

LOS DEPÓSITOS DE LA CUENCA MAASTRICHTIANO-DANIANO: RELACIÓN CON LOS YACIMIENTOS TIPO SMV; PERÚ CENTRAL

Darwin Romero¹, Jorge Quispe¹ Víctor Carlotto¹ y Colombo Tassinari²

(1) INGEMMET. Av. Canadá 1470-San Borja-Lima. dromero@petro-tech.com.pe

(2) Director del Instituto de Geociencias de la Universidad de Sao Paulo-Brasil

INTRODUCCIÓN

En la Costa y margen oeste de la Cordillera Occidental del Perú Central, afloran rocas volcano-sedimentarias denominadas Grupo Casma (Trotterau y Ortiz, 1963; Myers, 1980; Guevara, 1980; Cobbing, 1981). Muchos de los afloramientos considerados como Grupo Casma de edad Albiano-Cenomaniano hospedan depósitos minerales de sulfuros masivos volcanogénicos (SMV) de importancia económica, como Perú Bar, Palma, Cerro Lindo y Maria Teresa (Polliand et al., 2005). Dataciones por los métodos U-Pb de 69.71 y ⁴⁰Ar/³⁹Ar de 67.6 Ma (Polliand et al., 2005; Noble et al., 2005 respectivamente) en las rocas anteriormente asumidas como Grupo Casma, permiten plantear una nueva estratigrafía e hipótesis de la evolución de las cuencas cretácicas en la Zona Costera y en el borde oeste de la Cordillera Occidental. Lo que se plantea, es que los yacimientos anteriormente mencionados estarían emplazados en rocas de edad Maestrichtiana-Daniana más no Albiana-Cenomanina. El presente estudio trata de la evolución tectono-sedimentaria y magmática de esta cuenca que se habría desarrollado entre el Maastrichtiano-Daniano y su relación con los yacimientos de sulfuros masivos volcanogénicos (SMV).

MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

Desde los años 80' Kulm et al. (1981) así como Bussell & Wilson (1985) revelan por anomalías gravimétricas que debajo de la "gran cuenca volcánica" existiría una estructura "Arc-Like" de material con alta densidad y baja velocidad. Por otro lado Thornburg & Kulm (1981) y Pitcher et al. (1985), en base a los afloramientos de rocas metamórficas cristalinas en la Isla de Hormigas y "cores" del pozo Ballenas (*offshore*), proponen la existencia de un alto en la plataforma continental denominándola el "outer shelf high" (OSH). Las últimas interpretaciones del basamento de la Costa, Cordillera Occidental y Altiplanicies del Perú Central, son los propuestos por Polliand et al. (2005), Schaltegger et al. (2005) y Bahlburg (2006); estos autores en base a isótopos de Hf, Sr/Sr y Pb, indican la ausencia de basamento proterozoico debajo de la Costa, Cordillera Occidental y Altiplanicies, proponiendo la existencia únicamente de corteza oceánica de probable edad Permo-Triásica, lo que sería el caso de la zona de estudio. De acuerdo al estudio estratigráfico, estructural y cartografiado en superficie; el área de estudio se dividió en tres dominios tectono-estratigráficos (Figura 1). Cada uno de ellos presenta una evolución geodinámica particular.

DOMINIO OCCIDENTAL

Se trata de un geobloque que contiene al Batolito de la Costa y a la Súper Unidad Pativilca del Eoceno (Pitcher et al., 1985). Está limitado al este por el sistema de fallas Ocos-Conchao-Cocachacra (SFOCC). Presenta afloramientos de rocas volcano-sedimentarias jurásicas del Grupo Puente Piedra; areniscas cuarzosas y lutitas grises cretácicas del Grupo Morro Solar; lutitas grises intercaladas con piroclastos y calizas de las formaciones Pamplona-Atocongo-Pucusana; depósitos volcano-sedimentarios cretácicos del Grupo Casma y rocas volcánicas cenozoicas del Grupo Calipuy. En de este dominio se ha reportado recientemente, rocas volcano-sedimentarias del Cretácico superior-Paleoceno inferior (Romero, 2007), las cuales estaban cartografiadas como Grupo Casma (Albiano-Cenomaniano), pero que ahora son definidas como una unidad diferente. Presenta dos principales sistemas de fallas: Un sistema transcurrente de dirección NE-SO, con movimiento de rumbo dextral, y se comporta como rampas laterales del SFOCC, esta última es una falla inversa con vergencia hacia el

