

INCLUSIONES FLUIDAS E ISÓTOPOS DE PLOMO EN CHIPMO Y PORACOTA, REGIÓN MINERA DE ORCOPAMPA - PERÚ, IMPLICANCIAS PARA LA EXPLORACIÓN

Juan Carlos Sarmiento¹, Ricardo Castroviejo², Colombo Tassinari³ y Cesar E. Vidal¹

¹ Compañía de Minas Buenaventura S.A.A., Carlos Villarán 790, Urbanización Santa Catalina, Lima 13, Perú

² Universidad Politécnica de Madrid, Calle Alenza 4, Madrid, España.

³ Universidade de São Paulo - Instituto de Geociências, Rua do Lago, 562, São Paulo, Brasil

INTRODUCCIÓN

Chipmo y Poracota forman parte de los depósitos epitermales miocénicos de oro y plata de los Andes centrales en el sur del Perú, entre los 3900 y 4900 metros sobre nivel del mar. Figura 1. Políticamente pertenecen a las provincias de Castilla y Condesuyos en la región de Arequipa y actualmente representan la mayor producción subterránea de oro del Perú. La producción total, a finales del 2009 fue de 2.1 Moz Au – 2.0 Moz Chipmo y 0.1 Moz Poracota–, cuentan con reservas del orden de 0.7 Moz Au y recursos estimados superan los 1.0 Moz Au.

Chipmo es el depósito más importante de la región de Orcopampa, en los últimos 15 años importantes publicaciones se han venido desarrollando: Swanson, 1998; Noble, 1999; Caddey and Sabastizagal, 1999; Mayta, 1999, Salazar *et al.*, 2009 y Salazar 2008 y en Poracota cabe destacar a Bradford, 1999; Miranda & Vidal, 2006 y Sarmiento, 2008.

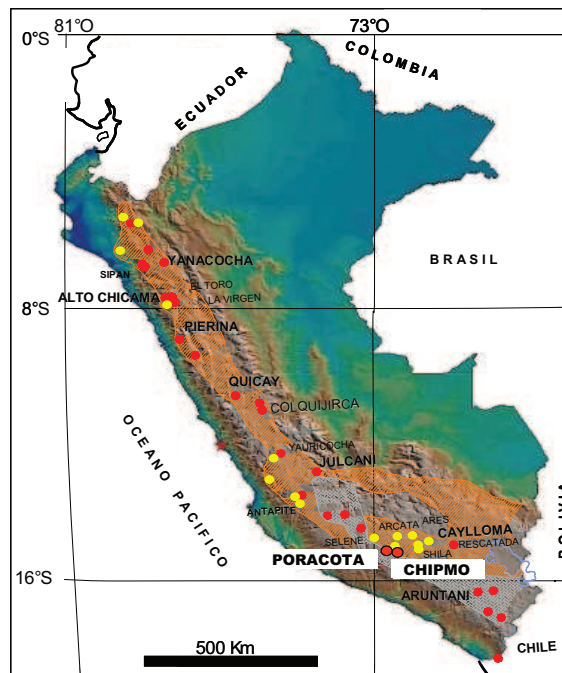


Figura 1. Plano de ubicación considerando importantes depósitos epitermales de alta (rojo) y baja / intermedia sulfuración (amarillo).

GEOLOGÍA Y CONTEXTO TECTÓNICO

La actividad magmática se inicia ~ 23 Ma con la erupción de los volcánicos Santa Rosa, asociados a múltiples estratovolcanes discordante a la formación de la caldera de colapso Chinchón de ~ 20 Ma. Posteriormente se formaron múltiples domos y lavas de composición dacítica a andesítica denominados Volcánicos Sarpane. Después de un hiato en la actividad volcánica de ~ 5 Ma, el vulcanismo del Mioceno Medio está caracterizada por erupciones de coladas piroclásticas denominados como Toba Chipmo de 14,2 Ma que se depositaron contemporáneos a la formación de la caldera Poracota de 14 Ma. El vulcanismo de las rocas hospedantes de Chipmo y Poracota, se caracterizan por un magmatismo calcoalcalino rico en K con

importantes anomalías negativas de Eu, Nb y Ta. Las dacitas y andesitas Sarpane en Chipmo tienen elevados contenidos de Co, Ni y Cr.

