

# Los sulfuros masivos volcanogénicos de la Cuenca Lancones (Perú)

## Volcanogenic massive sulfides of Lancones Basin (Peru)

A.M. Ríos Carranza <sup>(1)</sup>, R. Castroviejo Bolibar <sup>(2)</sup> y J.M. García Jiménez <sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Consultor: Condominio El Mirador, Block G - Departamento 501. Los Álamos de Monterrico. Santiago de Surco, Lima 33, Lima - Perú. Teléfono: +51-13538082, albertorios25@hotmail.com

<sup>(2)</sup> Universidad Politécnica de Madrid. ETSI Minas, C/ Ríos Rosas 21, 28003\_Madrid – España. Teléfono: +34-913366465. ricardo.castroviejo@upm.es

<sup>(3)</sup> Consultor: 82 Eagle Street, Level 8, Brisbane QLD 4000. Australia. Teléfono: +61-424757069 jmgarciajimenez@ono.com

### ABSTRACT

The Lancones basin is located on the north west coastal belt area of Peru, in the Department of Piura. It is bordered to the west by the Palaeozoic Amotapes coastal massif and to the east by the Western Andes pre-mountain range region. This basin extends to Ecuador, where it is called Celica basin.

The Lancones basin contains arc-related felsic and mafic volcanic rocks, which make it an excellent target for exploration for volcanogenic massive sulphide (VMS) deposits in Peru. Actually the Lancones basin hosts the Tambogrande VMS group of deposits, which constitute the most advanced VMS project in Peru. This group consists of three world-class massive sulphide deposits TG1, TG3 and B5.

The Lancones basin is part of a first-order extensive rift, in which tholeiitic oceanic-arc crust was generated. This extensional basin developed between the late Jurassic and the early Cretaceous period. The breakup of Laurasia and Gondwana, which began in the middle Jurassic, resulted in the north-west movement of what is presently the South American continent. The rift formed along a subduction zone on the western side of this continent.

The stratigraphy of the submarine volcanic sequences is composed of a basal formation, the Basal Volcanic Group or GBV, which is disconformably overlain by a volcano-sedimentary formation, the Volcanic Sedimentary Group or GVS. These two formations contain two distinct metallogenic suites within the Lancones basin. Each is distinguished by specific litho-geochemical, petrographic and mineral attributes, age determinations and VMS deposit types.

The pre-Albian mafic bimodal GBV contains high grade, large tonnage Cu-Zn type VMS deposits (Tambogrande type) associated to dacitic domes formed in second – or third-order extensional basins. The middle to upper Albian GVS contains low tonnage Zn-Pb-Cu type VMS mineralizations (Kuroko type). These are associated with felsic sequences of rhyolitic to dacitic composition, associated with a felsic-dominated arc setting. The rocks of the GBV, which contain the polymetallic Tambogrande deposits, are tholeiitic. The rocks of GVS are mainly transitional between calc-alkaline and tholeiitic.

**Key words:** Lancones, Tambogrande, VMS, Cu-Zn, gossan, precious metals

Geogaceta, 44 (2008), 47-50  
ISSN: 0213683X

### Introducción

La Cuenca Lancones se encuentra ubicada en la región noroccidental del Perú, en el Departamento de Piura y en el borde oriental de la Franja Costanera, su límite oeste lo constituye el Macizo de Amotapes y hacia el este la región precordillerana de la Cordillera Occidental de los Andes. Esta cuenca se extiende hacia Ecuador, en donde se la ha denominado Cuenca Celica (Fig. 1).

La Cuenca Lancones, por sus características geológicas, mineralógicas y litológicas, puede ser considerada como el principal objetivo en la prospección por yacimientos volcanogénicos de sulfuros masivos (VMS) en el Perú (Ríos, 2004).

