

A5733

CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA DEL MAGMATISMO ANDINO POR DISPERSIÓN SECUNDARIA EN EL PERÚ CENTRAL

Raymond Rivera, Jorge Chira & Roger Gonzáles

INGEMMET, Av. Canadá 1470, San Borja, Lima, Perú
rrivera@ingemmet.gob.pe, jchira@ingemmet.gob.pe, rgonzales@ingemmet.gob.pe

INTRODUCCIÓN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico del Perú dentro de su programa de prospección geoquímica regional llevó a cabo el año 2005 el muestreo de sedimentos de quebrada de las cuencas de la vertiente pacífica, ubicadas entre los paralelos 9°00' a 10°00' de latitud sur (Cordillera Occidental). Esto ha implicado la recolección de 827 muestras de sedimento activo de corriente, con una densidad de muestreo de 1 muestra cada 10 km². Las muestras han sido analizadas por el método del plasma acoplado inductivamente por espectrometría de masa (ICP-MS) con digestión de agua regia (52 elementos) y por ensayo al fuego – espectrometría de absorción atómica (AAS) para la determinación del oro, habiéndose realizado el correspondiente control de calidad.

El objetivo del presente estudio es caracterizar el magmatismo andino del Perú Central a partir de la dispersión secundaria de algunos elementos traza y mayores, de manera que podamos encontrar elementos o asociaciones de elementos que nos permitan diferenciar cada evento geológico.



Fig. 1. Mapa de Ubicación

Se ha trabajado con 16 elementos traza: Ag, As, Au, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, U, V, W y Zn como también con algunos elementos mayores. Cada una de las poblaciones estadísticas y cada elemento han sido tratados independientemente, según tengan o no tendencia a la distribución gaussiana, con lo cual se han obtenido los respectivos parámetros geoquímicos (*background* y *threshold*). Asimismo, se ha aplicado la estadística multivariada como es el análisis de los componentes principales (ACP), lo que nos ha permitido caracterizar para cada población estadística sus respectivas asociaciones de elementos.

Muy importante ha sido la asignación en campo de cada muestra a una unidad geológica predominante, como proveedora del sedimento a la quebrada. De acuerdo a este criterio se ha procedido a dividir la data de acuerdo a características comunes como son la litología predominante y la edad de las unidades aportantes, dando como resultado un total de diez poblaciones estadísticas, de las cuales para interpretar la evolución de la distribución de los elementos se han tomado las cuatro más importantes como son: **El Grupo Casma**, **el Batolito de la Costa**, **el Grupo Calipuy** y **el Batolito de la Cordillera Blanca**.

GEOLOGÍA Y GEOQUÍMICA REGIONAL

El Grupo Casma se caracteriza por una serie volcánico sedimentaria del Albiano (Cretáceo inferior) que consiste en lavas andesíticas almohadilladas, tobas y areniscas intruidas por diques y sills andesíticos y basálticos emplazados en medio marino. **El Batolito de la Costa** (segmento Lima) datado desde Cretáceo superior hasta el Eoceno, se trata de una serie de plutones de composición variada (básicos a ácidos), siendo superficialmente más abundante las rocas básicas. (Pitcher W. et al, 1997) **El Grupo Calipuy** (Paleógeno – Neógeno) consiste de una serie de productos lávicos y piroclásticos emitidos por los centros volcánicos de composición intermedia a ácida (andesitas basálticas a riolitas), predominando las andesitas, dichas rocas son de naturaleza calcoalcalina a medianamente potásica. (Rivera M. et al, 2005) **El Batolito de la Cordillera Blanca** (Neógeno) caracterizado por rocas de carácter ácido (granitos – tonalita). Todo este magmatismo se encuentra emplazado paralelo a la zona de subducción. (Ver Fig. 7)

Los sedimentos activos han sido tomados de quebradas tanto de primer, segundo o tercer orden, húmedas o secas, siendo tamizadas en campo con la malla N° 30 y analizadas en laboratorio en malla N° 200.

Las Principales unidades litoestratigráficas mencionadas anteriormente representan las poblaciones estadísticas seleccionadas para el presente estudio.