Dos principales fases de deformación transcurrente están relacionadas al tiempo de la mineralización. Las principales vetas en Chipmo son Nazareno y Prometida, ellos están localizadas al borde oeste del Graben Orcopampa, controlado por fallas dextrales y a veces normal, con rumbos de $N45^{\circ} - 75^{\circ} E$, tiene un σ_1 variable en la dirección E – O en un régimen transtensivo. Por otro lado en Poracota, fallas de rumbo sinistral E – O de buzamientos convergentes (Ej. Viscacha y Lourdes) originaron fallas NE con movimientos dextrales que dieron lugar a la formación de los alimentadores o “*feeders*” como la veta 1900 y Soraya. Se tiene un σ_1 en la dirección ENE, en un régimen transpresivo. Estas dos fases de deformación se desarrollaron dentro de la fase tectónica compresiva Quechua. Figura 2.

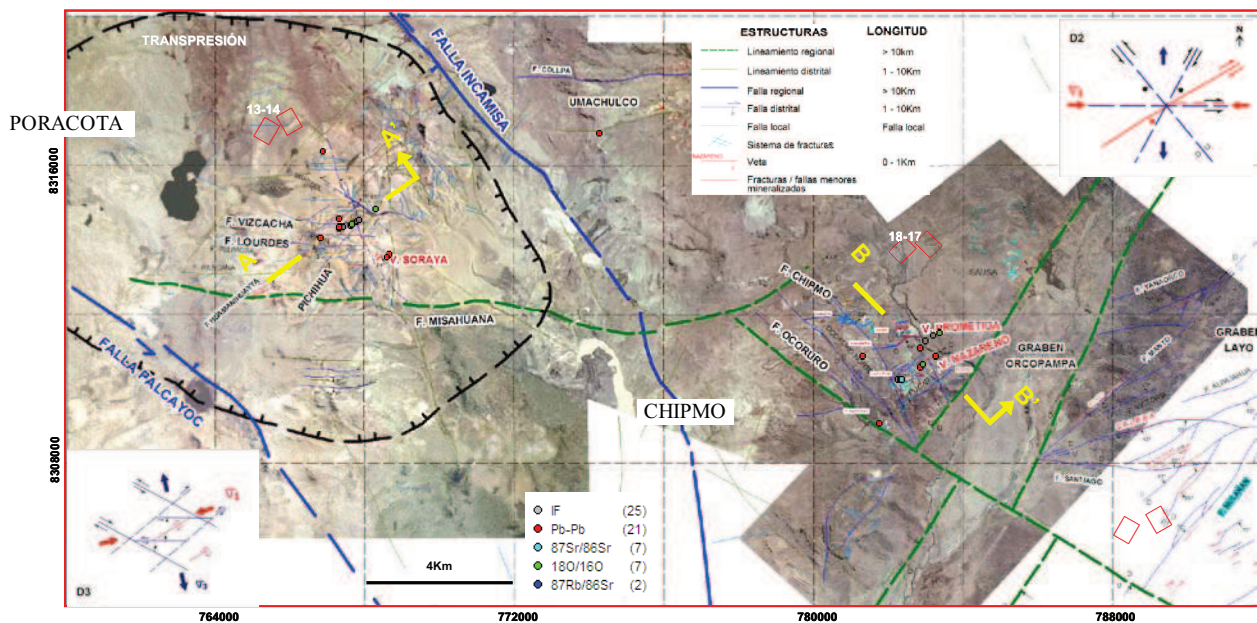


Figura 2. Geología Estructural de la región de Orcopampa indicando las dos principales fases de deformación en Chipmo y Poracota.

FLUIDOS HIDROTERMALES

El estudio de las familias de inclusiones fluidas (FIF) primarias se hicieron en cuarzo y baritina. En total 524 temperaturas de homogenización y de fusión de FIF primarias fueron obtenidas de 20 muestras. Las muestra provienen de diferentes profundidades, diferentes estructuras mineralizadas y distinguiendo las diferentes etapas paragenéticas. Los trabajos de enfriamiento y calentamiento fueron hechos usando la platina USGS adaptada de Reynolds, Fluid Inc. Los datos obtenidos de las temperaturas de homogenización en las FIF varían de 5° a $30^{\circ} C$. Los tamaños de las inclusiones fluidas varían de $5 \mu m$ a $55 \mu m$ de tamaño. El 90 % de la población total está conformada por inclusiones bifásicas líquido-vapor.

