

# **APLICACIÓN DE LA DISPERSIÓN MECÁNICA Y QUÍMICA EN LA PROSPECCIÓN DE PORFIDOS DE COBRE: EJEMPLO “LA GRANJA” EN EL NORTE DEL PERU**

Jorge ACOSTA, Michael VALENCIA, Raymond RIVERA, Luis VARGAS & Jorge CHIRA

INGEMMET Av. Canadá N° 1470 – San Borja, Lima 41 – Perú, jacosta@ingemmet.gob.pe

La efectividad de una prospección geoquímica, basada en un muestreo de aguas y sedimentos de quebrada, se sustenta en un estudio de orientación. Estos estudios previos permiten establecer la distancia mínima en el diseño de la malla de muestreo para la etapa de campo; también nos ayuda a elegir la granulometría adecuada (Número de malla), definir el tipo de digestión y el método de análisis óptimo para sedimentos a la hora de solicitar los servicios de un laboratorio. La determinación de estos parámetros depende del tipo y tamaño de yacimiento, así como del ambiente morfoclimático.

De esta forma, presentamos los resultados de un estudio hecho en el pórfido de cobre de La Granja, en el norte del Perú, los cuales brindan los parámetros óptimos de muestreo y de análisis para este tipo de yacimiento. Este depósito se ubica en el departamento de Cajamarca, en el flanco este de la Cordillera Noroccidental de los Andes en el norte del Perú, entre una altitud de 2000 a 2700 msnm.

## **GEOLOGÍA Y MINERALIZACIÓN**

La estratigrafía del proyecto La Granja está conformada por rocas de edad que van desde el Triásico superior - Jurásico inferior hasta el Paleógeno. La parte basal está compuesta por lavas andesíticas de la Formación Zaña, (Schwartz, 1982) suprayacidas por más de 1300 m de sedimentos, compuestos de cuarcitas, pizarras, calizas y margas del Grupo Goyllarisquizga, formaciones Inca y Chulec, que datan del Cretáceo inferior al Albiano medio. A continuación hacia el tope, se encuentra en discordancia el Grupo Calipuy de edad paleógena, formado por secuencias de tobas e ignimbritas que alcanzan por lo menos 1 000 m. La mineralización y alteración del depósito está relacionada a la intrusión de un pórfido de feldespato-cuarzo en el Neógeno (Laughlin et al, 1968). Las alteraciones corresponden a: sericitica arcillosa, argílica avanzada y propilítica, donde los contenidos de pirita varían entre 1 al 10 %. Los principales minerales presentes son: la calcopirita con bornita subordinada, pirita, molibdeno, enargita masiva y tenantita. En la periferia del depósito la magnetita se presenta diseminada y en vetas (Schwartz, 1982).

## **GEOQUÍMICA**

### **DISEÑO DE MUESTREO Y MÉTODOS GEOQUÍMICOS**

Se tomaron muestras de sedimentos de quebrada con un espaciamiento de 1 km (41 muestras) y 1,5 km (26 muestras) para determinar Au y multielementos, y concentrados de Cu respectivamente. Las muestras tenían 4 kg de sedimentos de una granulometría inferior a 600  $\mu\text{m}$  (malla N° 30). Las muestras fueron analizadas por ICP-MS y AAS (Tabla 2).

Las muestras de agua superficial también se tomaron cada km. Se recolectaron 41 muestras filtradas a 0.45  $\mu\text{m}$  (Matysek et al, 1991) de 500 ml cada una para ser analizadas por metales disueltos. También se tomaron medidas in situ de las propiedades físico-químicas del agua: temperatura ( $T^\circ$ ), conductividad eléctrica (CE), sales totales disueltas y (TDS) pH con la ayuda de un Combo TDS/CE & pH/ $T^\circ$  Waterproof HI 98130.

Para el control de calidad de los análisis de laboratorio se utilizaron muestras duplicadas, estándares y blancos para la revisión de la precisión, exactitud y contaminación.

## ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS GEOQUÍMICAS

A lo largo de los 28 km del Río Paltic – Igueryacu se pudo observar que las concentraciones del Cu y Zn disminuyen drásticamente entre 3 y 5 km respectivamente (Fig. 1). Para el caso del Zn se encontró que las concentraciones estaban por debajo del límite de detección a partir de los 21 km.