Depósito	Zn (%)	Pb (%)	Zn+Pb	Zn/Zn+Pb	Clase VMS	Formación	Evento	Información	Tonelaje (mill.Ton)
TG1	1.40	0.10	1.50	0.93	a	Ereo	GBV	Cubicación	64.00
TG3	1.00	0.10	1.10	0.91	a	Ereo	GBV	Cubicación	110.00
B5	3.50	0.10	3.60	0.97	a	Ereo	GBV	Sondeo	200.00
Cerro Colorado	0.83	0.40	1.23	0.67	b	La Bocana	GVS	Sondeo	0.25
Tomapampa	1.93	0.30	2.23	0.87	b	La Bocana	GVS	Sondeo	0.30
Potrobayo	0.60	0.16	0.76	0.79	b	La Bocana	GVS	Sondeo	0.25

(a) Grupo de depósitos SMV Cu-Zn; (b) Grupo de Depósitos SMV Zn-Pb-Cu

Tabla I.- Clasificación de los depósitos de SMV conocidos de la Cuenca Lancones

Table I.- Classification of the known VMS deposits from the Lancones Basin

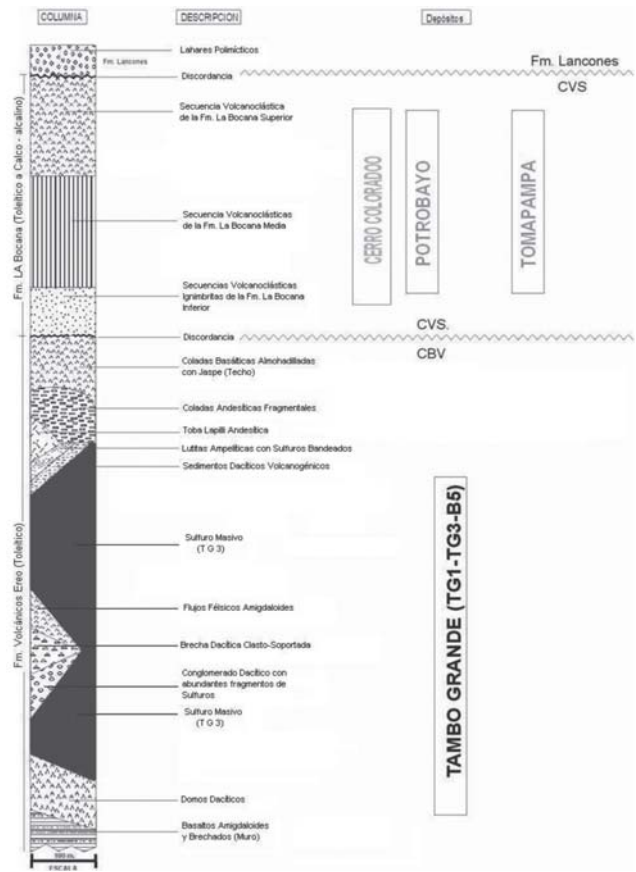
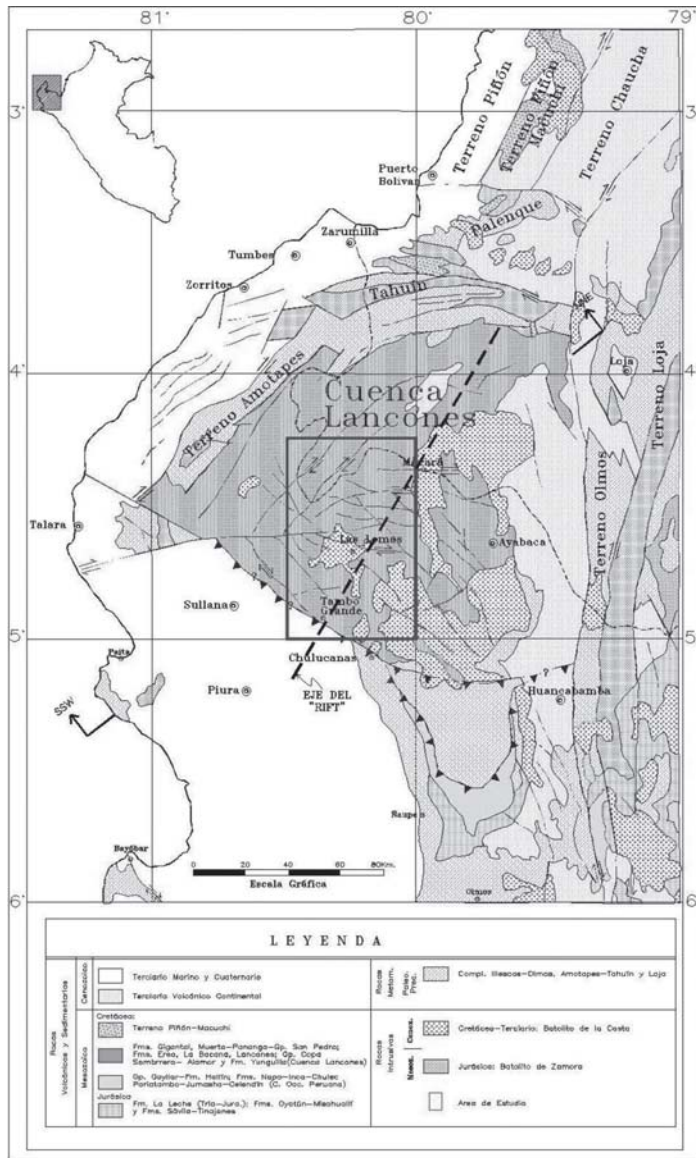