En la mineralización epitermal de Chipmo de $\sim 18 Ma$, el oro esta asociado a dos de las cuatro etapas dominadas por cuarzos: la etapa Pre-Mena, la etapa de Oro Nativo, la etapa de Teleruros de Oro – principalmente Calaverita, en menores concentraciones ocurren la Goldfeldita, Teleruros de Bismuto, Seleniuros, Tenantita, Enargita y Casiterita– y la etapa Estéril Terminal. Ellos contienen FIF bifásicas primarias, sus temperaturas de homogenización media varían de $263,5^{\circ}$ a $281,5^{\circ} C$ y las salinidades oscilan de cero a 4,9 wt % NaCl equivalente. La textura “*latice bladed*” asociado a la mineralización de teleruros contiene familia de inclusiones fluidas en ebullición. La transición a fluidos menos salinos que alcanzan la ebullición, favorece a la deposición de los teleruros que fueron transportados en la fase vapor y el oro en la fase liquida. Paleo-profundidades en el tiempo de la actividad hidrotermal varían de 550 m a 591 m, indicando niveles de erosión entre 300 m a 400 m en referencia a la veta Nazareno (Figura 3).

FIF secundarias obtenidas de las microfrazas de los cuarzos petrogénicos en la veta Prometida, corresponden a fluidos salinos –no saturados– ricos en CO₂ provenientes de niveles porfiríticos o podrían representar vapores hidrotermales relacionados a la inicial alteración argílica avanzada.

En cambio la mineralización de oro de Poracota de 13.7 Ma es típica de alta sulfuración, tiene tres etapas paragenéticas siendo la dos ultimas etapas: Pirita Aurífera, conformada por sílice, pirita, enargita, oro menor a 10 μm de talla y la etapa Bonanza constituido por cuarzo gris, pirita y oro nativo, las portadores de la mineralización aurífera. Estas contienen FIF primarias bifásicas y trifásicas, sus temperaturas de homogenización media varían de 281,6° a 345,4 °C y salinidades medias oscilan 1,8 % a 27,4 wt % NaCl equivalente.

Procesos de dilución y mezcla de fluidos dieron lugar a la formación de los Cuerpos proximales a los alimentadores o “feeders” Silvana, María Fe, Paola y el Manto Águila de reemplazamiento distal. Volúmenes significativos de vapores magmáticos predominan en la mezcla posterior con aguas meteóricas someras.

Posteriormente ascienden fluidos magmáticos en ebullición a alta presión. Este cambio en la composición del fluido y la separación de vapores magmáticos de las fases liquidas mas densas y saturadas, favorece la deposición de oro que parecería fue trasportado en la fase vapor y precipitado, al menos parcialmente, como un sublimado. Es posible que el sistema epitermal se formó en condiciones de presión intermedia menores a las litostáticas en un sistema confinado. Clastos de cuarzo exótico en la veta Soraya contienen FIFs polifásicas, corresponden a fluidos hipersalinos –las salinidades van de 30 % a 37 wt % NaCl eq.–, asociado a fluidos magmáticos pre-epitermal. Figura 4.

