

MAGMATISMO Y GEOQUÍMICA DEL VOLCANISMO ALBIANO-CENOMANIANO (GRUPO CASMA) Y MAASTRICHTIANO-DANIANO ENTRE PUCUSANA Y CHIMBOTE

Eber Cueva, Mirian Mamani & Rildo Rodríguez

INGEMMET, Av. Canadá 1470. Apartado 889-Lima 41. e-mail: ecueva@ingemmet.gob.pe

INTRODUCCIÓN

Existen estudios locales y regionales en la costa del Perú Central donde describen afloramientos de rocas volcano-sedimentarias de edad Albiano-Cenomaniano denominadas Grupo Casma, estas unidades afloran al oeste y al este del Batolito de la Costa (Ortiz, 1963; Atherton & Webb, 1989; Soler, 1991; Polliand et al., 2005). Recientemente, Romero (2007) en base a estudios estratigráficos, cartografía y dataciones radiométricas determinó la existencia de una secuencia diferente, ubicada al este del Batolito de la Costa de edad Maastrichtiano-Daniano. El presente trabajo pretende determinar el tipo de magmatismo y su relación con el tipo de depósitos de Fe-Cu-Au (IOCG) y Sulfuros Masivos Volcanogénicos (VMS) de las secuencias volcánicas que afloran al este y oeste del Batolito de la Costa en base a los nuevos análisis geoquímicos de elementos mayores y elementos traza (19 muestras), y data geoquímica compilada de trabajos anteriores (27 muestras).

VOLCANISMO DEL ALBIANO-CENOMANIANO (GRUPO CASMA), UBICADO AL OESTE DEL BATOLITO DE LA COSTA

Entre Pucusana y Chimbote, la base del Grupo Casma no aflora y se ha depositado en dos cuencas denominadas Huarmey y Cañete. Esta unidad volcano-sedimentaria tiene sus mejores afloramientos en la parte occidental del Batolito de la Costa (Fig. 1). Litológicamente está compuesta por areniscas volcano clásticas, lutitas tobáceas intercaladas con areniscas calcáreas, piroclastos, brechas, lavas andesíticas a basálticas masivas y con estructuras de almohadillas (*pillow*) bien desarrolladas. En el sector de Punta Atahuanca al noreste de Huacho el Grupo Casma se encuentran *slump* sin-sedimentarios, lo cual indicaría evidencias de actividad de tectónica extensional.

EDAD

La edad del Albiano-Cenomaniano (Grupo Casma) se determinó en base a fósiles y existe una relativa abundancia en todas estas secuencias volcano-sedimentarias. En efecto, Ortiz (1966) reportó amonites del género *Lyelliceras* del Albiano medio-Cenomaniano. Myers (1974) encontró los amonites *Oxitropidoceras carbonarium* Gabb y *Leymeriella* sp. de edad Albiano-Cenomaniano. Por lo tanto, se le asigna una edad Albiano-Cenomaniano (~108-93 Ma).

VOLCANISMO DEL MAASTRICHTIANO-DANIANO UBICADAS AL ESTE DEL BATOLITO DE LA COSTA

El volcanismo del Maastrichtiano-Daniano fue definida por Romero (2007), quien determinó que las rocas volcánicas se encuentran en discordancia angular sobre las volcanitas de Albiano-Cenomaniano (Grupo Casma). Litológicamente está compuesta por brechas volcánicas, piroclastos, lavas andesíticas masivas con estructuras de almohadillas (*pillow*), las que se intercalan con secuencias sedimentarias de areniscas, lutitas y calizas. En estas secuencias se tienen numerosos yacimientos del tipo VMS: Leonila-Graciela, Aurora Augusta, María Teresa, entre otros, caracterizados por tener contenidos metálicos de Zn-Pb-Cu (Ag), los cuales según la clasificación de Franklin (1993) corresponden al tipo Kuroko.