Fig. 2.- Sección estratigráfica del área estudiada.

Fig. 2.- Stratigraphic section of the studied area.

Fig. 1.- Plano geológico de la zona estudiada.

Fig. 1.- Geological map of the studied area.

Actualmente el yacimiento de Tambo Grande, situado dentro de la Cuenca Lancones, cuenta con tres depósitos de sulfuros masivos (TG1, TG3 y B5), considerados como depósitos de clase mundial (Tegart, 2000). Tambo Grande representa una de las más grandes concentraciones de sulfuros masivos del tipo máfico bimodal de pirita y Cu-Zn-Au-Ag en el mundo, cuenta con aproximadamente 300 Mt de sulfuros entre sus tres depósitos. (Winter *et al.*, 2003).

**Geología**

La Cuenca Lancones formaba parte de una estructura de primer orden; un graben extensivo, generador de corteza oceánica de afinidad toleítica, que evolucionó entre el Jurásico medio y el Cretácico inferior. Este rift fue producto del régimen tectónico extensivo de dirección principal de extensión noroeste, derivado de la ruptura continental entre



Fig. 3.- Basaltos Toléiticos Almohadillados del Grupo Basal Volcánico (GBV).

Fig. 3.- Pillow toleitic basalts of the Basal Volcanic Group (GBV).

Laurasia y Gondwana, la cual se inició en el Jurásico medio (Tegart, 2000).

La estratigrafía de las secuencias volcánicas submarinas está constituida por una secuencia basal denominada Grupo Basal Volcánico (GBV) del Jurásico superior-Pre-Albiense (Mathur, 2001), a la cual se superpone una secuencia volcano-sedimentaria denominada Grupo Volcánico Sedimentario (GVS), del Albiense medio a superior (Fig. 2).

Ambos Grupos se diferencian asimismo como metalotectos, según las diferentes técnicas aplicadas: litogeoquímica, petrografía, minerografía, estudios de alteraciones hidrotermales, dataciones y tipología de los depósitos de sulfuros masivos volcanogénicos (SMV).

El primero de ellos es un evento de afinidad toleítica que está representado por las Formaciones Ereo y Chungas, es decir, los equivalentes al Grupo Basal Volcánico (GBV) y el otro evento, de afinidad transicional entre toleítico y calco-alcalino, está representado por la Formación La Bocana y sus miembros Pilares y Cabuyal (Caldas y Farfán, 1997), equivalentes al Grupo Volcánico Sedimentario (GVS). (Figs. 2, 3)

**Caracterización geoquímica de las secuencias volcánicas**

Desde el punto de vista litogeoquímico, las rocas del Grupo Volcánico Sedimentario (GVS) se caracterizan como más evolucionadas por su afinidad transicional entre el campo toleítico y el campo calco-alcalino; se trata de una secuencia mayormente volcanoclástica bimodal (félsica-máfica), con presencia de mayor cantidad de facies sedimentarias y características de un ambiente de arco de islas volcánico y de mares someros.

El Grupo Basal Volcánico (GBV) se caracteriza como una secuencia volcánica máfica, de ambiente de formación correspondiente a una estructura de apertura de fase distensiva, generadora de corteza oceánica (Fig. 4).