La Fig. 2 y 3 nos muestra la evolución de los valores del Calcio y Magnesio a través del tiempo y en las diferentes unidades geológicas, observándose una clara variación en sus concentraciones, haciéndose menos abundante al alejarse de la costa.

Los valores del Calcio y Magnesio se reducen, creándose una relación edad – concentración, es decir, a menor edad, menos es la concentración.

En la Fig. 4 el Cobre también muestra una relación directa edad – concentración, lo cual se puede ver expresado en la disminución de los valores de fondo (*background*), dibujado como una línea negra dentro del *box-plot* (caja de bigotes).

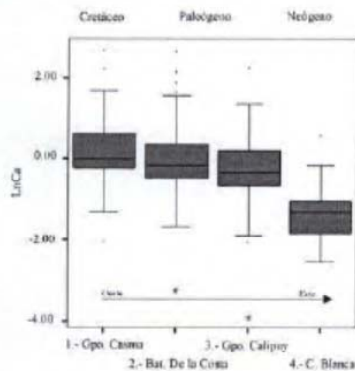


Fig. 2. Correlación Ca vs Tiempo

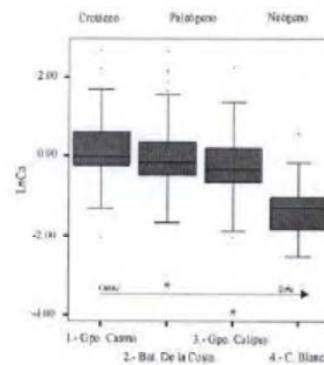


Fig. 3. Correlación Mg vs Tiempo

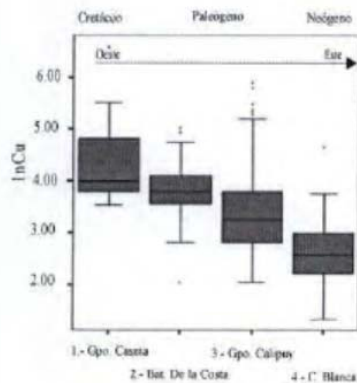


Fig. 4. Correlación Cu vs Tiempo

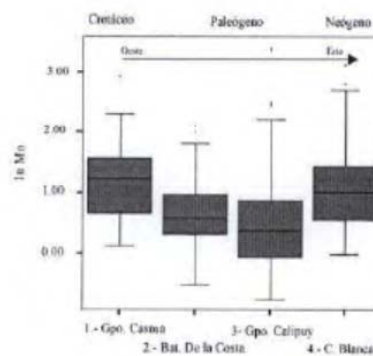


Fig. 5. Correlación Mo vs Tiempo

La Fig.5 nos muestra un caso especial de la variación de los valores del Molibdeno, cuya concentración desciende a través de tiempo, rompiéndose esta relación al emplazarse el Batolito de la Cordillera Blanca.

DISTRIBUCIÓN DE ELEMENTOS

La distribución para algunos elementos es bien marcado respecto a las determinadas unidades geológicas, como por ejemplo: el Uranio, Molibdeno, Wolframio, cuyos valores altos están relacionados al Batolito de la Cordillera Blanca. (Ver Fig. 6)

Mientras que otros elementos (Cr, Co, y Ni) muestran una distribución uniforme tanto en la Cordillera Blanca como en la Cordillera Negra

Los restantes elementos (Pb, Zn, Ag, As, Sb) muestran una dispersión con una ligera orientación andina (SE-NW).

El mercurio, elemento en que la mayoría de sus muestras estuvieron por debajo del límite de detección, sus pocas muestras analizadas y ploteadas en el mapa de distribución muestran una orientación andina, estando dispuestas mayormente a las zonas más altas de la Cordillera Negra donde se emplaza el Grupo. Calipuy. El oro muestra una dispersión muy errática y sus valores más altos se encuentran en los alrededores de la localidad de Pira, ubicada en la parte central de la Cordillera Negra, con una orientación transversal al rumbo andino, en dirección al yacimiento Pierina.

El vanadio muestra una distribución con sus más altos valores en la parte occidental de la Cordillera Negra, con una disminución muy clara de sus concentraciones hacia el este.

