

CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA DE SEDIMENTOS DE QUEBRADA EN LOS ALREDORES DEL YACIMIENTO MINERO MADRIGAL – CHIVAY (AREQUIPA)

Nathaly GUILLÉN & Ronald VÁSQUEZ

INGEMMET, Av. Canadá 1470, San Borja, Lima, Perú.
mguillen@ingemmet.gob.pe, rvasquez@ingemmet.gob.pe

INTRODUCCIÓN

La identificación de los factores que intervienen en la composición química de los sedimentos de quebrada, está ligado a la dispersión de los iones metálicos transportando sulfuros en solución como resultado de los procesos de acción del intemperismo, otros factores son el clima, la geología, geomorfología. El objetivo del presente trabajo consiste en determinar los patrones de distribución de los elementos trazas como el As, Cd, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn, incluyendo algunos elementos del grupo de tierras raras (REE). El área de estudio se ubica en la zona sur del territorio peruano, enmarcado dentro de la provincia de Caylloma, distrito de Chivay (Arequipa), en el entorno de la mina Madrigal, minería subterránea de sulfuros de Pb, Zn, Cu e hidrográficamente dentro de la microcuenca del río Colca (Fig. 1).

GEOLOGÍA Y MINERALIZACIÓN

El ambiente geológico es netamente volcánico (Foto 1); está compuesto principalmente por los volcánicos Tacaza del Mioceno (lavas andesíticas, tobas dacíticas) con una edad de 6.9+/-1.3 Ma (Cordani et.al., 1985), en los extremos del área se tienen los volcánicos Sillapaca del Mio-plioceno y en las partes altas comprenden una secuencia de tobas andesíticas, traquiandesíticas y dacíticas del volcánico Barroso. La característica en este ambiente geoquímico es la presencia de sedimentos de naturaleza volcánica, provenientes de la alteración de rocas extrusivas, siendo en este caso las andesitas las que contribuyen con el mayor porcentaje (80%).

Otras unidades dentro del contexto regional se tienen la formación Labra del Jurásico superior con areniscas cuarzosas, algunas intrusiones de rocas dioríticas y monzonitas, además de diques dacíticos y riolíticos.



Foto 1. Afloramiento de flujos de lavas andesíticas del Volc. Tacaza.



Foto 2. Agua filtrada de mina con pH 9.79, nivel Veta Sta. Rosa.

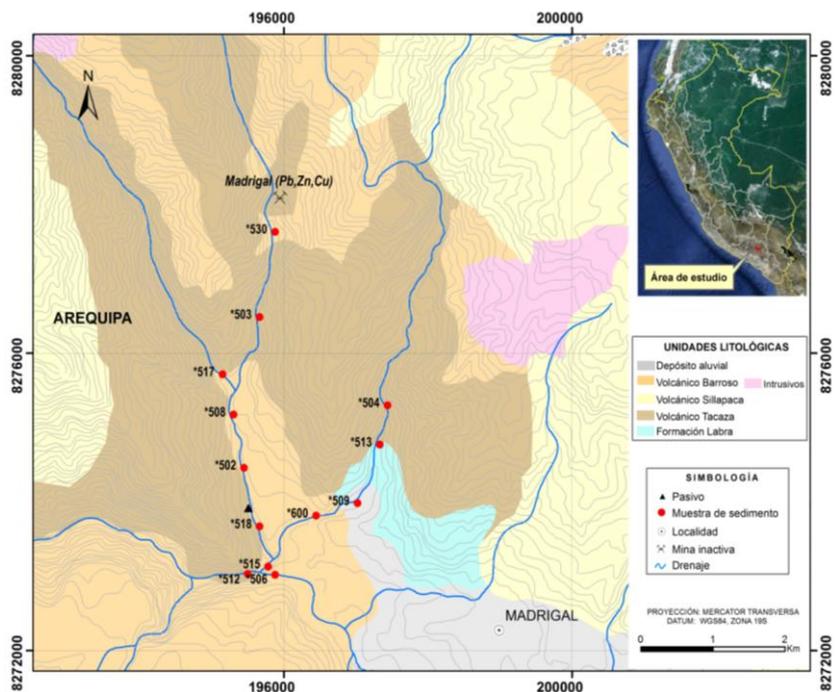


Fig. 1. Ubicación y geología de la zona de estudio.

El área corresponde a la franja polimetálica con superposición epitermal del Mioceno, donde el volcánico Tacaza actúa como roca huésped, albergando vetas hidrotermales con mineralización de galena, esfalerita, calcopirita que genéticamente está asociados a este vulcanismo (Foto 2). En la zona se encuentran otros yacimientos como Satélite, Minaspunta con mineralización de Pb, Ag, Zn y Cu.

