

# ESTILO ESTRUCTURAL DE LOS YACIMIENTOS MINERALES EN LA FRANJA HUAMACHUCO-CAJABAMBA: ANDES NORPERUANOS

Jacay J. \*, Guadalupe E. \*\*, Sánchez J. \*

## RESUMEN

Los andes norperuanos presentan una notable y completa sedimentación cretácea acumulada en una plataforma siliciclástica y carbonatada, con una subsidencia muy importante; la cual, durante el Cenozoico ha sido afectada por un estilo tectónico compresivo, que generó un sistema de pliegues y fallas inversas con vergencia al este.

Todo este sistema es recortado por numerosos stocks y domos subvolcánicos porfiríticos de composición ácida, que siguen un rumbo andino (aproximadamente NW-SE), los que han servido como fuente de los fluidos mineralizantes para las diferentes áreas mineralizadas en la franja comprendida entre la sierra del departamento de La Libertad y el sur del departamento de Cajamarca (7°-8°S).

Dentro de esta franja, diversos prospectos de mineralización epitermal de minerales preciosos (Au) están asociados a zonas de cizallamiento compresivo, los cuales tienen como roca huésped a secuencias siliciclásticas de la Formación Chimú (Cretáceo inferior), las que han sido tectonizadas hacia el fin del Eoceno medio y mineralizadas durante el Mioceno.

Algunos elementos estructurales (tales como las fallas transpresivas, los pliegues, etc.) que han controlado el entrapamiento de la mineralización son expuestos en el presente trabajo.

**Palabras claves:** Mineralización, tectónica, magmatismo, cenozoico.

## ABSTRACT

The north-peruvian Andes presents a remarkable and it complet cretaceous sedimentation accumulated in a platform siliciclastica and carbonated, with a very important subsidence; the one which, during the Cenozoic it has been affected by a compressive tectonic style. It is this tectonic style the one that has generated a system of pleats and inverse flaws with vergencia to the This.

This whole system is clipped by numerous stocks and domes subvolcanicos porphyritics of sour composition that follow an Andean direction (approximately NW-SE), those that have been good as source of the fluids mineralizantes for the different areas mineralized in the understood fringe between the mountain of the La Libertad Department and the South of the Department of Cajamarca (7°-8°S).

Inside this fringe diverse handouts of mineralization epitermal of beautiful minerals (Au) they are associated to areas of compressive shear, which have as rock guest to sequences siliciclastics of the Chimu Formation (lower Cretaceous). Sequences of this unit stratigraphy have been tectonizadas toward the end of the middle Eocene and mineralized in the Miocene.

Some structural elements (how as transpresiv faults, folds, etc.) that they have controlled the entrapamiento of the mineralization they are exposed work presently.

**Key words:** Mineralization, tectonic, magmatism, Cenozoic.

\* Docente de la EAP Ingeniería Geológica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

\*\* Docente de la EAP Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

## I. INTRODUCCIÓN

Durante los diez últimos años se ha dado interés a la localización y/o asociación de diversos tipos de yacimientos minerales con fallamientos transversales al sistema andino (orientación SW-NE), los cuales son susceptibles de ser reconocidos por imágenes satelitales o fotografías aéreas (Vidal y Noble, 1994; Valdivia *et al.*, 1995; Petersen y Vidal, 1996; Quiroz, 1997 y Núñez, 1997). Paralelamente, en los andes norperuanos se ha intensificado la prospección y desarrollo de yacimientos de minerales preciosos (Au) (Tumialan, 1978; Guadalupe *et al.*, 1991; Montoya *et al.*, 1996; Montoya, 1999 y Gauthier *et al.*, 1999) en estructuras de rumbo andino (Véase Figura N.º 1), los cuales están ligados, al menos localmente, a un estilo de tectónica en compresión que afecta particularmente a rocas del Cretáceo inferior (Grupo Goyllarisquizga).

## II. ELEMENTOS ESTRUCTURALES QUE INFLUYEN EN LA UBICACIÓN DE DEPÓSITOS MINERALES

La estructura de un yacimiento es el resultado final de un conjunto de eventos sucesivos, correlacionables entre ellos, como son las zonas de debilidad estructural desarrolladas a lo largo de un área dada; las más importantes son las intersecciones de sistemas de fallas regionales, cambios de rumbo y buzamiento de estructuras, etc. Para la ubicación de áreas mineralizadas se pueden considerar:

- Fallas de importancia regional y local,
- zonas plegadas,
- alineamiento de cuerpos intrusivos.