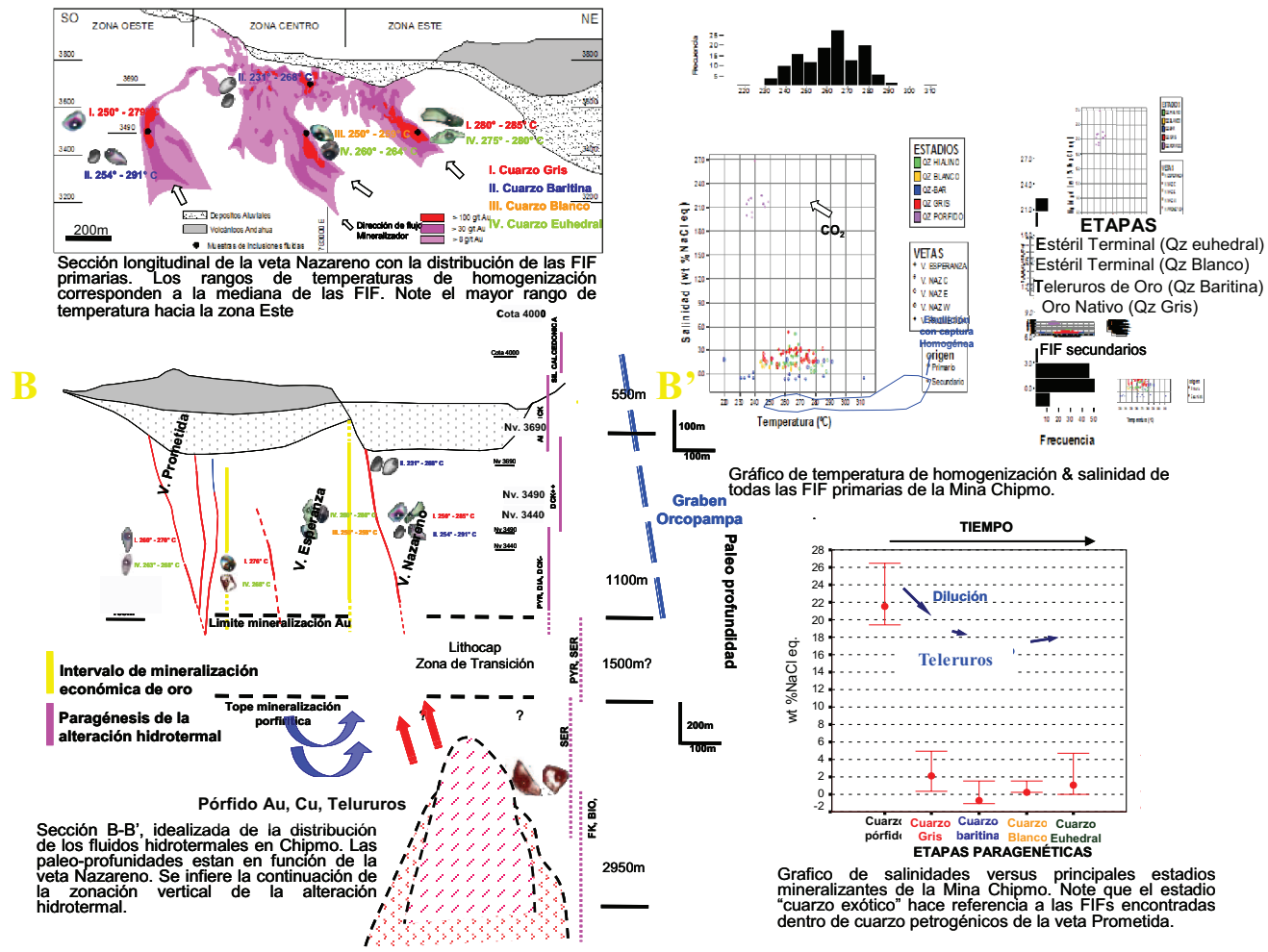


Figura 3. Características y distribución de los fluidos hidrotermales en Chipmo.

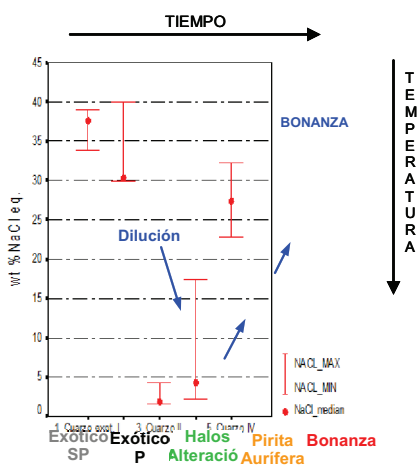


Gráfico de salinidades versus principales estadios mineralizantes en Poracota. Note el incremento de salinidad y temperatura en etapa "Bonanza". Los estadios "cuarzo exótico I y II" representan a los FIF encontradas dentro de cuarzos exóticos dentro de la veta Soraya.