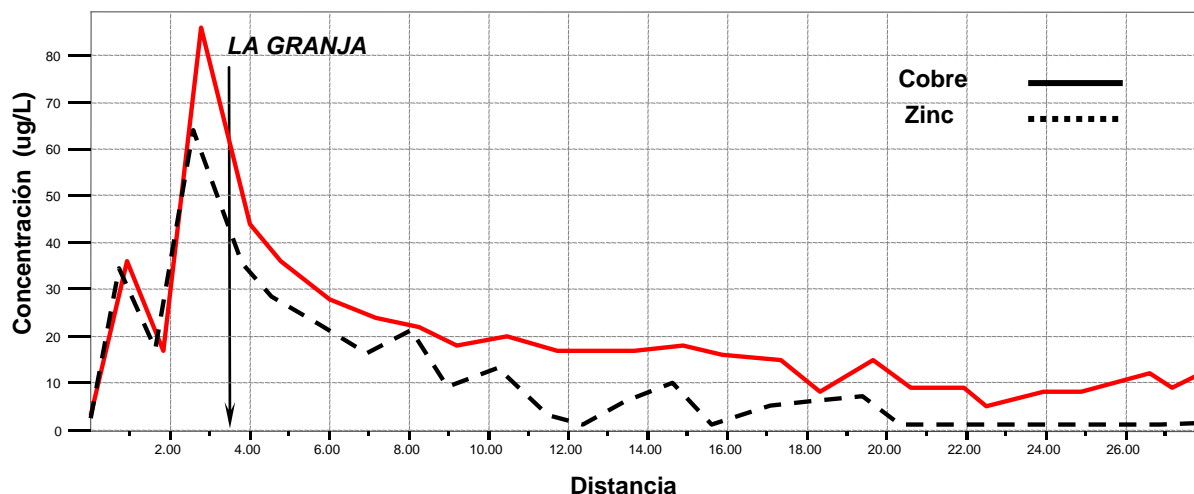


Fig. 1: Gráfico de dispersión química del cobre y zinc a lo largo del Río Paltic -Igueryacu.

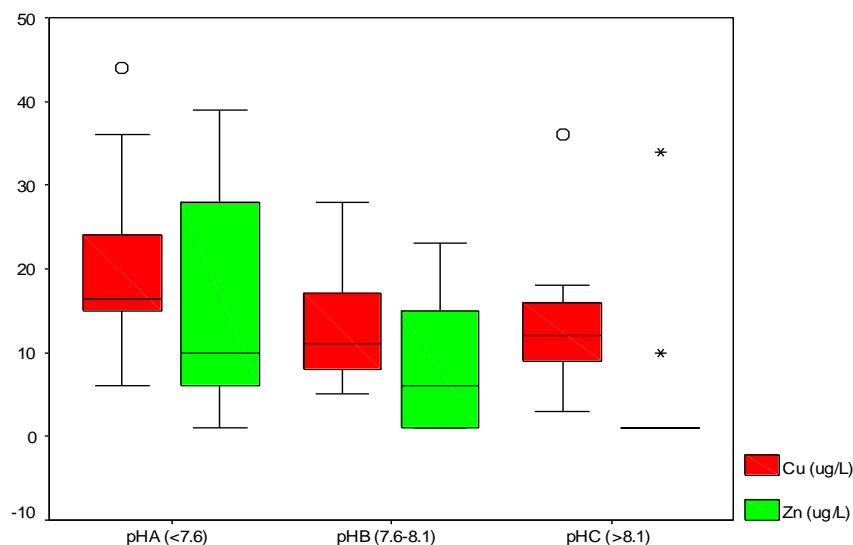


Figura 2: Gráfico de correlación entre el pH y concentraciones de Cu y Zn en muestras de agua.

Los umbrales geoquímicos para las diferentes granulometrías de sedimentos se determinaron a partir de umbrales regionales calculados anteriormente por INGEMMET (2004) para el Au (150 ppb) y por Baldock (1977) para el Cu (70 ppm), Mo (8 ppm) y Zn (150 ppm). En la Tabla 1 se puede apreciar que las fracciones de sedimentos más finos que 75  $\mu\text{m}$  (malla N° 200) tienen los umbrales más altos que aquellos que 180  $\mu\text{m}$  (malla N° 80).

## INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En las muestras de agua las concentraciones de metales disueltos disminuyen a partir del depósito, especialmente para el Cu, Zn, Mn y Fe. Estos patrones de dispersión química están influenciados por el pH del medio, donde las correlaciones negativas entre el pH y las concentraciones de Cu y Zn nos

demuestra que sus movilidades son mayores en medios neutros y ácidos. En ese sentido, se puede establecer que en un ambiente alcalino algunos elementos disueltos flocularán y precipitarán de la solución hacia el sedimento en los ríos (Fig 2).

Tabla 1: Umbrales geoquímicos de elementos de sedimentos de quebrada estimados para diferentes métodos geoquímicos, tomando como referencia aquellos calculados por Baldock, 1977 e INGEMMET, 2004.