Figura 1. Mapa geológico y cuadro cronoestratigráfico de la zona de estudio

En base a dataciones, principalmente por el método U-Pb y relaciones estratigráficas con rocas volcánicas, los intrusivos del Batolito de la Costa fueron interpretados de haberse emplazados en tres etapas de intrusión: Primera etapa: forman parte los plutones mas occidentales con edades entre 105 y 90 Ma, relacionada con los depósitos volcano-sedimentarios del Grupo Casma (Albiano-Cenomaniano). Segunda etapa: corresponden a los plutones ubicados en la parte centro-occidental de los afloramientos del Batolito de la Costa, con edades entre 90 y 70 Ma, y que no tiene depósitos volcánicos contemporáneos. Tercera etapa: corresponde a los mayores volúmenes, abarcan toda la parte oriental del Batolito de la Costa, con edades entre 70 y 60 Ma, relacionada con el vulcanismo del Cretácico superior-Paleoceno inferior.

DOMINIO CENTRAL

Se ubica en la parte centro-oriental de la zona de estudio, está limitado por los sistemas de fallas Ocos-Conchao-Cocachacra (SFOCC) al oeste y Huacllan-Churín-San Mateo (SFHChSM) al este. Se caracteriza por contener a los depósitos volcánicos del Grupo Calipuy del Cenozoico y a la secuencia volcano-sedimentaria del Cretácico superior-Paleoceno inferior. Este dominio probablemente corresponda a un alto estructural; presenta estructuras con dirección NO-SE; así se tienen al SFHChSM y la falla Carac que son inversas con buzamientos hacia el este; mientras que el SFOCC que limita el borde occidental, es una falla inversa con buzamiento hacia el oeste. Aquí se tienen intrusivos a manera de pequeños stocks irregulares distribuidos en todo el dominio que han sido datados por el método K/Ar e indican edades entre 39 y 15 Ma (Stewart et al., 1995).

DOMINIO ORIENTAL

Esta limitado por los sistemas de fallas Huacllan-Churín-San Mateo (SFHChSM) al oeste y Chonta (SFCh) al este. Presenta rocas volcano-sedimentarias jurásicas de la formación Oyotún; areniscas cuarzosas intercaladas con lutitas grises de la Formación Chicama (Romero et al., 2004), seguidas de una secuencia Cretácica compuesta de areniscas cuarzosas y lutitas grises del Grupo Goyllarisquiza; calizas intercaladas con lutitas grises de las formaciones Pariahuanca, Chúlec, Pariatambo, Jumasha y Celendín; y las secuencias sedimentarias y volcánicas del Paleógeno-Neógenas de la Formación Casapalca y Grupo Calipuy respectivamente. Este Dominio presenta mayor deformación, pliegues y fallas inversas de dirección NO-SE, así el SFCh corresponde a fallas inversas con vergencia al este.

Los intrusivos son stocks de composición diorítica a monzogénica y sus edades K/Ar, varían entre 30 y 10 Ma (Stewart et al., 1995).

ANALISIS DE CUENCAS

LA CUENCA CASMA (ALBIANO CENOMANIANO)

Los depósitos volcano-sedimentarios conocidos como Grupo Casma (Trottereau & Ortiz, 1963), corresponden al relleno de la cuenca Casma. Estos depósitos fueron estudiados por muchos autores, Atherton et al. (1985), Guevara (1980), Myers (1980), entre otros. Estos autores consideraron a todos los afloramientos volcano-sedimentarios cretácicos de la Costa y borde oeste de la Cordillera Occidental como Grupo Casma del Albiano-Cenomaniano, los que habrían sido depositados en dos cuencas denominadas Huarmey y Cañete (Atherton et al 1985). Sin embargo, los estudios estratigráficos, estructurales, el cartografiado; sumados a recientes dataciones realizadas por diferentes autores, ha permitido diferenciar los depósitos volcano-sedimentarios cretácicos. En efecto, solo una parte de los afloramientos mencionados pertenecen al Grupo Casma (Albiano-Cenomaniano) y la otra parte a depósitos del Cretácico superior-Paleoceno inferior. Es importante mencionar que los afloramientos del Grupo Casma se localizan principalmente en la parte oeste del Dominio Occidental y son conocidos por algunos autores como las facies occidentales.