METODOLOGÍA

El muestreo se llevó a cabo en el mes de Agosto del 2008 (época seca), donde se seleccionaron 13 muestras para efectos del presente estudio; los sedimentos proceden de un ambiente volcánico (Tacaza y Barroso), los cuales se han pre tamizado en campo a malla 30 y analizado finalmente a malla 200, mediante ICP-MS con digestión de agua regia.

Los datos obtenidos de 27 elementos químicos fueron tratados estadísticamente mostrando una distribución log normal; previa evaluación estadística bivariada (correlación de Pearson) y multivariada (Análisis de Componentes Principales y Conglomerados), se determinó las principales asociaciones de elementos químicos que caracterizan la mineralización para este ambiente geológico o probables focos de contaminación.

De estos elementos se ha dado énfasis a ciertos elementos pesados: As, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn, cuya biodisponibilidad en los sedimentos puede ser tóxica. Además, se calcula el factor de enriquecimiento (FE) del As, Cu, Cr, Co, Ni, Pb, Zn, utilizando el valor del background para el ambiente geológico tratado.

INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN

DISPERSIÓN QUÍMICA SECUNDARIA

La mayor dispersión y menor concentración de los metales se ubican en su curso inferior en la confluencia de las Quebradas Punco y Chimpa (XX), tales como el Cr, Ni, Co, disminuyendo a su llegada al río Colca (fig. 2); con moderada dispersión se encuentra el As, Cd y con menor dispersión pero alta concentración son el Cu, Pb, Zn y Fe (fig.3) en su curso superior (Qdas. Cahuira y Keto).

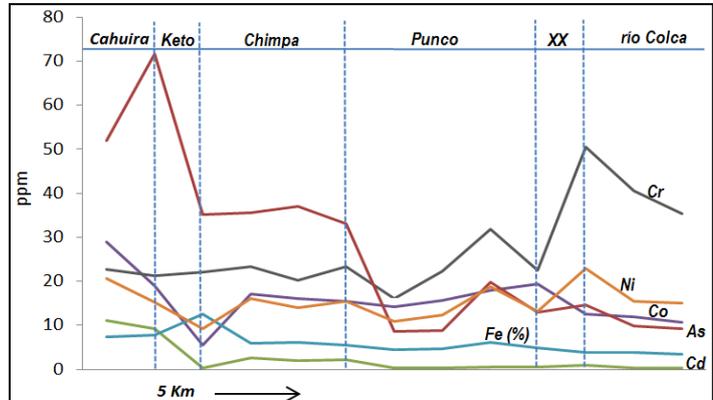


Fig.2. Variabilidad de los puntos de muestreo.

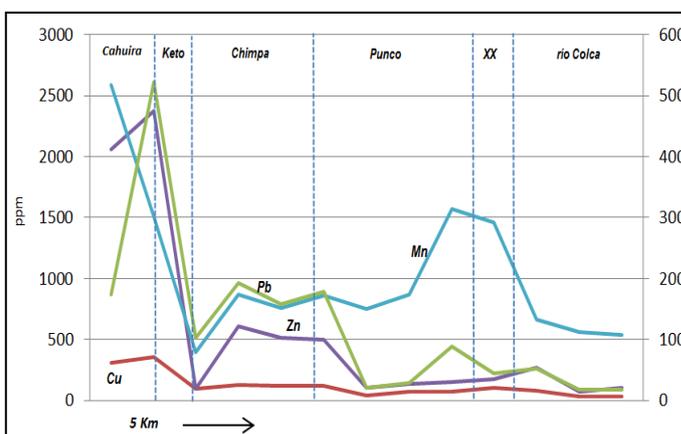


Fig. 3. Dispersión del Cu, Pb, Zn, Mn.

En el caso del Mn presenta una mayor dispersión y concentración a lo largo de su curso medio (Quebradas Chimpa, Punco) disminuyendo aguas abajo (río Colca). En ambos gráficos, se puede notar que las concentraciones de los metales pesados son bajas al llegar a las aguas del río Colca, permitiendo que estos metales se diluyan y no causan ningún daño ambiental en esa zona. Sin embargo, hay que considerar las concentraciones de las partes altas (Guillén M. 2010).

ASOCIACIONES GEOQUÍMICAS

La correlación de Pearson y del análisis de componentes principales, permite conocer el número de variables correlacionadas, usando la rotación ortogonal de varimax normalizado, el cual consiste en maximizar la suma de las varianzas de las cargas factoriales al cuadrado dentro de cada factor, dividida por la comunalidad de la variable correspondiente, evitando de esta manera que las variables con mayores comunalidades tengan más peso en la solución final (Machado et. al., 2005). Realizando este procedimiento, obtenemos la matriz de componentes rotados, que nos muestra tres asociaciones geoquímicas.