ELEMENTO	Au (ppb)		Cu (ppm)				Mo (ppm)				Zn (ppm)				
	Ensayo al Fuego - AAS		AAS	ICP-MS Agua regia		ICP-MS Multiácido		ICP-MS Agua regia		ICP-MS Multiácido		ICP-MS Agua regia		ICP-MS Multiácido	
Nº Malla	80	200	80	80	200	80	200	80	200	80	200	80	200	80	200
UMBRAL	150	200	250	70	200	70	200	8	13	20	23	150	230	230	330

En el caso de las muestras de sedimentos, las concentraciones de las fracciones más finas son mayores que aquellas en facciones gruesas, especialmente para el Cu (Fig. 3). En el caso del Mo esto se cumple sólo para los primeros 5 km, a partir de allí puede suceder lo contrario (Fig. 4). La experiencia de Besson (1984) en la exploración geoquímica de ambientes semiáridos nos explica que esto se debe a que las fracciones inferiores que 75µm son más representativas y tienen una mineralogía más uniforme que la fracción gruesa (180 µm). De igual manera las fracciones más finas tienen una proporción mayor de iones adsorbidos por las arcillas y partículas de óxidos hierro que la fracción gruesa.

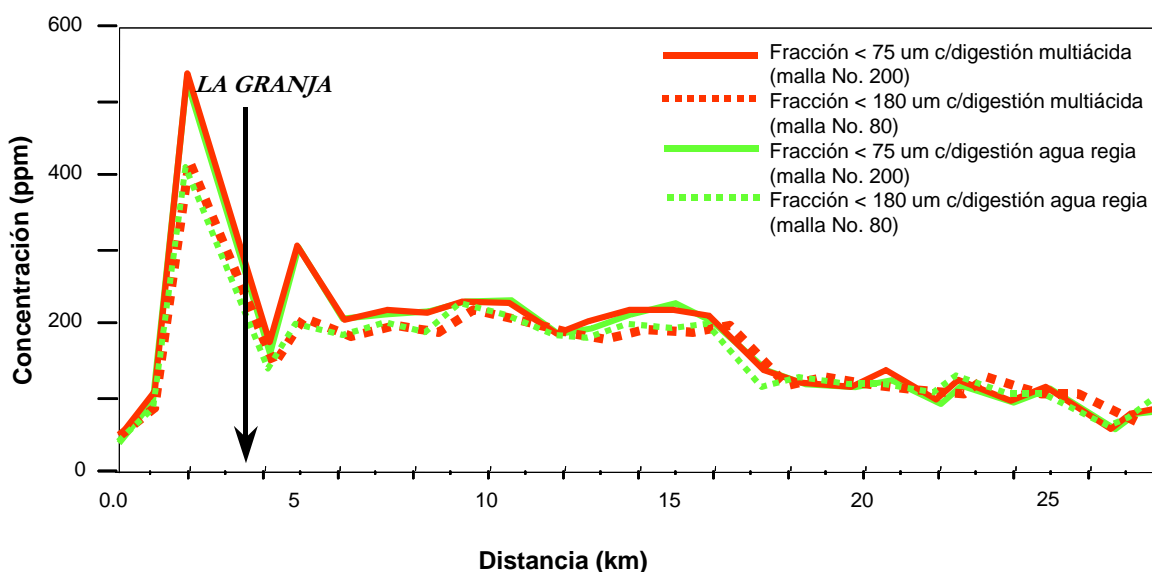


Figura 3: Gráfico de dispersión mecánica del cobre a lo largo del Río Paltic -Ingueryacu.

Los elementos con mayor longitud de dispersión anómala en sedimentos corresponden al Cu, Pb y Zn, los cuales presentan entre 27 y 16 km, mientras que el Au sólo 3 km. No obstante las máximas intensidades de anomalías están representadas por el Mo, Pb y Cu (Tabla 2).

Tabla 2: Ranking de longitudes de dispersión mecánica y máximas intensidades de umbrales

RANKING	ELEMENTOS COMODITIES	LONGITUD DE DISPERSIÓN ANÓMALA (km)	MÁXIMA INTENSIDAD DE ANOMALIA
1º	Cu	26.890	> 2T
2º	Pb	24.390	> 3T
3º	Zn	15.625	> T
4º	Ag	10.000	> T
5º	Mo	6.880	> 3T
6º	Au	3.125	> T