En lo referente a zonas plegadas, estructuradas en periodos de tectónica compresiva, se tiene el desarrollo de cabalgamientos que generan un sistema de pliegues con cizallamiento tectónico compresivo y extensivo que afecta ampliamente las zonas de charnela de las estructuras anticlinal y sinclinal, las que relacionadas a cizallamientos anteorogénicos, sin-orogénicos y a reactivaciones por periodos de tectónica compresiva posteriores a la migración del frente de deformación y probablemente asociado a cizallamientos en sistemas transpresivos dará como resultado un polifracturamiento, creando así una franja de debilidad estructural, en las cuales se entrampará posteriormente la mineralización de manera horizontal.

## 2.1 Características geológicas de los andes norperuanos (7°-8°s)

Como basamento de la secuencia Cretácea, se encuentra el Grupo Chicama (Titoniano superior), que se compone mayormente de lutitas grises oscuras a negras; ocasionalmente dentro de esta secuencia, se presentan delgadas intercalaciones de areniscas y calizas y nódulos con piritas (Cossio, 1964; Reyes, 1980 y Jacay, 1996).

Posterior a la Fase Tectónica Virú del límite Jurásico-Cretáceo y sobre diversos terrenos (paleozoicos y mesozoicos), se desarrolla en los Andes Norperuanos una plataforma siliciclástica denominada Grupo Goyllarisquizga (Cretáceo inferior), el que a partir del Albiano da lugar al desarrollo de una plataforma carbonatada epicontinental hasta el Turoniano superior (Jaillard, 1994 y Robert *et al.*, 1998); prosiguiendo en el Cretáceo superior-Cenozoico con un periodo de inversión tectónica y desarrollo de cuencas de antepaís (Megard, 1984 y Naeser *et al.*, 1991).

La cobertura volcánica cenozoica (Grupo Calipuy) que regionalmente sigue una franja NW-SE, entre los 7°-8°S se presenta débilmente plegada y se compone de secuencias de lavas y piroclásticos intercalados con horizontes sedimentarios (fluviátiles y lacustres).

El grupo Goyllarisquizga (>2000m de espesor) de la cuenca occidental peruana es divisible en cuatro unidades litoestratigráficas, las cuales son las formaciones Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat. La formación Chimú en áreas como Angasmarca-Huamachuco presenta dos subunidades: una secuencia inferior ( $\pm 200\text{m}$ ) más maciza, compuesta de grandes bancos de areniscas y ortocuarcitas de granulometría gruesa a media, y una secuencia superior ( $\pm 100\text{m}$ ) de delgados a medianos bancos de areniscas y ortocuarcitas de granulometría media a fina, que se intercalan con delgados niveles limolíticos hacia la parte superior. Ambas secuencias estrato-grano decrecientes pertenecen a facies de canales entrelazados, conformadas en una planicie deltaica, cuyo sentido de progradación es hacia el W-SW (Jacay, 1996).

## 2.2 Estilo tectónico

Como consecuencia de la «crisis» tectónica del Eoceno medio (44-42Ma) se tiene el desarrollo y estructuración mayor de la faja plegada y corrida de la Cordillera Occidental (Megard, 1984); que en este sector de la vertiente oriental de la Cordi-

llera Occidental configuran un sistema de escamas tectónicas con vergencia al este, constituyendo un «Foreland-vergent thrust» en el sentido de McKlay, (1992), con un apilamiento tectónico de las secuencias mesozoicas de la cuenca occidental peruana.

Durante el periodo de la orogenia andina (periodo de inversión tectónica y estructuración del sistema andino), las cuarcitas y areniscas de la Formación Chimú que poseen un comportamiento de material competente, se fracturaron y los esfuerzos compresivos migraron hacia niveles superiores configurando estructuras tectónicas con un alto grado de fracturamiento de carácter compresivo y extensivo en las zonas de charnela de los anticlinales y sinclinales adyacentes a una rampa de falla inversa.