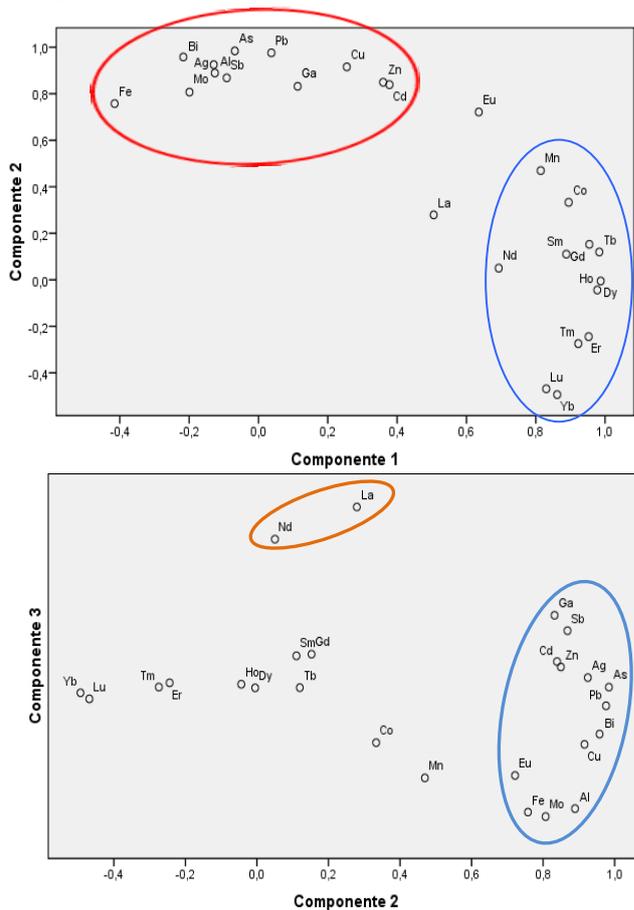


Fig.4. Gráfico de componentes rotados * por variables a) CP. 1-2 b) CP. 2-3

ANÁLISIS CLUSTER

En el dendograma por variables destacan dos grandes “clusters” formados por: As –Ag- Bi- Cd-Cu, Fe –Pb- Zn-Sb-Mo-Ga y La-Nd-Er-Eu-Tm-Lu-Yb-Dy-Ho-Gd-Tb-Sm-Co-Mn, sin embargo, dentro de estas asociaciones hay una serie de subgrupos (fig.5). Se observa dentro de la asociación de metales pesados que el Cd y Zn guardan una primera relación, para posteriormente asociarse con el Cu y con el subgrupo del As, Ag, Bi, Pb, Sb, que finalmente se relacionan con el Ga, Fe y Mo. Cada uno de estos subgrupos puede evidenciar un episodio en el aporte de mineralización en la zona o una guía para la exploración en este tipo de ambiente geológico.

COMPONENTE 1: En este ambiente volcánico del Paleógeno-Neógeno, se tiene la asociación Co, Mn, Dy, Er, Gd, Ho, Nd, Sm, Tb, Tm, Yb (REE), con una índice de correlación positiva > 0.7 . Esta asociación evidencia su origen geogénico, característico para este ambiente geológico. Hay otro grupo de elementos que tienen una correlación negativa como Ag, As, Bi, Fe, Mo, Sb (fig.4a).

COMPONENTE 2: Este componente muestra una correlación positiva (>0.7) entre los principales metales pesados, además de dos elementos trazas, como es el caso de Ag, As, Bi, Cd, Cu, Fe, Pb, Zn, Mo, Sb, Eu, Ga. La relación entre estas variables proviene de la mineralización polimetálica característica de la zona, en el caso del Eu y Ga están ligados a los sulfuros (Rankama & Sahama, 1958). El otro grupo de elementos con correlación negativa está conformado por algunas tierras raras (fig.4b).

COMPONENTE 3: La asociación resultante está dado por el La, Nd, con un índice de correlación > 0.6 .

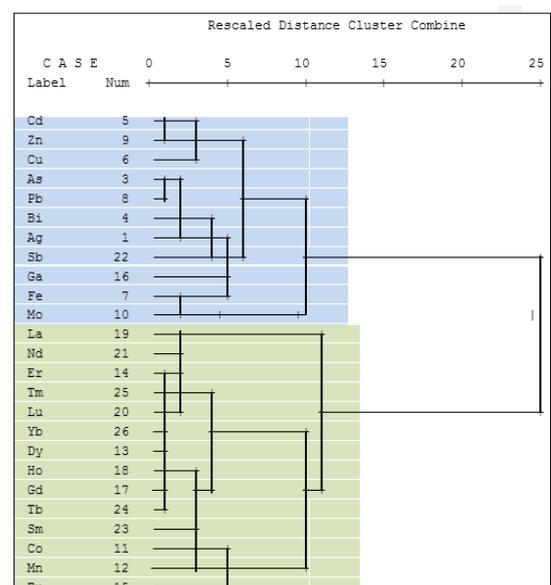


Fig.5. Método de Conglomeración.