Se puede observar una fuerte dispersión secundaria de Pb, Zn, Sb, Ag y As a lo largo de aproximadamente 40 km. en la Cordillera Negra (río Aija), partiendo desde el distrito de Aija muy cerca del eje de Tapacocha hasta las proximidades de la costa, producto de los pasivos ambientales dejados por la minería en las cabeceras de las cuencas.

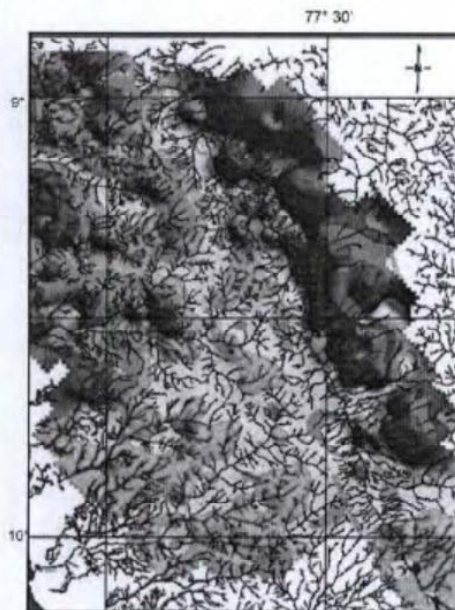


Fig. 6. Mapa de distribución del Uranio nótese Los valores altos en la Cordillera Blanca principales

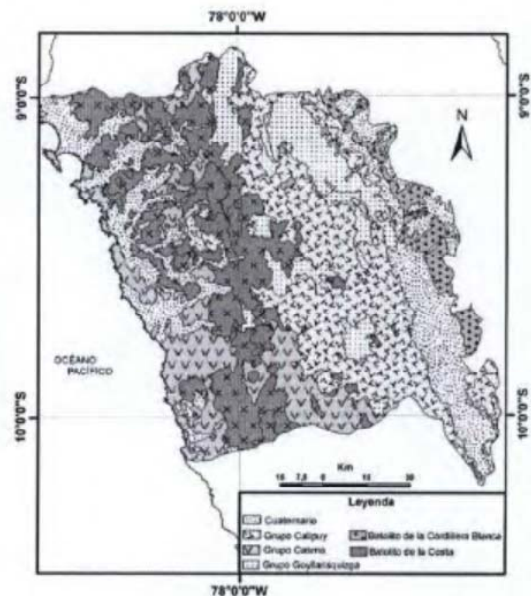


Fig. 7. Mapa Geológico Generalizado destacando las principales cuatro unidades materia del presente estudio.

TRATAMIENTO ESTADÍSTICO

De la totalidad de las muestras recolectadas en el campo sólo se tomaron en cuenta para el tratamiento estadístico, aquellas cuya predominancia composicional de clastos de menor tamaño (aprox. 5 cm.) sea de naturaleza ígnea, por lo que se ha trabajado con 416 muestras. Cada una de las poblaciones tratadas estadísticamente cuenta con un mínimo de cuarenta muestras lo cual asegura un tratamiento representativo con resultados confiables para cada población. Mediante este análisis se encontró los principales parámetros geoquímicos (*background y threshold*) para cada una de las poblaciones, además de las correlaciones (coeficiente de Pearson) que nos permiten establecer relaciones muy importantes de los elementos por población.

Comparando las correlaciones de Pearson entre el Grupo Calipuy y el Grupo Casma (ambos volcánicos) se observa un grupo bien marcado de correlaciones muy fuertes para este último. (Sb, Cd, As, Ag, y Zn)

De igual manera al comparar las correlaciones de Pearson entre los intrusivos, es el Batolito de la Cordillera Blanca el que presenta una mejor correlación de elementos. La mejores correlaciones del oro se encuentra asociado a aquellos eventos de edad Paleógeno - Neógeno.

El tratamiento estadístico incluyó el análisis por componentes principales con el propósito de encontrar una patrón geoquímico por dispersión secundaria para cada una de las poblaciones. (Ver Cuadro 01).

ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (ACP)

Como componente principal 1, para las cuatro unidades, se tiene una asociación base de Ag, Pb, Zn, Cd, Sb, con el añadido del As, el cual está presente en el Grupo Casma, Batolito de la Costa y Grupo Calipuy, estando ausente en el Batolito de la Cordillera Blanca.

En cuanto al componente principal 2, se tiene la asociación de los elementos N - Cr o Ni- Co relacionados al Grupo Casma, Grupo Calipuy y Batolito de la Cordillera Blanca, salvo en el caso del Batolito de la Costa, donde destaca la asociación Cs - Rb.

El tercer componente principal, agrupa los elementos (Cr - V o Cr - Ni), mientras que en el Calipuy se identifica la asociación Rb-U. En el Batolito de la Cordillera Blanca aparece nuevamente la misma asociación Cs - Rb, identificada en el Batolito de la Costa (PC2).

Cuadro 01. Componentes Principales. (Muestra las principales asociaciones de elementos)

Unidades Litoestratigráficas	PC1	V Exp. %	PC2	V Exp. %	PC3	V Exp. %
Grupo Casma	Ag,As,Cd,Cu,Cs,Mn,Pb,Sb,Zn	43	Co-Ni	22	Cr-V	7
Batolito de la Costa	Ag,As,Cd,Mn,Pb,Sb,Zn	27	Cs-Rb	18	Cr-Ni	12
Grupo Calipuy	Ag,As,Cd,Pb,Sb,Zn	32	Cr-Ni	16	Rb-U	11
Batolito de la Cordillera Blanca	Ag,Cd,Cu,Pb,Sb,Sr,Zn	40	Co,Cr,Ni,V	17	Cs-Rb	10

CONCLUSIONES

Los box - plot (Fig. 2, 3, 4 y 5) muestran una clara diferencia de la concentración de algunos elementos mayores y traza en dirección oeste - este, relacionado a la evolución del magmatismo andino haciéndose este cada vez más ácido.

La Fig. 6 reafirma la relación que existe entre las concentraciones de los elementos y la evolución del magmatismo andino al encontrar una clara orientación andina en la dispersión secundaria de estos.

De acuerdo al ACP, además de la predominante asociación polimetálica, se tiene la asociación de elementos alcalinos litófilos Cs - Rb, que permite diferenciar geoquímicamente a ambos cuerpos intrusivos batolíticos de los volcánicos. Dichos elementos tienen alta afinidad con la fase fundida de los magmas (incompatibles) y deben su enriquecimiento tanto a los fluidos acuosos como a los fundidos hidratados de los basaltos y/o metasedimentos subducidos. Se ha identificado la asociación alcalina Rb - U en los volcánicos Calipuy, atribuible a la presencia de volcánicos de composición ácida (riolita). En el Grupo Casma, destaca la asociación Cr - V, elementos de transición que confirman la naturaleza intermedia de estos magmas calcoalcalinos.

A pesar de que los datos trabajados resultan de la dispersión secundaria de sedimentos, estos patrones geoquímicos obtenidos mediante los mapas de distribución y el ACP, mantienen aún el reflejo de lo que se obtiene a partir de datos de dispersión primaria.

REFERENCIAS

- Govett G. (1983) Handbook of Exploration Geochemistry - Statistics and Data Analysis in Geochemical Prospecting. 418 pag.
- Jenner G. (1996). Trace Element Geochemistry of Igneous Rocks: Geochemical Nomenclature and Analytical Geochemistry. en Trace Element Geochemistry of Volcanic Rock (application for Massive Sulphide Exploration) Geological Association of Canada, Short Course Notes. Volume 12. Pag. 51 - 78.
- Pitcher W, Cobbing J, Atherton M, Beckinsale (1997) Magmatism at a Plate Edge the Peruvian Andes. British Geological Survey University of Liverpool - INGEMMET publicación interna.
- Rivera M, Monge R. & Navarro P. (2005). Nuevos Datos Sobre el Volcanismo Cenozoico (Grupo Calipuy) en el Norte del Perú: Departamento de la Libertad y Ancash. INGEMMET - SGP, Vol. 99, Pag. 7 - 21.