Una columna estratigráfica del Grupo Casma (Romero et al., 2006), ha sido dividida en dos secuencias (Figura 2). La Secuencia inferior (≈ 1500 m) está

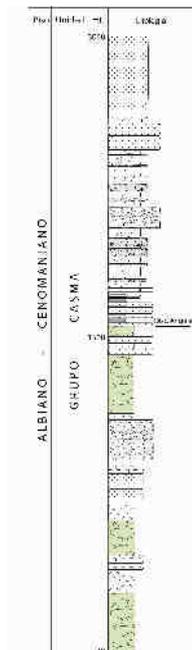


Figura 2. Columna estratigráfica del Grupo Casma (Albiano-Cenomaniano)

compuesta por lavas andesíticas-basálticas masivas y con estructuras de almohadillas (*pillow lavas*) bien desarrolladas, intercaladas con brechas volcánicas, areniscas volcanoclasticas, hialoclastitas, piroclastos y limolitas, donde Myers (1980) reportó *Oxitropidoceras Carbonarium*, Gabb y *Leymeriella*, sp. del Albiano-Cenomaniano. La secuencia superior (≈ 1600 m) es más silicoclástica y se compone de una intercalación de areniscas volcanoclasticas, areniscas limosas, lutitas carbonosas, piroclastos, microconglomerados y conglomerados tipo *debris flow*.

De acuerdo con Atherton et al. (1985) y Soler (1991), la geoquímica de los volcánicos Casma es calcoalcalina a toleitica, con bajo contenido de K (Figura 3). En consecuencia se puede relacionar este vulcanismo con las pulsos iniciales del Batolito de la Costa ($\approx 105-90$ Ma).

LA CUENCA MAASTRICHTIANO-DANIANO

Romero (2007) pone en evidencia una nueva secuencia del Cretácico superior-Paleoceno inferior, las que anteriormente eran consideradas dentro del Grupo Casma (Albiano-Cenomaniano). Efectivamente, las dataciones de las lavas félsicas en Perubar, por el método U-Pb sobre zircones (Polliand et al., 2005), indican edades entre 69.71 ± 0.18 Ma y 68.92 ± 0.16 Ma; así como la datación de los basaltos en el valle de Mala, por el método $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ sobre roca total (Noble et al., 2005), que dan una edad de 67.6 Ma; así como la discordancia Maastrichtiano-DanianoUna columna levantada en el Cerro La Mina (Figura 4), próximo al poblado de Huaral (~ 570 m), muestra que la secuencia Cretácico superior-Paleoceno inferior es principalmente volcánica y se halla en discordancia angular sobre las formaciones Pamplona, Atocongo y Pucusana. Se compone de piroclastos intercalados con lavas que pasan hacia la parte media a brechas volcánicas y algunos niveles de hialoclastitas. Finalmente, en la parte superior se tiene una intercalación de lavas masivas y lavas en almohadillas no bien definidas intercaladas con brechas y aglomerados volcánicos.

La geoquímica de la ahora denominada Secuencia Volcano-Sedimentaria del Cretácico superior-Paleoceno inferior, indica que se trata de andesitas, andesitas basálticas hasta riolacitas con tendencia calco-alcalina y alto contenido de K (Atherton et al., 1985; Soler, 1991; Fig. 3). Este vulcanismo se relaciona con los pulsos finales del Batolito de la Costa. (Maastrichtiano-Daniano $\approx 70-60$ Ma). Basados en la estratigrafía, los controles estructurales, la cartografía y el carácter magmático se interpreta la cuenca Maastrichtiano-Daniano del tipo marginal de tras arco (Romero, 2007).