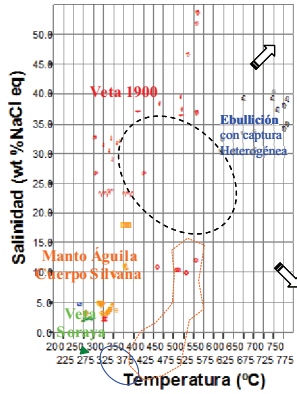
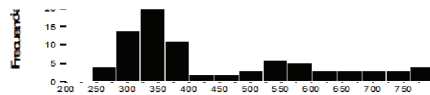


Gráfico de temperatura de homogenización & salinidad de todas las muestras y familias de inclusiones fluidas primarias de Poracota. El contorno verde representan los FIF pertenecen a clastos exóticos provenientes de mineralización pre-epiternal profunda.

Veta Soraya

Estadios Paragenéticos

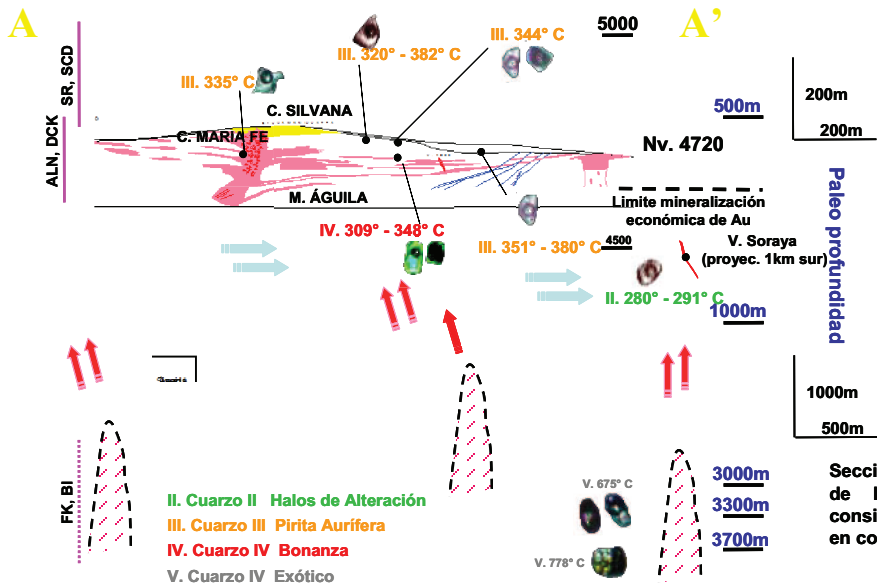
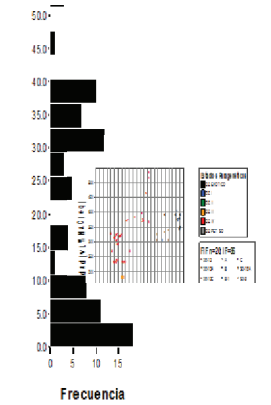
- QZ EXOTICO
- QZ I
- QZ II
- QZ III
- QZ IV
- QZ PET SO

FIF n=20; IF=86

- * 06-13 = A * C
- * 06-13A = B * SO-16A
- * 06-13C = B-1 * SO-9
- * SO-15A = B-2 * SO-16E
- * SO-15C = B-3 * SO-3
- * 1900-1A = B-4 * SO-3A
- * 36-BA = EX-11

Estructuras Minerali:

- * MANTO AGUILA
- * MANTO DORADO
- * V. 1900 ext. N
- * V. 1900 ext. S
- * V. SORAYA



Etapas Paragenéticas

- Halos Alteración
- Pirita Aurífera
- Bonanza
- Qz exótico SP
- Qz exótico P

Sección esquemática de la distribución de los fluidos hidrotermales. Se consideraron las paleo-profundidades en condiciones litostáticas.

- Aguas meteóricas
- Vapores magmáticos
- Fluidos magmáticos

Figura 4. Características y distribución de los fluidos hidrotermales en Poracota.