FACTOR DE ENRIQUECIMIENTO

Se utiliza este factor con la finalidad de identificar la fuente de aporte de ese elemento en sedimentos. El factor de enriquecimiento (FE) se calculó dividiendo la concentración del elemento reportada por el laboratorio entre la concentración media (background) del elemento en sedimentos para este tipo ambiente geológico. Estos datos del valor de fondo fueron tomados del inventario de recursos minerales de la Franja N°2 elaborado por INGEMMET en el año 2002.

En la figura 6 se puede observar que el Cu-Pb-Zn presentan un factor de enriquecimiento elevado ($FE > 1$), donde el Pb y Zn muestra un enriquecimiento significativo entre 2 a 4 siendo menor para el Cu, mientras que los elementos como el Ni, Co se presentan en concentraciones normales y el Cr con valores muy bajos ($FE < -0.5$).

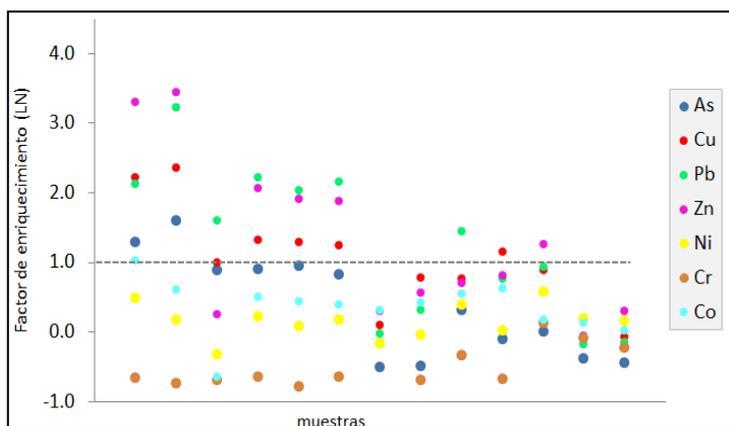


Fig. 6. Factor de enriquecimiento en elementos metálicos.

Esto nos confirma que en los sedimentos analizados los elementos como Pb, Zn y Cu, presentan un enriquecimiento asociado a la franja polimetálica con superposición epitermal, que a su vez puede estar contralada por fallamientos regionales, mientras que los elementos como el Co, Ni, Cr están en concentraciones casi normales, lo cual define su carácter litogénico.

CONCLUSIONES

- Las concentraciones elevadas y la dispersión baja de los elementos Pb, Zn, Cu se presentan en las partes altas (Quebrada Cahuira y Keto), ratificando la presencia de mineralización de sulfuros del yacimiento Madrigal, con menor dispersión para el As, Cd y con concentraciones bajas, sin embargo, se muestra una alta dispersión para el Co, Mn, Ni.
- Las concentraciones de elementos metálicos al llegar al río Colca, se diluyen no contaminando el medio ambiente para el sector de Madrigal.
- De acuerdo al análisis estadístico se muestran dos asociaciones bien definidas. La asociación (Co, Mn, Dy, Er, Eu, Gd, Ho, La, Nd, Sm, Tb, Tm, Yb), cuyo fuente de origen es de carácter litogénico asociado a un ambiente volcánico y la asociación (As, Ag, Bi, Cd, Cu, Fe, Pb, Zn, Mo, Sb, Ga) relacionado a la franja polimetálica que alberga a Madrigal.
- El enriquecimiento en Pb, Zn y Cu es significativo en comparación con el factor de enriquecimiento para el Co, Ni, Cr probando su fuente de aporte.
- El Ga puede ser considerado como un pathfinder en la búsqueda de depósitos similares al yacimiento de Madrigal, ya que está ligado a los minerales de sulfuros.

REFERENCIAS

- Cordani, U. G., et al.(1985). *Geochronological results from the southeastern part of the Arequipa Massif*. Communications (Universidad de Chile), (359:45-51).
- Machado A., et.al. (2005). *Geochemical characterization of surficial sediments from the southwestern Iberian continental shelf*. Journal of geochemical exploration, n.31, Portugal, pp. 161-177.
- Guillén M. (2010). *Concentración de metales pesados en los alrededores del yacimiento minero Madrigal*. Tesis de Grado, Universidad Nacional de San Agustín, Escuela Profesional de Ingeniería Geológica, Arequipa, 224 pp.
- Rankama K. &Sahama G. (1954). *Geoquímica*. Madrid: Aguilar, 862pp.
- INGEMMET (2002). *Estudio de los recursos minerales del Perú Franja N°2*. Boletín N°11. Serie B: Geología económica.391pp.