RELACIÓN CON YACIMIENTOS DE SULFUROS MASIVOS VOLCANOGÉNICOS (SMV)

En la zona de estudio se tienen numerosos yacimientos de sulfuros masivos volcanogénicos, como Perubar, Aurora Augusta y María Teresa, así como los proyectos Cerro Lindo, Cantera, Balducho y Palma. Estos tienen contenidos metálicos de Zn-Pb-Cu (Ag) y son del tipo Kuroko, (Vidal, 1987; Ríos, 2004). Dichos yacimientos de acuerdo a las hipótesis planteadas y propuestas, se encontrarían emplazados en la cuenca Maastrichtiana-Daniana (Fig. 1).

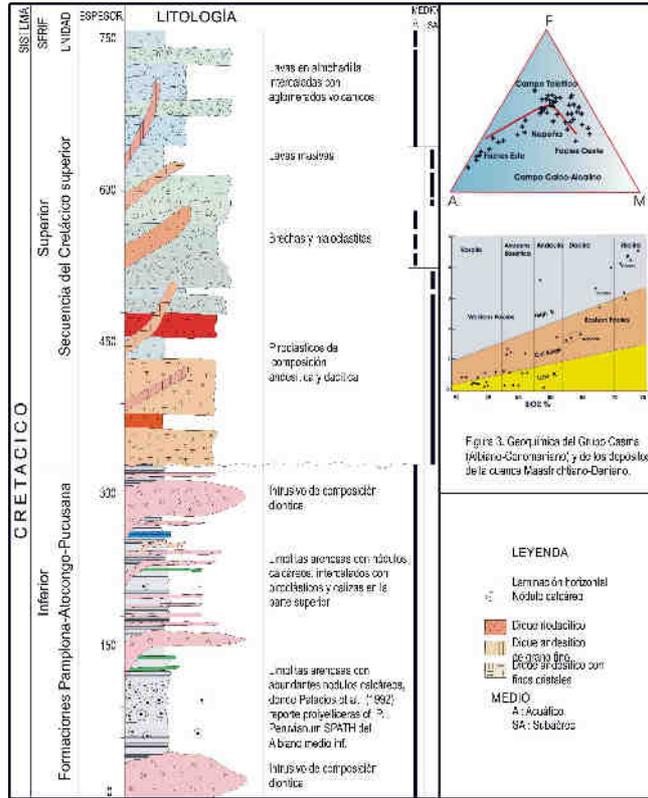


Figura 4. Columna estratigráfica de los depósitos de la cuenca Maastrichtiano-Daniano

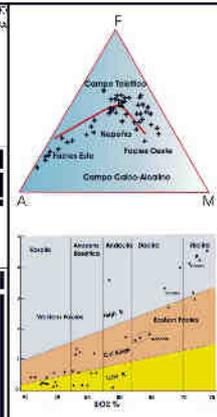


Figura 3. Geoquímica del Grupo Casma (Albiano-Cenomaniano), y de los depósitos de la cuenca Maastrichtiano-Daniano.

GEOLOGÍA DE LA MINA MARIA TERESA

El yacimiento Maria Teresa de Minera Colquisiri S.A., se ubica aproximadamente a 65 km al NE de la ciudad de Lima, entre las ciudades de Huaral y Chancay. Aquí afloramientos rocas sedimentarias y volcano-sedimentarias del Cretácico, así como intrusivos del Batolito de la Costa. El yacimiento se encuentra emplazado en piroclastos, flujos de lavas, hialoclastitas intercaladas con brechas y aglomerados volcánicos. Cerca al yacimiento se tiene también lavas masivas y en almohadillas. Todas las rocas pertenecen a los depósitos de la cuenca Maastrichtiana-Daniana. En base a la estructura, a las características mineralógicas, alteración y al ratio de $Zn/(Zn+Pb)$ menor a 0.9; este yacimiento es considerado del tipo sulfuros masivos volcanogénicos de Pb-Zn-Ag tipo kuroko.