**Mineralización**

Se han clasificado los depósitos de SMV de la cuenca Lancones según la relación (Zn/Zn+Pb), que según Lydon (1987) permite discriminar dos grandes grupos a escala mundial: el tipo Cu-Zn (o Chipre), con valores  $Zn/Zn+Pb > 0.95$ , y el tipo Zn-Pb-Cu (o

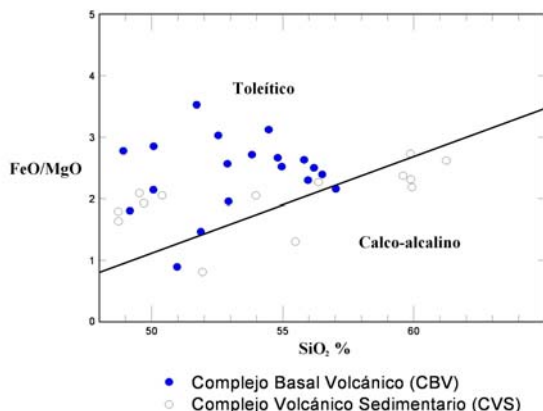


Fig. 4. Diagrama geoquímico de FeO/MgO vs SiO<sub>2</sub>.

Fig. 4. Geochemical diagram of FeO/MgO vs SiO<sub>2</sub>.

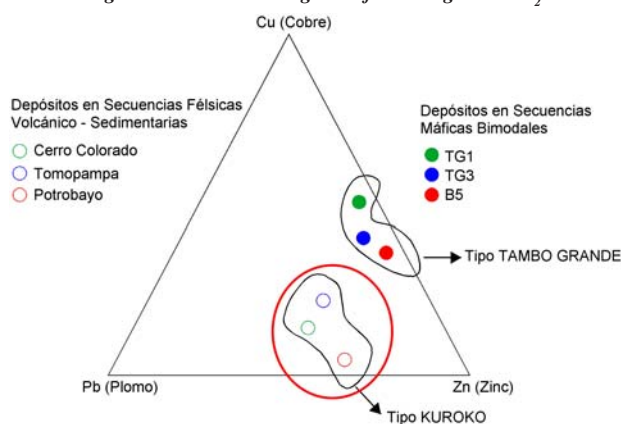


Fig. 5.- Diagrama ternario de las composiciones metálicas de los depósitos SMV conocidos de la Cuenca Lancones.

Fig. 5.- Ternary diagram of metallic compositions of the known VMS deposits from the Lancones Basin.

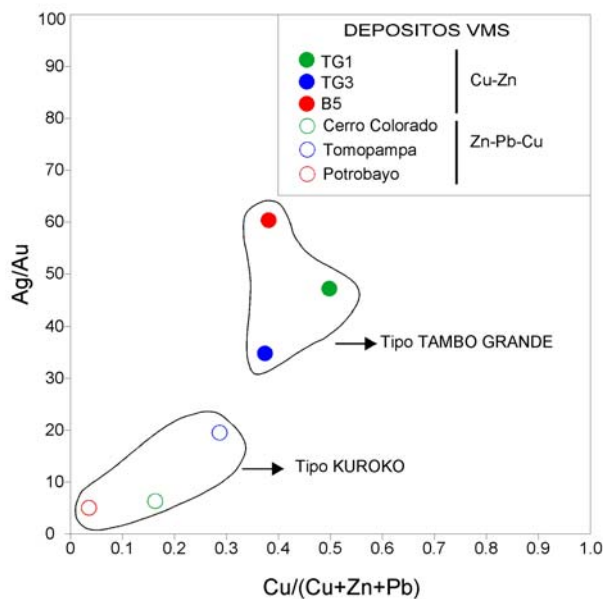


Fig. 6.- Relación entre la proporción Cu/(Cu+Zn+Pb) vs Ag/Au de los depósitos SMV conocidos en la Cuenca Lancones.

Fig. 6.- Relationship between Cu/(Cu+Zn+Pb) vs Ag/Au of the known VMS deposits from the Lancones Basin.



Fig. 7.- Depósito TG1 del Yacimiento de Tambo Grande en el Grupo Basal Volcánico (GBV).

Fig. 7.- TGI deposit of Tambo Grande site in the Basal Volcanic Group (GBV).

Kuroko), con valores  $Zn/Zn+Pb$  entre 0.7 y 0.8. Los yacimientos del GBV (a, en Tabla I) se caracterizan por valores  $Zn/Zn+Pb > 0.9$  y se asimilan al tipo Cu-Zn, mientras que los del GVS (b, en Tabla I) se asimilan, por sus valores  $Zn/Zn+Pb$  más bajos, al tipo Zn-Pb-Cu.