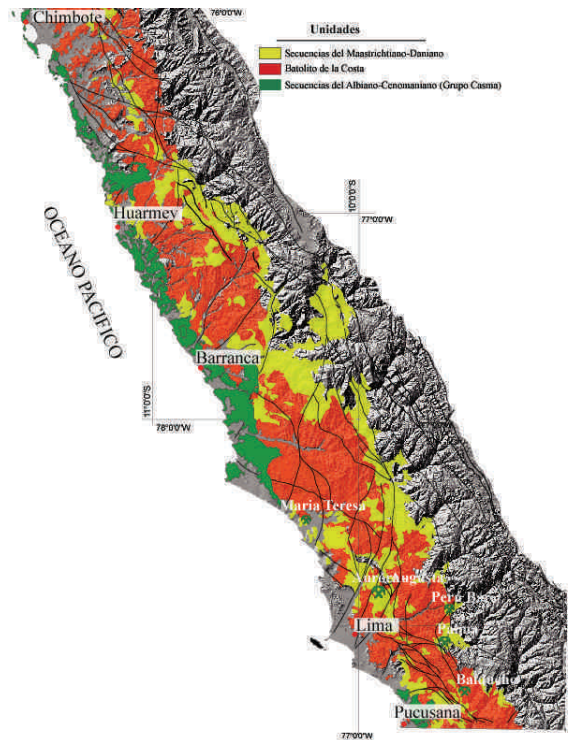


Figura 1. Mapa Geológico estructural de las secuencias del Albiano-Cenomaniano (Grupo Casma) y las secuencias Maastrichtiano-Daniano entre Pucusana y Chimbote.

EDAD

En la mina Leonila-Graciela, Polliand et al. (2005) realizaron dataciones en riolitas-monzodioritas por el método U-Pb sobre zircones que indican edades entre 69.71 ± 0.18 Ma y 68.92 ± 0.16 Ma. En el valle del Río Mala ubicado al este de Pucusana, se tienen afloramientos de lavas basálticas asumidas a la Formación Quilmana, estas secuencias fueron datadas por Noble et al. (2005) por el método $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ sobre roca total, indicando una edad de 67.6 Ma. La edad de mineralización de Aurora Augusta es de 62.8 ± 1.8 Ma y 68.92 ± 1.9 Ma por el método K/Ar en sericitas (Vidal, 1987). Las dataciones por diferentes métodos, confirman que gran parte de los afloramientos atribuidos al Grupo Casma y/o Formación Quilmana corresponden a las secuencias del Maastrichtiano-Daniano (~70-60 Ma).

MAGMATISMO Y GEOQUIMICA

En el diagrama de SiO_2 (wt%) versus $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ (Fig. 2), se observa que las lavas del Albiano-Cenomaniano (~108-93 Ma) caen en el campo de las series tholeíticas y calcoalcalinas correspondiendo a basaltos, basaltos-andesitas y andesitas (45 a 58% de SiO_2). Mientras que las lavas del Maastrichtiano-Daniano (~70-60 Ma) tienden a caer en el campo de la serie calcoalcalina, conformados por andesitas y dacitas (55 a 74% de SiO_2), este tipo de series magmáticas también fueron determinadas usando la razón de FeO^*/MgO versus SiO_2 (wt%), ver Figura 3.

Los elementos de tierras raras muestran variaciones en su concentración según el tiempo. Las rocas del Albiano-Cenomaniano (~108-93 Ma) tienen razones bajas en $\text{Sm}/\text{Yb} = 1-2$ y las rocas del Maastrichtiano-Daniano (~70-60 Ma) tienen razones altas en $\text{Sm}/\text{Yb} = 2-3$. Las variaciones en las razones de Sm/Yb indican que los magmas tenían como mineral residual al clinopiroxeno y estaban sujetos a pequeñas variaciones de presión. Estas variaciones de presión se pueden dar por los diferentes niveles de asimilación o diferentes espesores de la corteza donde los magmas se formaron (Mamani et al., 2010).