### 2.3 Magmatismo y mineralización

Hacia el Mioceno inferior-medio en la franja Huamachuco-Cajabamba se tenía una serie de intrusivos porfiríticos menores (epizonales y/o subvolcánicos), los cuales son datados entre 25-9 Ma (Tabla N.º 1), habiéndose emplazado en más de una época en los niveles más altos de la corteza, estando controlados por fallas de rumbo andino (NW-SE) y pudiendo éstas ocurrir de manera diapírica (Vignerese, 1988; Parada, 1984). Estos cuerpos intrusivos han dado lugar a la mineralización epitermal por oro, conjugando tanto el estilo estructural y la estratigrafía de la Formación Chimú, ya que en esta franja metalogénica es donde ocurren yacimientos epitermales del tipo cuarzo-sulfuro (baja sulfuración) que no presentan una extensión profunda, pero sí una gran amplitud horizontal (Gauthier, 1999) evidenciado en prospectos como: Santa Rosa (Angamarca), El Toro, San José, El Pallar (Huamachuco), La Arena, Virgen, Maria Angola, Algamarca, Igor, etc. (Véase Figura N.º 2).

### III. CONCLUSIÓN

La zona de escamas de la Cordillera Occidental constituye una franja de cizalla por compresión en un sistema transpresivo, cuya máxima actividad de estructuración corresponde al Eoceno medio-superior («crisis» Tectónica del Eoceno-Oligoceno inferior), lo que asociado a una posterior actividad magmática durante el Mioceno dio lugar a una franja de mineralización, en las cuarcitas de la Formación Chimú.

En los diversos prospectos de esta franja metalogénica el entrampamiento de la

mineralización se encuentra en las zonas de cizallamiento, algunos de ellos se configuran en las estructuras anticlinal y sinclinal tectonizados en un régimen transpresivo.

Este alineamiento de los stocks y/o domos subvolcánicos que siguen un alineamiento N160° al parecer se ha emplazado en periodos transpresivos y su profundización en muchos de estos cuerpos no sobrepasa los 6 km de profundidad.

Las investigaciones para la localización y/o exploración pueden estar centradas en estudios geológicos regionales con énfasis en la identificación del estilo estructural y tectónico, en el análisis cinemático de las estructuras lineales de rumbo andino, en el análisis satelital de los lineamientos mayores, en estudios estratigráficos-sedimentológicos y en la evolución de la secuencia siliciclástica del Cretáceo inferior.

### IV. BIBLIOGRAFÍA

1. Cossio, A. (1964). «Geología de los cuadrángulos de Santiago de Chuco y Santa Rosa». *Bol. Com. Carta Geol. Nac.*, N.º 8, 69 pp.
2. Gauthier, A. (1999). «¿Por qué los andes son importantes?» *Mundo Minero*, Año XVIII, N.º 186, pp. 38-44.
3. Gauthier, A.; Díaz, N. y Quirita V. (1999). «Yacimientos La Arena-Virgen». Primer Congreso Internacional de Prospectores y Exploradores, Lima, pp. 73-91.
4. Guadalupe, E.; Gamarra, B. y Chapoñan J. (1991). «Mineralización del yacimiento aurífero de Igor». *Vol. Res. Exp. VII Congreso Peruano de Geología*, pp. 117-121.
5. Jaca, y J. (1996). «Estratigrafía y su relación con la mineralización en el distrito minero de Santa Rosa». *Rep. Int. COMARSA* 10 pp.
6. Jaillard, E. (1994). Kimmeridgian to Paleocene Tectonic and Geodynamic Evolution of the Peruvian (and Ecuadorian) Margin. En: *Salfity, Ed., Cretaceous Tectonics in the Andes*, pp. 101-167, Earth Evolution Sciences, Fried. Vieweg & Sohn, Braunschweig/wiesbaden.
7. McKlay, K. R. (1992). Glossary of Thrust Tectonics Terms. En: *Thrust Tectonics*, Ed. McKlay K. R., pp. 419-433. Chapman & Hall, London.
8. Megard, F. (1984). «The Andean Orogenic Period and its Major Structures in Central and Northern Peru». *J. Geol. Soc.*, London, Vol. 141, pp. 893-900.