COMPORTAMIENTO ISOTOPICO DE PB

Existe una ligera disminución en $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ entre el vulcanismo Sarpane del Mioceno inferior ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 18,697-18,825$) al vulcanismo de la caldera Poracota ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 18,598-18,697$) del Mioceno medio. Las rocas volcánicas tienen un amplio aporte de la corteza superior. La mineralización de Chipmo es más radiogénica que sus rocas volcánicas hospedantes, muestra una tendencia isotópica lineal con un amplio rango ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 18,513-18,787$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15,509-15,745$ y $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 38,393-39,044$). El aporte de las rocas volcánicas del Mioceno inferior es insignificante. Figura 5. El $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ en las barinitas de Chipmo son más radiogénicas ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ de 0,707568 a 0,708718) que Poracota. Este incremento de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ refleja una modificación en el origen del Sr inicial magmático por contribución de Sr radiogénico debido a remobilizaciones de fluidos provenientes de su propia mineralización (heredadas) o por contribución de rocas de basamento.

En contraste, los estadios de mineralización aurífera en Poracota, contienen rangos isotópicos restringidos ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 18,612-18,623$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15,607-15,623$ y $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 38,619-38,679$), isotópicamente no han sido homogenizados. La mineralización está directamente relacionada a la caldera Poracota, demostrando que son de la misma fuente magmática. Los rangos isotópicos de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ en las baritinas de Poracota varían de 0,706020 a 0,706200, indicando que el Sr es proveniente de rocas con bajos ratios Rb/Sr.

La mineralización de Oro y Teleruros de Oro en Chipmo demostró tener una tendencia lineal isotópica de Pb; similar tendencia ha sido evidenciada en otros depósitos epitermales importantes de Au y Ag en la región, tales como Calera y Shila; dichas tendencias han sido formados por fluidos de evolución compleja y de múltiples fuentes que pueden ser utilizado como guía en la exploración mineral.