Para las lavas del Grupo Casma, hicimos un Balance de Masas para calcular el porcentaje de fusión parcial de los magmas, para este cálculo usamos los valores de La/Yb y Sm/Yb (Fig. 4). Los valores del magma mantélico y valores de composiciones de cortezas fueron tomados de Mamani et al. (2010), quienes hicieron el cálculo de fusión parcial para los magmas del sur de Perú. En la Figura 4 se observa que las lavas del Albiano-Cenomaniano (~108-93 Ma) tiene una fusión parcial de 100% lo que indica que los magmas son de composición mantélica y no han sido contaminadas. Las lavas del Maastrichtiano-Daniano (~70-60 Ma)

tienen entre 2% y 3% de contaminación cortical, siendo esta igualmente mínima, la corteza contaminante probablemente es de composición anfibolita eclogita (anfibol=10, granate=40, clinopiroxeno=50). Las lavas del Albiano-Cenomaniano (~108-93 Ma) en la relación Ce/Y (Fig. 5) según Mantle & Collins (2008) muestra que se formaron dentro de una corteza con un espesor que varía entre ~8 hasta 25 km y las lavas del Maastrichtiano-Daniano (~70-60 Ma) en una corteza con espesores que varían entre ~20 y 35 km. La Figura 6 muestra la composición sódica de las lavas del Albiano-Cenomaniano (~108-93 Ma) y una composición transicional a potásica de las lavas del Maastrichtiano-Daniano (~70-60 Ma). Las variaciones en el cociente de K_2O/Na_2O nos indican que los magmas emplazados hacia el este son más diferenciados. Además esto evidencia la migración del magmatismo hacia el continente durante el Cretácico superior.

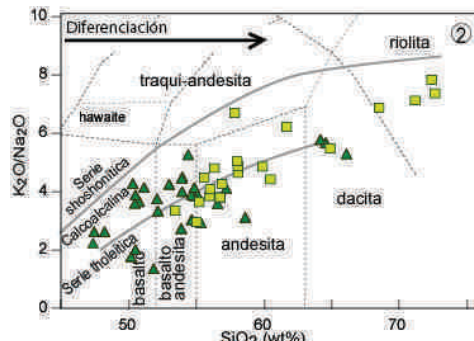


Figura 2. Diagrama del contenido de SiO_2 (wt%) versus Na_2O+K_2O . La línea de clasificación de las series calcoalcalina y tholeítica según Kuno (1986). Los contenidos de óxidos están recalculados al 100% y libre de bases volátiles y con todo el Fe como FeO total.

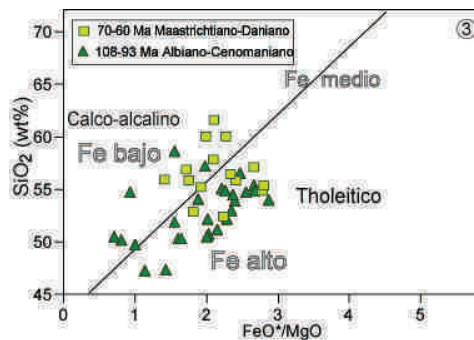


Figura 3. Diagrama de las series de diferenciación relacionado a los campos calco-alcalinos y tholeíticos de Miyashiro (1974) y campos de alto, medio y bajo contenido de Fe tomado de Arculus (2003).

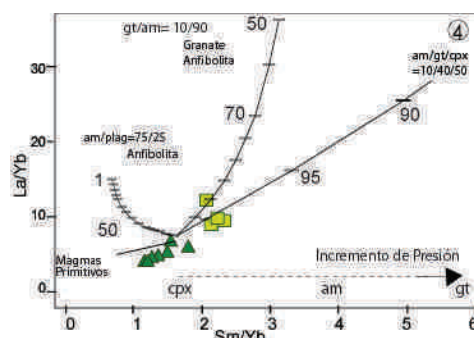


Figura 4. La relación de Sm/Yb versus La/Yb, donde los números en las curvas representan el grado de fusión de los magmas; am-anfibolita, gt-granate, cpx-clinopiroxeno