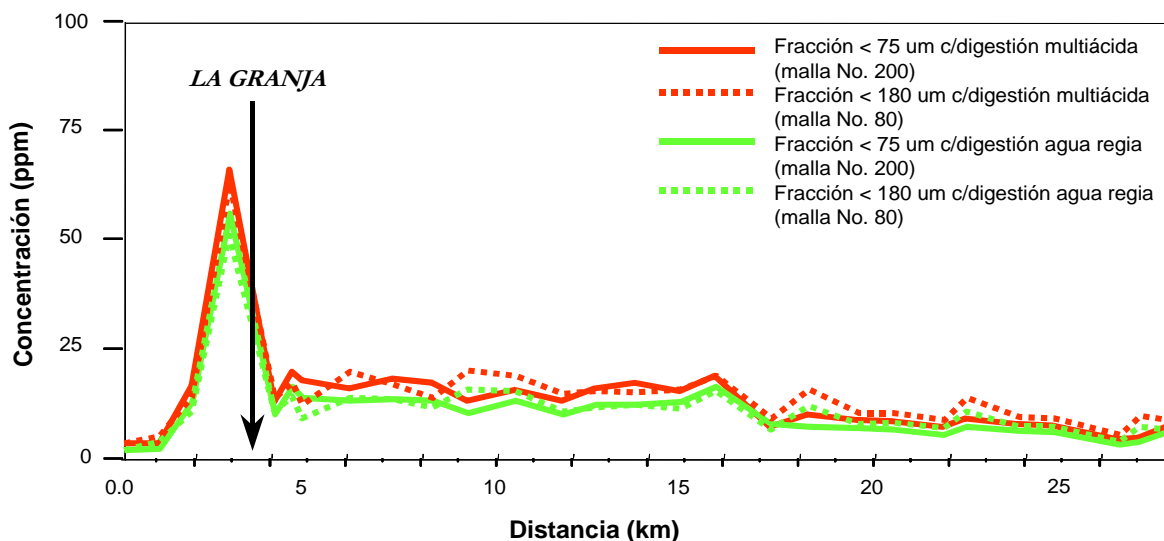


Figura 4: Gráfico de dispersión mecánica de del molibdeno a lo largo del río Paltic -Ingueryacu.

## CONCLUSIONES

Para la obtención de valores de concentración más altos de Au, Cu, Mo, Pb Zn y Ag es recomendable analizar las fracciones de sedimentos más finas que 75 µm (malla 200).

Los mejores resultados para la determinación de Cu, Ag, Mo, Pb y Zn fueron obtenidos con el método analítico de ICP-MS y digestión multiácida.

La dispersión mecánica de los sedimentos en este tipo de ambientes demostró que se puede diseñar una malla de muestreo con distancias de hasta 27, 24 y 16 km para la identificación de Cu, Pb y Zn respectivamente. Mientras que para el Mo y Au se puede utilizar distancias menores de 7 y 3 km respectivamente.

La geoquímica de aguas demostró que para la prospección de pórfidos de cobre, el Cu, Zn, Fe y Mn son los mejores metales guía que se pueden utilizar, ya que mostraron un buen patrón de dispersión.

## REFERENCIAS

- Baldock J.W., (1977). Low-density geochemical reconnaissance in Perú to delineate individual mineral deposits. Applied earth science. Extract from transactions/Section B of the Institution of Mining and Metallurgy. Volume 86.
- Banks, D.; Markland,H.; Smith,P; Mendez, C.; Rodríguez, J. ; Huerta,A. & Seather, O. (2004). Distribution, salinity and pH dependence of elements in surface waters of the catchment areas of the Salars of Coipasa and Uyuni, Bolivian Altiplano. Journal of Geochemical Exploration 84. Pgs. 141-166.
- Beeson R. (1984). The use of the fine fractions of stream sediments in geochemical exploration in arid and semi – arid terrains; Metal Division, Shell Company of Australia Ltd. Journal of geochemical Exploration N° 22. Pgs. 119-132.
- Díaz N., Jiménez C., & Alva C., (1997). Estudio geoquímico de orientación del depósito pórfido de cobre La Granja. Resúmenes IX Congreso Peruano de Geología. Pgs. 25-30. Lima, 1997
- INGEMMET, (2004). Estudio de los Recursos Minerales del Perú, Franja N° 4, Dirección de Geología Económica y Prospección Minera.
- Samamé M.,(1994). Exploración del yacimiento La Granja. Desarrollo y Minería. Fondo Editorial del Banco Central de Reserva del Perú. Pgs. 39-46.
- Schwartz, M., (1982). The porphyry cooper deposit at La Granja – Perú. Economic Geology, Vol 77, N° 2. Pgs. 482-488.
- Laughlin, A.W., Damon, P. E., Watson, B.N. (1968). Potassium-Argon dates from Toquepala and Michiquillay, Peru. Economic Geology. Volume 63. Pgs. 166-168.
- Matysek, P.F., Jackaman, W., Gravel, J.L., Sibbick, S.J. and Feulgen, S. (1991). British Columbia Regional Geochemical Survey - Penticton (NTS 82E), BC RGS 29/GSC Open File 2354.