ALTERACIONES HIDROTERMALES Y MINERALIZACIÓN

Las alteraciones hidrotermales están dispuestas a manera de halos, los que gradan a partir de los cuerpos mineralizados con una asociación mineralógica desde sílice-sericita (alteración filica) hasta clorita-epidota-calcita (alteración propilítica). Dentro del halo propilítico se tienen núcleos de sílice-caolinita (alteración argílica). En los niveles más distales a los cuerpos mineralizados, se tienen horizontes ferruginosos de hematita-goethita-baritina-sílice, como "gossan". La mineralización se presenta: como mantos de reemplazamiento (Zona Sur), de sulfuros compuestos por esfalerita-galena-calcopirita, así como cobre gris y calcopirita; y como diseminados (Zona Norte), con mineralización conformada principalmente por esfalerita-galena-pirita, con buornonita, estibina y calcopirita. Los minerales de ganga, en ambas zonas, corresponden a pirita y baritina.

EDAD DE MINERALIZACIÓN DE LA MINA MARIA TERESA

A partir de sericitas de muestras de la zona de alteración sílice-sericita próxima a los cuerpos de mineralización Romero et al. (2008), se obtuvo una edad Rb/Sr sobre sericitas de 68 ± 6 Ma (Laboratorio de Geociencia de la Universidad Sao Paulo-Brasil) para la mineralización de la mina Maria Teresa. Esta datación es compatible con la edad de mineralización del yacimiento Aurora Augusta ubicado al SE de Maria Teresa; donde se tienen edades K/Ar en sericitas entre 62.8 ± 1.8 Ma y 68 ± 1.9 Ma (Vidal, 1987).

PARAGÉNESIS DE LOS EVENTOS DE MINERALIZACIÓN

Para diferenciar las relaciones espaciales y temporales de los eventos hidrotermales, se ha revisado sistemáticamente la geometría de los cuerpos mineralizados de la mina María Teresa, tanto en testigos de sondeos diamantinos, como en labores subterráneas. Mediante las observaciones de campo y estudios realizados (macroscópicos y microscópicos) se ha podido diferenciar cuatro eventos paragenéticos: **Evento I**, caracterizada por la presencia de bandas de pirita I y cuarzo microgranular con textura masiva. **Evento II**, contiene mineralización de esfalerita I con intercrecimiento de galena I y cobres grises. El **Evento III**, se caracteriza por la presencia de esfalerita II, galena II, pirita II, calcopirita II, bournonita, estibina y arsenopirita. El **Evento IV**, se relaciona con las zonas ricas en óxidos de hierro, jarosita, baritina microgranular y covelita secundaria.

CONCLUSIONES

En base a las columnas estratigráficas medidas, al cartografiado geológico y a las dataciones existentes indicando edades entre 69 y 62 Ma, se evidencia los depósitos de edad Maastrichtiano-Daniano en la Costa-Cordillera Occidental del Perú central; probablemente la secuencia se depositó en una cuenca tipo marginal de tras arco. El relleno de la cuenca, se caracteriza por piroclastos, brechas y lavas; que son contemporáneos con intrusivos de los últimos pulsos del Batolito de la Costa (70-60 Ma). Los yacimientos de Zn-Pb-Cu de Maria Teresa y Aurora Augusta presentan características de Sulfuros Masivos Volcanogénicos tipo Kuroko; cuya mineralización esta datada entre 68 y 62 Ma. En consecuencia, el tipo de yacimiento (SMV) y la edad de mineralización, nos confirmarían la estrecha relación existente entre los yacimientos de SMV y los depósitos de la cuenca Maastrichtiana-Daniana de la Costa-Cordillera Occidental del Perú central.