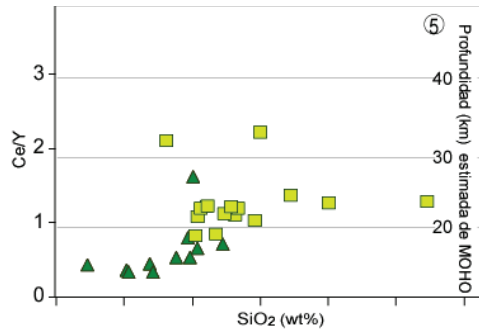


Figura 5. Diagrama de la estimación de profundidad de MOHO según la relación de Ce/Y versus SiO_2 (wt%), ver leyenda en la Figura 3.

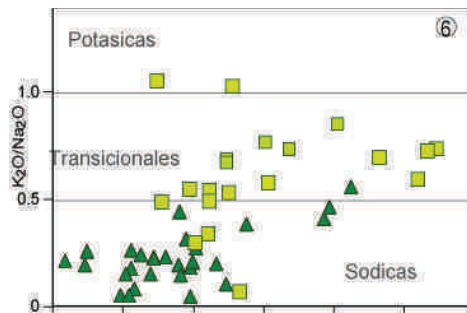


Figura 6. Diagrama discriminatorio de rocas sódicas, transicionales y potásicas según la razón de $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$

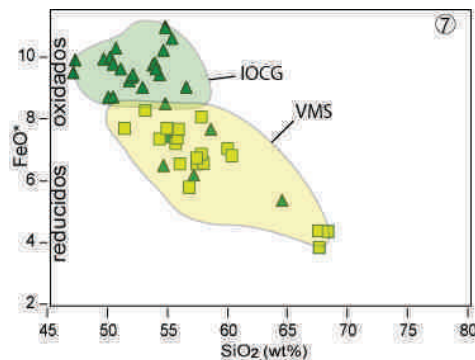


Figura 7. Diagrama de FeO^* versus SiO_2 (wt%). Se observa alto contenido de Fe en rocas con contenidos menores a 65% de SiO_2 .

Debido al incremento de la exploración en este tipo de rocas ígneas es necesario encontrar una relación entre el tipo de magmas y ocurrencias metálicas. Por lo tanto, presentamos un modelo en base a los trabajos de Lang y Baker (2001), para definir la relación entre tipos de ocurrencias metálicas y tipos de serie magmática en esta zona. En la Figura 7 se muestra FeO^* versus SiO_2 (wt%) y se observa que las lavas basalto andesitas del Albiano-Cenomaniano tienen alto contenido de Fe (oxidados) y son rocas de la serie toleítica y calcoalcalina. Las lavas de composición andesítica y dacítica del Maastrichtiano-Daniano tienen bajo contenido de Fe (reducidos) y corresponden a las rocas de la serie calcoalcalina. El volcanismo del Albiano-Cenomaniano (~108-93 Ma) por sus características geoquímicas, estarían relacionadas a depósitos de Cu-Fe-Au del tipo (IOCG) y el volcanismo del Maastrichtiano-Daniano (~70-60 Ma) a depósitos de Sulfuros Masivos Volcanogénicos (VMS) de Zn-Pb-Cu del tipo Kuroko (Leonila-Graciela, Aurora Augusta y Maria Teresa) como lo propuso Romero (2007).

DISCUSIONES

Atherton et al., (1985), Atherton y Webb (1989) y Aguirre et al., (1989) consideran que el emplazamiento del volcanismo del Albiano-Cenomaniano (Grupo Casma) corresponde al relleno de una cuenca marginal ensiálica (sin creación de una corteza oceánica pero con un adelgazamiento muy fuerte de la corteza continental). Soler (1991) considera que el Grupo Casma constituye un arco volcánico en un contexto tectónico distensivo. Nosotros concordamos con las hipótesis de Soler (1991) para las secuencias del

Albiano-Cenomaniano (Grupo Casma) y los magmas del tipo marginal de tras arco propuesta por Atherton et al., (1985) para las secuencias del Maastrichtiano-Daniano. Finalmente, estamos de acuerdo con la propuesta de Polliand et al., (2005), quienes proponen que estas rocas forman parte de grandes volúmenes de magmas máficos juveniles (magmas de composición mantélica) añadidos a la margen de la corteza continental peruana durante el Cretácico. Según el mapa de anomalías Bouguer (Mamani et al., 2009) las rocas del Grupo Casma también se distinguen por sus propiedades de densidad.

