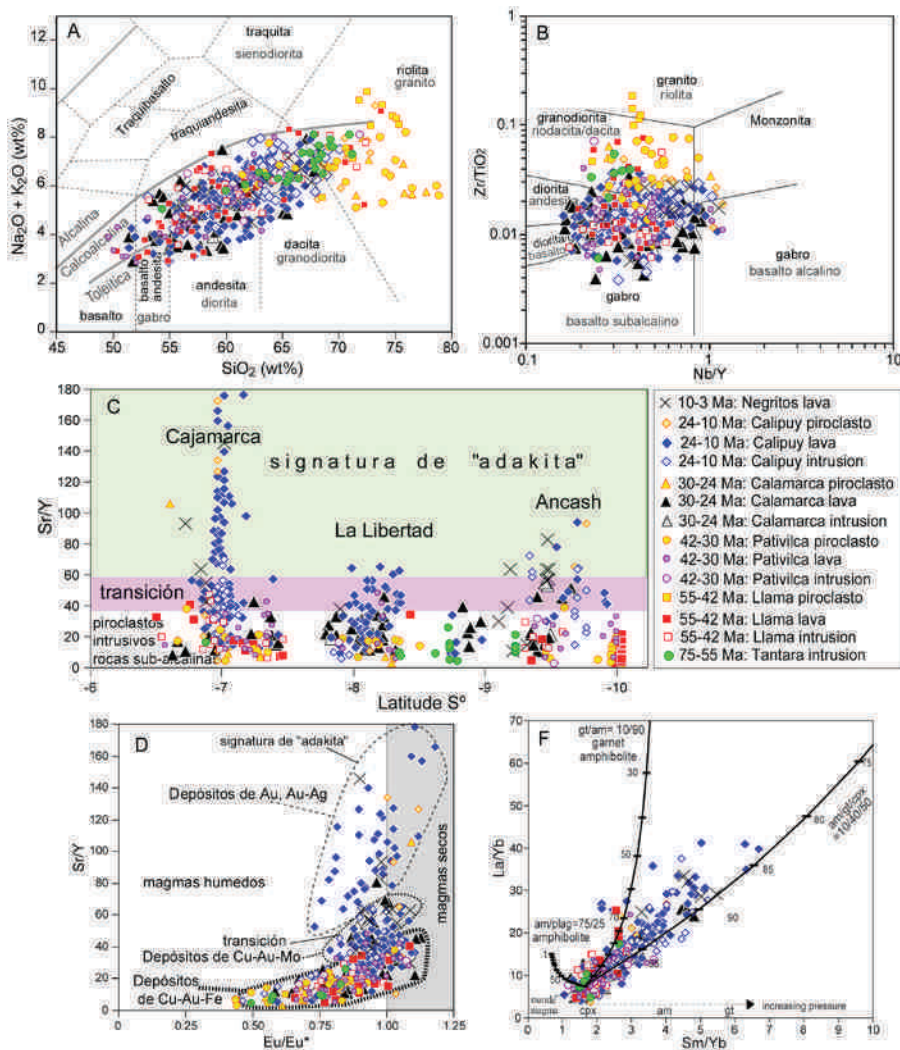


Figura 2. Diagramas de discriminación. A) Clasificación del tipo de roca según sus contenidos de SiO_2 (wt%) versus $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$. B) Clasificación de las series magmáticas usando las razones de Nb/Y versus Zr/TiO_2 . C) Variaciones de las razones de Sr/Y a lo largo del norte de Perú. D) Relación entre las firmas geoquímicas de las rocas ígneas y ensamblajes metálicos en el norte del Perú. E) Modelo de fusión parcial para las rocas del norte de Perú en base a Mamani et al. (2010).

REFERENCIAS

Cossío, A. (1964). Geología de los cuadrángulos de Santiago de Chuco y Santa Rosa. Comisión Carta Geológica Nacional, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 8, 69 p.

Cerpa, L.; Carlotto, V.; Navarro, P.; Quispe, J. & Romero, D. (2008). Sedimentación y tectónica en el área de Pallasca: la Formación Tablachaca. XIV Congreso Peruano de Geología y XIII Congreso Latinoamericano de Geología, Edit. Soc. Geol. Perú. CD, 6P.

Cobbing, E.J. (2000). The Coastal Batholith and other aspects of Andean magmatism in Peru. Bol. Soc. Geol. Perú, 88, 5-20.

Defant, M.J., & Drummond, M.S. (1990). Derivation of some modern arc magmas by melting of young subducted lithosphere: Nature. v. 347, p. 662–665.

- Jacay, J. (1992). Estratigrafía y sedimentología del Jurásico, curso medio del valle de Chicama y esbozo paleogeográfico del Jurásico-Cretáceo del nor Perú (6°30' - 8° latitud sur). Tesis Ing., E.A.P. de Ing. Geológica, Univ. Nac. San Marcos, Lima, 166 p.
- Vidal, C. (1980). Mineral deposits associated with the Peruvian Coastal Batholith and its volcanic country rocks: with special reference to the Huaura-Ica region, 11°-14° S. Ph.D. Thesis, University of Liverpool, 304 p.
- Rosenbaum, G., Giles, D., Saxon, M., Betts, P.G., Weinberg, R.F., Duboz, C. (2005). Subduction of the Nazca Ridge and the Inca Plateau: insights into the formation of ore deposits in Peru. *Earth Planetary. Sci. Lett.* V. 239, n. 1-2, p. 18–32.