

# GEOLOGÍA, GEOQUÍMICA E IMPLICANCIAS ECONÓMICAS EN EL COMPLEJO VOLCÁNICO TANTAHUATAY, CAJAMARCA, PERÚ

Juan Calizaya, Enrique Callo, Jesús Frisancho, JMantilla, VPari, ZRamirez, AYucra, César E. Vidal & Edgar Corrales

(\*) Cía. Minera Coimolache S.A., Las Begonias 415, Piso 17, San Isidro. Lima - Perú

## INTRODUCCIÓN

La Unidad Minera Tantahuatay se ubica en los distritos de Hualgayoc, Chugur y Catilluc, provincias de Bambamarca y San Miguel respectivamente, región Cajamarca, a una altitud promedio de 4000 msnm. Es accesible desde Cajamarca por carretera asfaltada/afirmada de 85 km para un tiempo promedio de dos horas. La concesión minera de Cía. Minera Coimolache S. A., está conformado por 21,445 ha en 27 concesiones. La participación societaria incluye a las empresas Southern Perú (44 %), Buenaventura SAA. (40 %) y Espro SAC. (16 %) constituida en el año 1995, antes denominada Calera Orbamas por *Southern Perú* y Colquirrumi por Buenaventura. (*Lámina N° 1*).

El presente trabajo para el Congreso de Geología es elaborado por el equipo de Exploraciones de la Unidad Minera en coordinación con las Gerencias de Operaciones y Exploraciones.

La prospección del distrito se inició en la década 1960 por Cerro de Pasco *Corporation* en concesiones de CEMSA (Cía. Explotadora de minas San Agustín), área ubicada desde el río El Tingo hasta la quebrada Sinchao. En la década 1980 se explora el distrito minero de Hualgayoc hasta el cerro Tantahuatay, estudios realizados por CEDIMIN SA. En la década 1990 *Barrick* perfora 2789 m distribuidos en 16 sondajes al norte de Ciénaga para explorar estructuras mineralizadas de oro y no tuvieron éxito. Los primeros reconocimientos por mineralización de oro diseminado en óxidos en el depósito epitermal de alta sulfuración de Tantahuatay fueron realizados por Jorge Paredes, Cesar Vidal, Oscar Mayta, *et al*, durante los años 1980 y 1990. A partir de 1991 hasta 1999 *Southern Perú* administró el Proyecto y realizó 26,056m de sondajes exploratorios distribuidos en 121 taladros al nivel de óxidos y sulfuros. Buenaventura toma la administración del Proyecto a partir de 1999 hasta el 2011, en total suman 40,930m de perforaciones exploratorias distribuidos en 236 sondajes. Como resultado de las exploraciones se dimensionaron las reservas en óxidos en el orden de 658KOzs de oro entre Tantahuatay 2 y Ciénaga Norte, además quedan identificadas áreas prospectivas con potencial de oro y cobre en los Proyectos de Ciénaga Sur, Tantahuatay 4, Mirador Sur y Peña de las Águilas, *targets* que vienen siendo explorados en la actualidad como unidad operativa.

El objetivo del presente estudio es ubicar y/o vectorizar depósitos económicos sub aflorantes ya sean en óxidos y/o sulfuros. Una de las herramientas es el uso adecuado e interpretaciones de la información geoquímica, es decir; entender la dispersión de elementos y concentraciones suficientemente anómalas a partir de los valores de fondo por cada unidad litológica relacionados a mineralización. Las anomalías geoquímicas vienen siendo correlacionadas con las estructuras geológicas (litológicas, estructurales) y anomalías geofísicas de magnetometría y polarización inducida; toda esta información es complementada con datos factos del cartografiado geológico al detalle en donde se han diferenciado unidades litológicas favorables para ubicar estructuras de alta ley y afianzar la continuidad de nuevos descubrimientos de depósitos económicos en Tantahuatay.