CONCLUSIONES

El volcanismo del Albiano-Cenomaniano (~108-93Ma) presenta lavas de composición mantélica (basaltos, basaltos-andesitas y andesitas) de las series toleíticas a calcoalcalinas y están ubicadas al oeste del Batolito de la Costa. Las secuencias del Maastrichtiano-Daniano (~70-60 Ma) presentan lavas evolucionados (andesitas y dacitas) de la serie calcoalcalina y están ubicadas al este del Batolito de la Costa.

Las lavas del Albiano-Cenomaniano pertenece a un arco volcánico depositados en cuencas extensionales, emplazados en una corteza de ~8 hasta 25 km de espesor, indicando un adelgazamiento cortical, mientras que las lavas del Maastrichtiano-Daniano pertenecen a magmas del tipo marginal de tras arco (Atherton et al., 1985) emplazado en una corteza de ~20 a 35 km de espesor.

Las características geoquímicas de las lavas del Grupo Casma del Albiano-Cenomaniano están relacionadas a depósitos del tipo Cu-Fe-Au (IOCG) y las secuencias del Maastrichtiano-Daniano están relacionadas a depósitos del tipo Pb-Zn-Cu (VMS).

REFERENCIAS

- Aguirre, L., Levi, B. & Nystrom, J (1989) The link between metamorphism, volcanism and geotectonic setting during the evolution of the Andes. In Evolution of metamorphic belts, eds Daly & al. eds., Geological Society special publication N° 43, pp 223-232
- Atherton, MP. & Webb, S. (1989) Volcanic facies, structure, and geochemistry of the marginal basin rocks of central Peru. *J. South Amer Earth Sci.*, 2, pp. 241-261
- Mamani, M., Woerner, G. & Sempere, T. (2010). Geochemical variations in igneous rocks of the Central Andean orocline (13°S to 18°S): Tracing crustal thickening and magma generation through time and space. en prensa *Geological Society of America Bulletin*, doi: 10.1130/B26538.1.
- Myers, John S (1974), Cretaceous stratigraphy and structure, Western Andes of Peru between latitudes 10°- 10°30'. *A.A.P.G. Bulletin* pp. 474-487
- Noble, D., Rios, A., Vidal, C., Spell, T., Zanetti, K., Angeles, C., Ochoa, J. y Cruz, S. (2005): Late Cretaceous basalt in the rio Mala valley, central Perú: Evidence for extensión and mafic amigmatism prior to Latest Cretaceous-Paleocene plutonism and silicic volcanism. *Sociedad Geológica del Perú*, volumen Jubilar Alberto Giesecke Matto, 141-148.
- Polliand, M., Schaltegger, U., Frank, M. y Fontbote, L. (2005): Formation of Intra-arc volcanosedimentary basins in the western flank of the central Peruvian Andes during Late Cretaceous oblique subduction: field evidence and constraints from U-Pb ages and Hf isotopes. *Int. J Herat Sci. (Geol. Rundsch)* (2005) 94: 231 – 242
- Romero, D., 2007 La Cuenca Cretacico Superior-Paleoceno del Perú Central: Un Metalotecto para la exploracion de SMV, Ejemplo Mina Maria Teresa, tesis de Maestria p, 100
- Soler, P. (1991): Contribution a l'étude du magmatisme associe aux marges actives pétrographie, géoquimie et géochimie isotopique du magmatisme crétacé a Pliocène le long d'une transversale des andes du Pérou central implications géodynamiques et metallogeneques. Thèse no publicado de Doctorat des Science Naturelles, Paris, université Pierre et Marie Curie, Paris VI, 832p.