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Luís Días Dulanto, Gerente General de Minera Colquisiri S.A. por permitir realizar los estudios en la Mina Maria Teresa; a Edgar Pichardo, Dimas Usnayo y todos los colegas y amigos de la Mina Maria Teresa. Finalmente a todos los integrantes del Laboratorio de Geocronología del Instituto de Geociencias de la Universidad de Sao Paulo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Atherton M.P., Warden V. & Sanderson L.M. 1985. The Mesozoic marginal basin of central Peru; a geochemical study of within-plate-edge volcanism in Magmatism at a plate edge; The Peruvian Batholith: glassgow, Blackie and Sons, p. 47-58.
- Balburgh, H. 2006. Tectonostratigraphic terranes and the evolution of the early paleozoic gondwana margin in Perú. XIII Congreso Peruano de Geología. Resúmenes Extendidos. Sociedad Geológica del Perú. p. 843-845.
- Bussell, M. & Wilson, C. 1985. A gravity traverse across the Coastal Batholith, Peru. J. Geol. Soc. (London) 142, 633–641.
- Cobbing, E., Pitcher, W., Wilson, J., Baldock, J., Taylor, W., Mccourt, W. Y Snelling, N. 1981. The geology of the Western Cordillera of northern Peru. Overseas Mem Inst Geol Sci, vol 5, p. 143
- Guevara, C. 1980. El Grupo Casma del Perú Central entre Trujillo y Mala. Bol. Soc. Geol. Perú. 67 p. 73-83.
- Kulm, L., Schrader, H., Resing, J., Thornhurg, T., Mesias, A. y Jhonson, L., 1981. Late Cenozoic carbonates on the Peru continental margin: lithostratigraphy, biostratigraphy, and tectonic history Nazca plate: Crustal formation and Andean convergence. Geological Society of America p. 469-508
- Myers, J. 1980. Geología de los cuadrángulos de Huarmey (21-g) y Huayllapampa (21-h). Boletín N° 33 Serie A. Carta Geológica Nacional IGEMMET Lima. p. 153.
- 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 magmatism prior to Latest Cretaceous-Paleocene plutonism and silicic volcanism. Soc. Geol. Perú, volumen Jubilar Alberto Giesecke Matto, p. 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: p. 231 – 242
- Pitcher, W., Atherton, M., Cobbing, E. y Beckinsale, R., 1985. Magmatism at a plate edge, the Peruvian Andes. p. 328. John Wiley and Sons New York
- Ríos, A. 2004. Estudio del Metalotecto Láncones y su Potencial por Yacimientos Volcanogénicos de Sulfuros Masivos (SMV) Piura-Perú. Tesis doctoral
- Romero, D., Cervantes, J., Valdivia, W., Latorre, O., Rosell, W., Espinoza, S. y Valderrama, J. 2004. Evidencias de una secuencia jurasica en el sector de Churín, Oyón (departamento Lima): las formaciones Oyotún y Chicama. Resumen extendido del XII Congreso Geologico Peruano
- Romero, D., Flores, C. y Román, J. 2007. Informe de avance del proyecto GR-12. INGEMMET. Lima. Inédito.
- Romero D. 2007. La cuenca del Cretácico superior-Paleoceno inferior del peru central como metalotecto para la exploración de SMV: ejemplo La mina Maria Teresa. Tesis de Maestria, Red DESIR. p. 100.
- Romero D., Tassinari C., Carlotto V. & Quispe J. 2008. Puesta en evidencia de una cuenca Cretácico superior - Paleoceno inferior en el Perú Central: Importancia en la exploración de SMV. (en preparación).
- Schaltegger, U.; Chew, D. y Miskovic, A. 2006. Neoproterozoic to early mesozoic evolution of the western gondwana margin: evidence from the eastern cordillera of Peru.
- Stewart, J., Evernden, J. y Snelling, N. 1995. Determinaciones de edades de los Andes peruanos: un estudio de reconocimiento. Geological Society of America Bulletin, vol. 85, n. 7, July 1974.
- Soler, P. 1991. Contribution a l'étude du magmatisme associe aux marges actives pétrographie, géoquimie et geochimie isotopique du magmatisme crétacé a Pliocène le long d'une transversale des andes du Pérou central implications géodynamiques et metallogeneques. Thèse Doctorat des Science Naturelles, Paris, université Pierre et Marie Curie, Paris VI, p. 832.
- Thornburg, T. y Kulm, L. 1981. Sedimentary basins of the Peru continental margin; structure, stratigraphy, and Cenozoic tectonics from 6 degrees S to 16 degrees S latitude. Geol. Soc. American Memory 154: p.393–422
- Trotter, G. y Ortiz, G. 1963. Geología de los cuadrángulos de Chimbote y Casma
- Vidal, C. 1987. Kuroko-type deposits in the middle Cretaceous in the marginal basin of central Peru. Geological Society of America Bulletin vol 82 N° 6 p. 1409-1430.