## GEOLOGÍA Y MINERALIZACIÓN (*Lámina N° 2*)

Mediante el cartografiado geológico a escala 1/1000 y 1/2000 se han reconocido varios dominios litológicos: fases piroclásticas de tobas de cristales y cristalolítica coherentes de composición andesítica y flujos de lava andesítica gris oscuro de grano fino a medio emplazados al piso del depósito (mayor a 13 Ma por relación de corte). Esta unidad está cortada por estructuras tipo domos y lavas fisurales de andesita y dacitas porfiríticas de grano medio a grueso, datados entre 13.2 Ma a 12.64 Ma (Tosdal, 1996), sobreyace a esta secuencia niveles delgados discontinuos de tobas ignimbríticas silicificadas. Como parte de esta estratigrafía volcánica se tiene lentes de tobas finas estratificadas acrecionados en los bordes de las estructuras sub volcánicas lo que evidencia subsidencias locales en áreas de exhumación de rocas subvolcánicas e intrusivas que en algunos casos cortan a las secuencias volcánicas, son domos andesíticos, dacíticos, riolíticos e intrusivos dioríticos

expuestos de manera coalescente, los mismos están datados entre 12.73 Ma y 8.35 Ma (Tosdal, 1996). Estas estructuras subvolcánicas están relacionados a estructuras de brechas freatomagmáticas, freáticas y *pebble dike* asociados a mineralización que cortan las secuencias volcánicas con alteración hidrotermal ácido sulfato (pre mineralización), datados en alunita hidrotermal entre 13.30Ma y 11.01Ma (Tosdal 1996). Espacialmente se distribuyen a partir de estructuras de sílice residual *vuggy*, granular a facies de argílico avanzado de texturas preservadas hasta obliteradas (moteadas) con ensambles sílice alunita, sílice pirofilita respectivamente con agregados de kaolín, dickita, diáspora, zunyita.

El área de alteración hidrotermal abarca una extensión de 5.5 km x 7.0 km aproximadamente controlados por una intersección de fallas N110° ubicados desde la quebrada Las Coloradas por el este hasta las quebradas Puente de la Hierba, Tacamache, Azufre por el oeste, estas son interceptadas por fallas trasandinas N50° en donde se emplazan los depósitos desde Ciénaga hasta Tantahuatay, cuyos regímenes tectónicos han generado fallas tensionales E-O y N 10° E, es ahí donde se emplazan las principales brechas hidrotermales y estructuras silíceas guías para la mineralización:

Sílice masiva (SM), de tonalidades grisáceas en venillas, bandas asociado a fracturas (*feeders*) irregulares, sus leyes están relacionados a la concentración de óxidos, varían desde 1.0 g/t Au a 5.0 g/t Au y 10 g/t Ag a 35 g/t Ag.

Sílice *vuggy* (SV), de tonalidades gris blanquecinas, se tiene tres facies: SV1 residual, registra valores anómalos de 0.10 g/t Au en óxidos. SV2 hidrotermal relacionado a facies de sílice granular registra leyes de 0.1 g/t Au a 0.5 g/t Au. SV3 de textura oquerosa producto de la lixiviación de las arcillas con drusas de cuarzo y óxidos en oquedades, registran leyes de 1.0 g/t Au a 3.0 g/t Au en promedio.

Sílice granular (SG), de tonalidades gris blanquecinas, beige con características friables, registran leyes de 0.20 g/t Au a 0.40 g/t Au y 0.3 g/t Ag a 1.0 g/t Ag.

La mineralización aurífera está asociada a los sulfuros de pirita sílice gris, *vuggy*, granular y brechas hidrotermales. La presencia del cobre en Tantahuatay está relacionada principalmente a los sulfuros de enargita; la presencia de covelita, calcosina y trazas de calcopirita está más sesgada a los Proyectos de Ciénaga, Mirador y Peña de las Águilas. En todos los casos el nivel de oxidación alcanza una columna de 150 m en promedio, cota 3850 msnm y por debajo se tiene los diferentes grados de concentración de sulfuros.

## GEOQUÍMICA

El muestreo geoquímico de rocas a través de trincheras, canales, *rock chip* de manera sistemática cada 5 m y a malla 100 x 100 m respectivamente incluye 24,250 muestras de superficie a la fecha, la misma ha sido revisada y validada con el software AcQuire.

Los métodos utilizados para el análisis químico fueron AA e ICP con digestión de agua regia para óxidos y digestión multi-ácida para sulfuros, paquete de 41 elementos químicos en promedio. Los datos fueron agrupados por dominios geológicos de litología, alteración y por cada proyecto y/o prospecto considerando las diferentes huellas geoquímicas entre ellos Tantahuatay, Ciénaga y Puente de la Hierba, aspectos mostrados en las siguientes tablas del proyecto Puente de la Hierba tomado como ejemplo.

El procesamiento estadístico univariar nos ha permitido obtener parámetros necesarios como el valor de fondo y umbral geoquímico para cada uno de los elementos en cada una de las poblaciones. Así mismo se han realizado las correlaciones multivariarles de cada población con el fin de establecer asociaciones geoquímicas en las diversas unidades geológicas de litología y alteración.