El Grupo Basal Volcánico (GBV), pre-Albiense, contiene yacimientos tipo Cu-Zn (Tambo Grande) de clase mundial, asociados a domos dacíticos, en un ambiente distensivo. Son depósitos de gran tonelaje, en los que predomina cobre y zinc, con plomo en menor cantidad y contenidos importantes de oro y plata.

El Grupo Volcánico Sedimentario (GVS), del Albiense medio a superior, contiene mineralizaciones tipo Zn-Pb-Cu (Kuroko), de escaso tonelaje reconocido hasta la fecha y asociadas a secuencias félsicas de composición riolítica a dacítica, dentro de un ambiente de arco de islas. (Fig. 5, 6 y 7).

En conjunto, los cocientes  $Zn/Zn+Pb$  hallados (Tabla I), al desbordar ligeramente los valores propuestos (Lydon, 1988) para los tipos Cu-Zn y Zn-Pb-Cu, sugieren cierto carácter transicional para los yacimientos de la Cuenca Lancones. No obstante, la re-

presentación gráfica de los contenidos y cocientes metálicos, incluidos Ag y Au (Fig. 5 y 6), demuestra que se proyectan en dos grupos claramente diferenciados, desde el punto de vista geoquímico, en estrecha relación con los respectivos metalotectos litológicos (CBV y GVS).

### Conclusiones

El modelo interpretativo de la evolución de la Cuenca Lancones que más se acomoda a los resultados del estudio es la hipótesis de *rifting* con un posterior arco volcánico, sucediéndose una fase de distensión (Jurásico medio-Cretácico medio) y luego una fase compresiva incipiente (Cretácico superior).

La litogeoquímica, petrografía, mineralogía y tipología de los depósitos de sulfuros masivos volcanogénicos (SMV) caracterizan dos principales metalotectos en la Cuenca Lancones, el Grupo Basal Volcánico (GBV) y el Grupo Volcánico Sedimentario (GVS), poniendo de manifiesto evidentes diferencias entre ambos.

El Grupo Basal Volcánico (GBV), de afinidad toleítica y derivación

mantélica, Jurásico superior – pre-Albiense, contienen mineralizaciones tipo Cu-Zn (Tambo Grande), de gran tonelaje, asociadas a domos dacíticos en un ambiente tectónico distensivo.

El Grupo Volcánico Sedimentario (GVS), de afinidad transicional a calco-alcalina, del Albiense medio a superior, contiene mineralizaciones tipo Zn-Pb-Cu (Kuroko), de escaso tonelaje hasta la fecha, asociadas a secuencias félsicas de composición riolítica a dacítica en un contexto de arco volcánico.

### Agradecimientos

Es, para los autores, un grato deber expresar su agradecimiento a entidades como: Compañía de Minas Buenaventura S.A.A., la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, la Universidad Politécnica de Madrid y BHPBilliton, por su desinteresada colaboración para la elaboración de esta investigación.

### Referencias

- Caldas, J. y Farfán, C. (1997). En: *IX Congreso Peruano de Geología. Resúmenes extendidos*, 249-253.
- Lydon, J. W. (1988). *Volcanogenic Massive Sulphide Deposits, Part 1, A Descriptive Model*. In: Roberts R.G. & Sheahan P.A. (eds.) *Ore Deposit Models*. Geoscience Canada, Rep. Ser. 3, GAC, St. John's, Newfoundland, pp.145-153.
- Mathur, R. (2001). *Datación de Re-Os. Informe Interno de BHP Billiton*, 10 p.
- Ríos, A. (2004). *Estudio del Metalotecto Lancones y su Potencial por Yacimientos de Sulfuros Masivos. Piura-Perú. Descripción, Interpretación y Potencial*. Tesis Doctoral. ETSI Minas, Univ. Politécnica de Madrid. 2 vols, 224 y 140 p.
- Tegart, P. (2000) En: *X Congreso Peruano de Geología. Resúmenes extendidos*, 54.
- Winter, L.S., Tosdal, R., Mortensen, J.K., Franklin, J.M. y Tegart, P. (2003). En: *Joint Annual Meeting-Massive Sulphides On The Edge: Earth Science at North America's Western Margin*. Abstracts 28, 652.