9. Montoya, D.; Noble, D.; Eyzaguirre, V. y DesRosiers D. (1996). Sandstone Hosted Gold Deposits. A New Exploration Target is Recognized in Peru. *E. & M. J.* Vol. 196 (6), pp. 34-41.
10. Montoya, D. (1999). Yacimiento aurífero Santa Rosa. Primer Congreso Internacional de Prospectores y Exploradores, Lima, pp. 93-99.
11. Naeser, C. W.; Crochet, J-Y.; Jaillard, E.; Laubacher, G.; Mourier, T. y Sige, B. (1991). Tertiary Fission-Track Ages from the Bagua Syncline (Northern Peru). Stratigraphic and Tectonic Implications. *J. South Amer. Earth Sciences*, Vol. 4, pp. 61-71.
12. Núñez, F. (1997). «Rasgos estructurales relacionados con la metalogenia del Perú». En: XIII Convención de Ingeniería de Minas del Perú, pp. 65-72.
13. Parada, M. (1984). «Consideraciones sobre el rol de las fracturas o fallas en el origen y emplazamiento de los magmas. *Rev. Comunicaciones*, N.º 34, pp. 19-24.
14. Petersen, U. y Vidal, C. (1996). Magmatic and Tectonic Controls on the Nature and Distribution of Copper Deposits in Peru. En: *Andean Copper Deposits: New Discoveries, Mineralization, Styles and Metallogeny*. Soc. Econ. Geologists. Special Publications N.º 5, (Camus F., Sillitoe R. H. and Petersen R., eds.), pp 1-18.
15. Quiroz, A. (1997). «El corredor estructural Chicama-Yanacocha y su importancia en la metalogenia del Norte del Perú». Vol. Res. Exp. IX Congreso de Geología, Perú, pp. 149-154.
16. Reyes, L. (1980). «Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba». *Bol. INGEMMET* N.º 31, 67 pp.
17. Robert, E.; Bulot, L.; Dhondt, A.; Jaillard, E.; Villagomez, R.; Rivadeneyra, M. y Paz, M. (1998). «La transgresión del Cretáceo Inferior en el margen andino (Perú y Ecuador): Datos preliminares». *Bol. Soc. Geol. Perú*, Vol. 88, pp. 73-86.
18. Tumialan P. H. (1978). «El oro en Algamarca (Cajamarca)», *Geología, Minería y Metalurgia del Oro*. Edit. CEPECT, pp. 150-161.
19. Valdivia, J.; Torres, A. y Montoya C. (1995). Aspectos estratigráficos y tectono-estructurales en la localización de mineralización metálica en el sector sur-occidental de los andes peruanos. *Vol. Jub. Alberto Benavides*, Ed. Soc. Geol. Perú, pp. 337-349.
20. Vidal C. y Noble D. (1994). Yacimientos hidrotermales controlados por magmatismo y estructuras en la región central del Perú. *Vol. Res. Exp. VIII Congreso de Geología*, Perú, pp. 48-51.
21. Vignerresse J-L. (1988). «Forme et Volume des Plutons Granitiques». *Bull. Soc. Géol. France*, (8), t. IV, N.º 6, pp. 897-906.

**Tabla N.º 1.** Edades geocronológicas de los principales stocks porfiríticos de la alta cordillera de los Andes Norperuanos, entre los 6º 30' - 8º 30'.

PROCEDENCIA	N	E	Ma	ROCA
Intrusivo La Florida	9124120	824550	18.0±0.5	Dacita-Tonalita
Intrusivo Calorco	9108950	821085	23.1±0.7	Diorita
Intrusivo La Colpa	9132950	822230	24.4±0.8	Tonalita
Intrusivo La Arena DDH(1-153m)	9127401	816006	24.8±0.8	Andesita
Intrusivo La Arena DDH(18-236m)	9127199	816599	25.7±0.9	Tonalita
Intrusivo La Arena DDH(51-104m)	9125950	816678	24.6±0.8	Dacita
Domo Hualgayoc	9252380	768474	7.2±0.35	Riolita
Stock Cerro Jesús	9252380	768474	14.3±0.7	Andesita
Sill Los Mantos	9252380	768474	10.5±0.5	Dacita
Lacolito Corral Viejo	9249116	761084	11.8±0.6	Andesita
Stock Consuzo	9097180	872030	9.5±0.2	Monzonita
Stock Chailhuagón	9232000	791200	23.2±2.1	Microgranodiorita
Stock Michiquillay	9222632	796018	20.6±0.6	Granodiorita
Stock Mishacocha	9231900	788000	20.8±1.9	Cuarzodiorita

EL TORO

CALORCO

SANTA ROSA

ANGASMARCA

MOLLEBAMBA

**Figura N.º 1.** Mapa de ubicación de los principales prospectos y/o yacimientos, entre Santiago de Chuco y Sayapullo.

**Figura N.º 2.** Mapa de los principales stocks porfiríticos de la alta cordillera de los Andes Norperuanos, que muestran sus respectivas edades de emplazamiento.