### PUENTE DE LA HIERBA

Población estadística	N° muestras	Familias geoquímicas-correlaciones
Sílice masiva	49	Cu-As, Mo / Pb-As-Sb
ArgílicoAvd-Alunita	847	Cu-Bi / Al-K-Ca
ArgílicoAvd-Pirofilita	19	Cu-As, Mo
Argílico	368	Al, Na, Ca, Mg
Andesita G	662	Ca, Mg, Al
Andesita M-Dacita	548	Al, K, Ca, Mg
Diorita	23	Ca, Mg, Sr / Pb, Sb

### Niveles de fondos y Umbrales geoquímicos por familias

Población estadística	N° Muest	Cu ppm	As ppm	Sb ppm	Pb ppm	Mo ppm	Bi ppm	Al %	K %	Ca %	Na %	Mg %	Sr ppm	V ppm
Síl mas	49	94 397	105 655	0	0	13 175								
Argl. Avd-A	847	40 201					3 26	0.02 5.18	0.01 0.47	0.01 0.89				14 48
Argl. Avd-P	19	49 193	7 79			10 237								
Argl	368							0.06 6.12		0.01 2.41	0.01 0.39	0.01 1.95		
And G	662							0.02 6.12		0.01 2.41		0.01 1.75		
And M-Dac	548							0.02 4.62	0.01 0.81	0.01 0.99		0.01 1.95		
Dio	23			3 8	61 358					0.01 0.36		0.01 1.24	15 105	

### CONCLUSIONES

Los resultados geoquímicos revelan asociaciones mineralógicas a partir de una misma fuente magmática calcoalcalina los cuales fueron afectados por las alteraciones hidrotermales tipo ácido sulfato. Sin embargo, las firmas geoquímicas de mineralización indican zoneamientos de por lo menos tres fases de aporte hidrotermal: primero sílice-pirita fina diseminada, segundo sílice-pirita en venillas con oro y tercero sílice-pirita-enargita con sobre imposición de cuarzo-sulfosales de plata (relacionados a la zona de *skarn*). Por otro lado, el molibdeno está ubicado espacialmente en los bordes de las unidades intrusivas de Puente de la Hierba, asociado a venillas de sílice gris principalmente.

El análisis geoquímico por unidades geológicas de Puente de la Hierba (unidades intrusivas y subvolcánicas principalmente afectados por la alteración argílica avanzada hacia los bordes) registran las siguientes asociaciones: la población de sílice masiva gris está asociado a minerales de cobre arsenical con ocurrencias de molibdeno, Cu-As, Mo, la segunda asociación es As-Sb y Pb indica un zoneamiento distal del ambiente epitermal. Las alteraciones argílica avanzada presentan asociaciones de Al-K-Ca, Bi principalmente silicatos de aluminio. Las rocas subvolcánicas representado por andesitas de grano grueso de textura porfírica y el pórfido dacítico registran asociaciones de Al-K-Ca, Mg, lo cual corresponde al proceso de alteración argílica parcial con presencia de ferromagnesianos. La ocurrencia de dioritas frescas registra asociaciones de Ca-Mg, Sr, propios de su mineralogía.

La presencia de por lo menos tres fases intrusivas en Puente de la Hierba con presencia de actividad hidrotermal con anomalía de cobre asociados a la falla distrital, Puente de la hierba dan la posibilidad de ocurrencias con mineralización del estilo porfírico que podrían extenderse por debajo de las calizas Yumagual del Cerro Peña de la Águilas en donde también se registra evidencias de mineralización del estilo pórfido, lo cual sumaría al Proyecto por sulfuros de cobre limpio en Tantahuatay.

### REFERENCIAS

1. Chang, Z., Hedenquist, M., Cooke, Gemmell, JB, 2006, AMIRA P765: diciembre, Informe Final, la sección 3.1, p. 25. OICIA. Minera Coimolache SA, 1998?. Gustafson, LB, Vidal, CE, Pinto, R., and Noble, DC, 2004, Porfiro-epitermal de transición, región Cajamarca, norte del Perú: Publicación Especial 11 SEG, p. 279-299.
2. Gustafson, LB, abril de 2002, memorando interno inédito de César Vidal. 13p. Tosdal, RM, 1996, geología y estructuras del campo volcánico Tantahuatay asociados a ambientes de alta sulfuración, mineralización de Cu-Au, al norte de Perú: Un informe de Buenaventura, 54P.