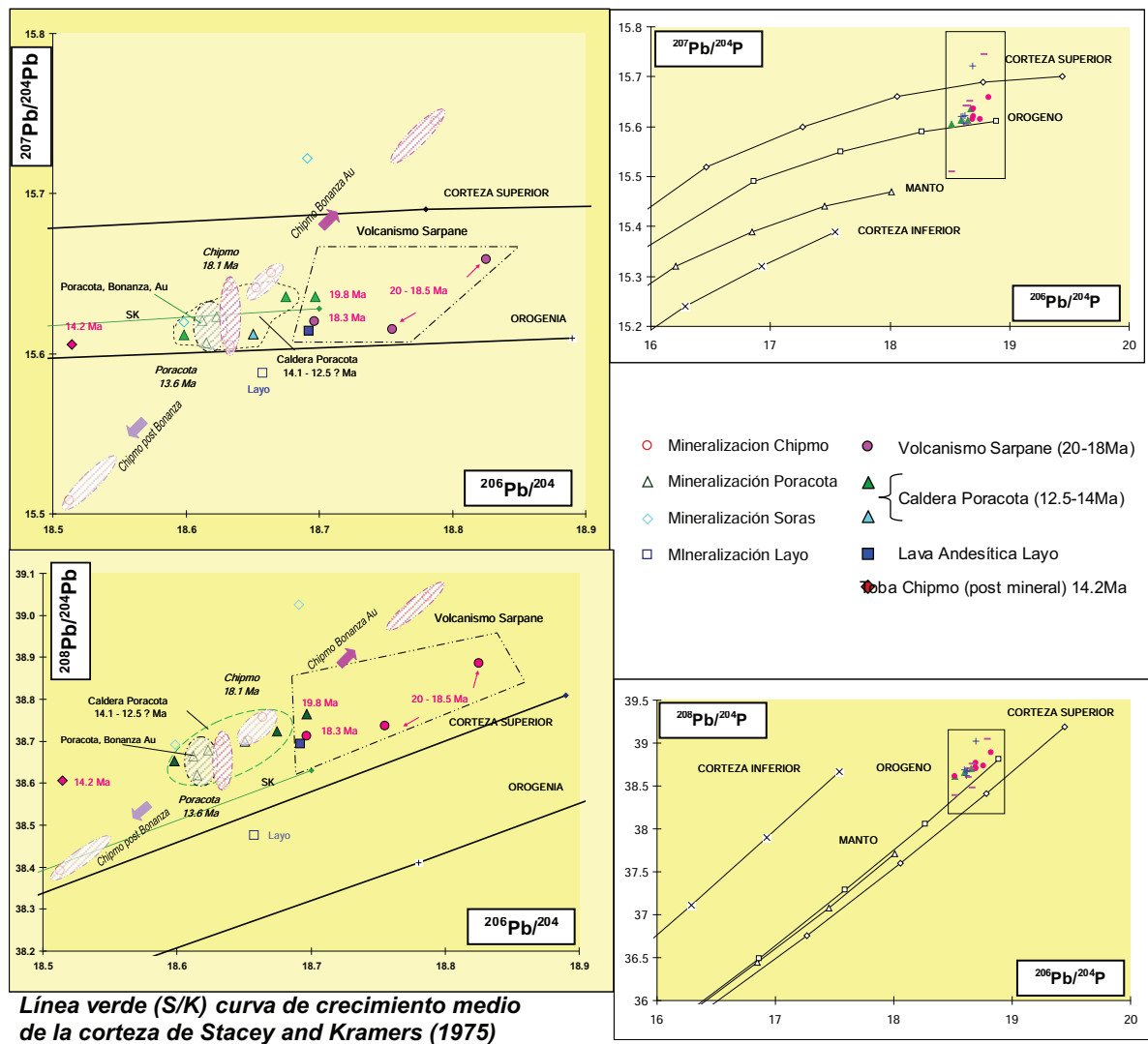


Figura 5. Diagramas de evolución plumbotectónica de Zartman and Doe (1981), donde exhibe las composiciones isotópicas actuales de Pb Uranogénico ($^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ versus $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$; Arriba) y Thoriogénico ($^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ versus $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$; Abajo) correspondiente a los diferentes minerales de mena de Chipmo y Poracota relacionados a sus rocas volcánicas hospedantes de edad miocénica.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Bradford, J. 1999. Poracota: un yacimiento epitermal de oro de alta sulfuración en el Sur del Perú. Primer volumen de monografías de yacimientos minerales peruanos. Historia, Exploración y Geología. Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, pp. 49 -60.

Caddey, S. and Sabastizabal, A., 1999a. Tectonic setting, structural deformation, history, ore controls, and exploration target areas for the Chipmo Mining District, Souther Perú. Compañía de Minas Buenaventura. Reporte Interno.

- Miranda, M. y Vidal, C., 2006. Estratigrafía volcánica, geocronología, paragénesis e inclusiones fluidas en el yacimiento de oro epitermal Poracota. Sociedad Geológica del Perú, XIII Congreso Peruano de Geología, resúmenes extendidos, pp. 761 – 764.
- Mayta, O, 1999. Yacimiento Aurífero Chipmo, Primer volumen de monografías de yacimientos minerales peruanos. Historia, Exploración y Geología. Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, pp 37 – 49.
- Noble, D.C., 1999. Preliminary evaluation of the multi-element geochemistry of the Chipmo zone, Orcopampa District, southern Perú. Compañía de Minas Buenaventura. Reporte Interno.
- Salazar, J.C., Sarmiento, J.C., Vidal, C. and Noble, D.C., 2009. Bonanza Gold-Telluride epithermal vein mineralization of the Chipmo zone, Orcopampa district, southern Perú.
- Salazar, J.C., 2008. Epithermal gold-telluride mineralization in the Chipmo deposit, Orcopampa district, Arequipa, Perú. Tesis de Maestría no publicada. University of Western Australia, 105 p.
- Sarmiento, J.C., 2008. Menas auríferas epitermales en Chipmo y Poracota, Arequipa - Perú. Inclusiones fluidas e isótopos de Plomo y Estroncio, aplicaciones para la exploración. Tesis de Maestría no publicada. Escuela de Minas – Universidad Politécnica de Madrid y Centro de Pesquisas Geocronológicas – Universidade de São Paulo (Brazil). 199 p.
- Swanson, K.E., 1998. Geology of the Orcopampa 30 Minute Quadrangle, Southern Perú, with Special Focus on the Evolution of the Chinchón and Huayta calderas. A dissertation submitted for the degree of Doctor of Philosophy in Geology. University of Nevada, Reno.