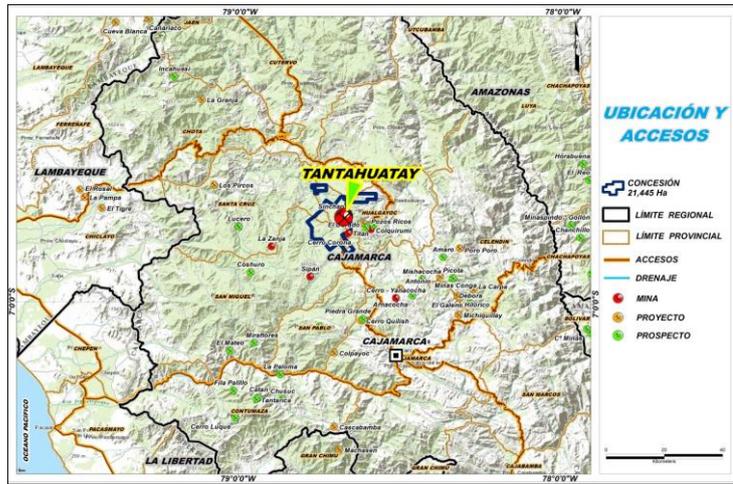


Lámina N°1

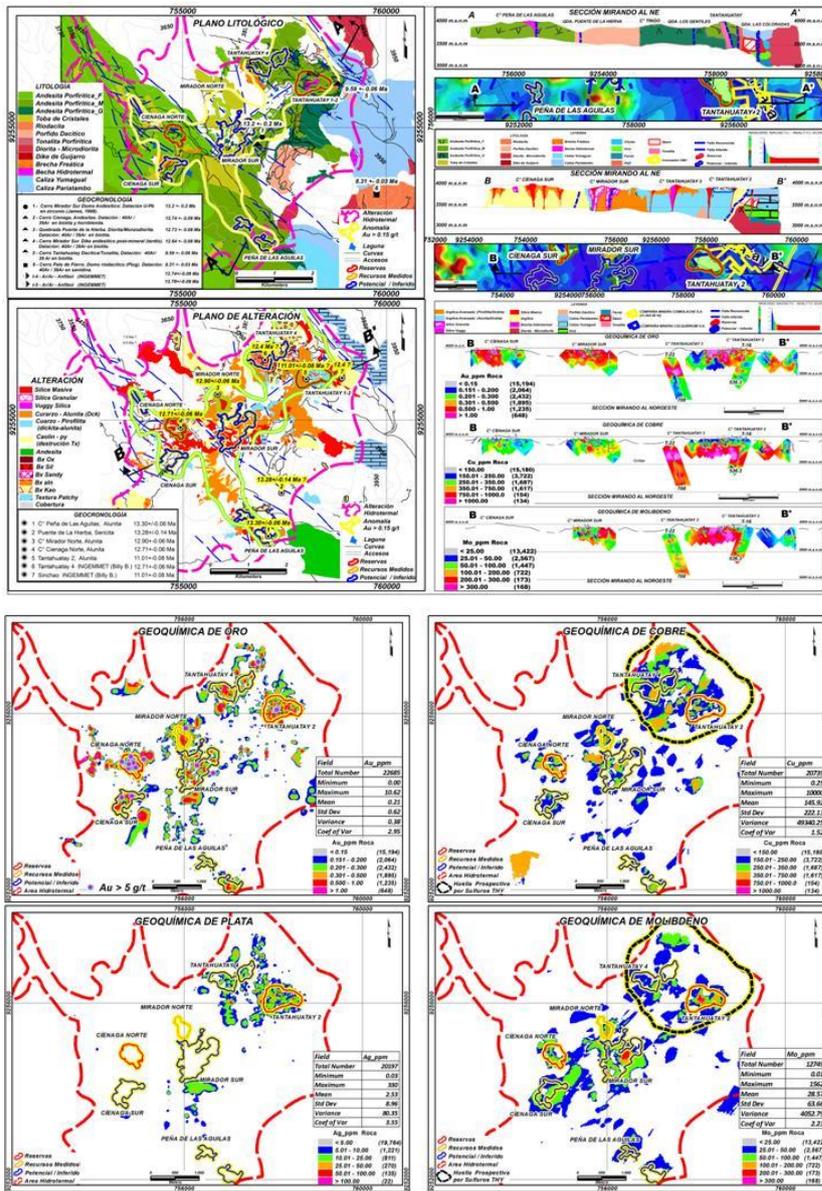


Lámina N°2