Boletín de Ciencias de La Tierra. (12): 50-63 . 1997

ESTUDIO DE ORIENTACIÓN GEOQUÍMICA PARA LOCALIZACIÓN DE MINERALIZACIONES METÁLICAS EN LA REGIÓN DE ANZA (ANTIOQUIA)

Franklin ORTIZ B.*, Jorge E. MAYA ** y Francisco MEJÍA**

RESUMEN

Se entregan en este trabajo los resultados de un estudio de orientación geoquímica realizado en la Cordillera Occidental, en el municipio de Anzá, Departamento de Antioquia. Se hacen algunas consideraciones sobre el método de muestreo y se esquematizan algunas diferencias que se encontraron en el análisis químico de los sedimentos activos utilizando las técnicas empleadas en los laboratorios del INGEOMINAS y LA UNIVERSIDAD NACIONAL. De acuerdo con estos resultados se definen los elementos de mayor utilidad para la delimitación de mineralizaciones metálicas y eventualmente unidades litológicas.

En la cartografía realizada simultáneamente con el estudio geoquímico se delimitaron unidades de rocas volcano-sedimentarias (Grupo Cañasgordas), apófisis y diques dioríticos del Batolito de Sabanalarga, rocas sedimentarias Neoterciarias y depósitos Cuaternarios. Igualmente se encontraron varias mineralizaciones vetiformes con sulfuros de Cu y Zn asociadas a los intrusivos dioríticos y de yeso masivo asociado a rocas volcánicas básicas.

De acuerdo con los resultados obtenidos del estudio, el Cu resulta ser el mejor elemento guía para localizar las mineralizaciones metálicas, lo sigue el Zn y en menor proporción el Pb. En la determinación del contenido de los elementos metálicos en las muestras y para los propósitos del trabajo resultó más positivo el método de Absorción Atómica, este método suministra más del 85% del contenido de elemento en la muestra. Sin embargo, con la colorimetría se dieron también resultados positivos para la detección de las anomalías de Zn aunque el análisis de las muestras por este método solo suministra el 16% del contenido total del elemento.

Los resultados de los análisis por Espectrografía de Emisión sirven, en general, para delimitar unidades litológicas gracias a la distribución de ciertos elementos, (tales como Ti, V, Zr, Ba, Cr, Ni y Co), en los sedimentos activos.

---

* Profesor Titular, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas, CIMEX, A.A. 1027, Medellín.
** Ingeniero Geólogo, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas

Solamente en el área de la mina Margarita se presenta una zona anómala coincidente para los elementos Cu, Zn y Pb analizados por los tres métodos de análisis químicos mencionados; en las otras zonas de valores anómalos, la asociación de estos elementos no existe.

ABSTRACT

A geochemical prospecting study was made at the area of Anzá (Antioquia) in order to obtain information about the best methods of sampling of stream sediments and also about the chemical analytical techniques most useful for determining the metalic element contents of the samples.

INTRODUCCIÓN

El ambiente geológico en el flanco oriental de la Cordillera Occidental es propicio para la presencia de yacimientos de sulfuros masivos y vetiformes y dado que en particular en la zona escogida para este estudio, un área de 230 km^2 localizada en la región de Anzá, Antioquia, (Fig. 1), existen

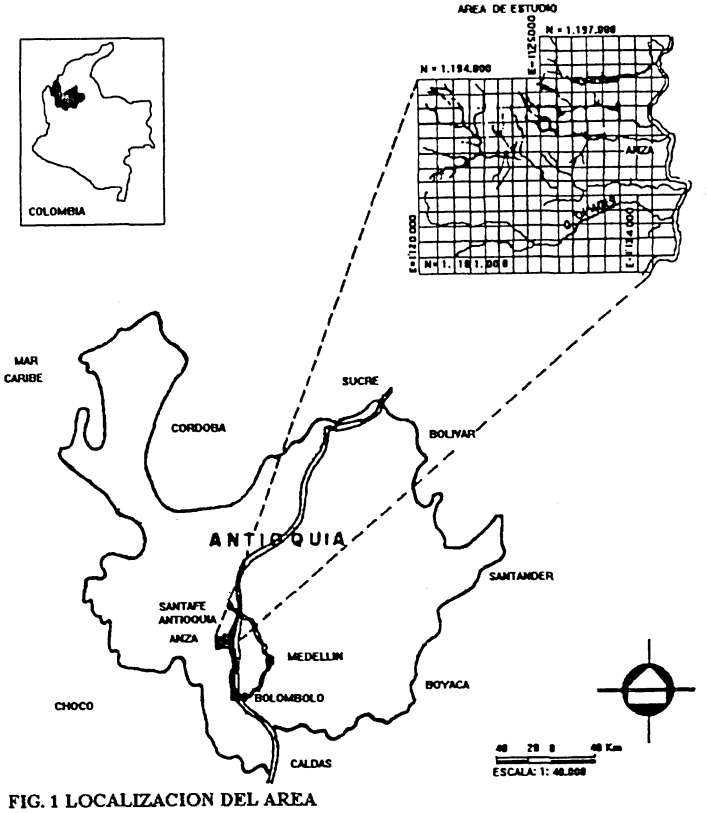

FIG. 1 LOCALIZACION DEL AREA

manifestaciones de sulfuros metálicos en vetas y de yeso masivo, se llevo a cabo un estudio de prospección geoquímica para obtener guías que permitan localizar la eventual existencia de tales mineralizaciones.

La prospección geoquímica es una herramienta de exploración minera muy útil debido a los bajos costos que ella involucra. Motivados ante estas posibilidades y esperando poder establecer si tal metodología resulta apropiada para determinar la existencia de mineralizaciones metálicas, se pretendió con este estudio analizar si elementos tales como Cu, Zn y Pb pueden servir como elementos indicadores, (dependiendo del tipo de muestreo realizado), e igualmente, si las técnicas analíticas (colorimetría, espectrometría de emisión y absorción atómica) para determinar los contenidos elementales resultaban apropiadas. Además establecer si existe alguna relación entre la composición química de los elementos trazas en los sedimentos y la probable delimitación de las unidades litológicas que aportan estos sedimentos.

CONSIDERACIONES GEOLÓGICAS

El marco geológico general de la zona lo constituyen principalmente rocas volcano-sedimentarias intruídas por algunos apófisis y diques dioríticos y gábroicos (Fig.2). El miembro volcánico comprende basaltos, diabasas, espilitas, basaltos almohadillados, aglomerados, tobas y brechas volcánicas pertenecientes a la Formación Barroso mientras que el miembro sedimentario o Formación Penderisco lo constituyen rocas calcáreo-lidíticas y areno-arcillosas con predominio de este último. El conjunto anterior es denominado Grupo Cañasgordas (Alvarez y Eckart, 1970; Alvarez y González, 1978). Este grupo es intruido por las rocas dioríticas y las gabroicas. Afloran igualmente sedimentos Neoterciarios donde abundan conglomerados, areniscas y arcillolitas con un importante material de aporte volcánico. Depósitos Cuaternarios están ocupando las áreas de las corrientes drenando la zona.

El marco tectónico está enmarcado dentro del sistema de fallas de la depresión del Cauca siendo las estructuras más notorias la Falla Tonusco, Niverengo y una importante zona de cizalla que tiene una tendencia general N-S localizada en la zona este (Fig. 2). Las estructuras anteriores juegan un notorio papel en el control de las mineralizaciones existentes, bien porque ellas han servido como canales de deposición, o bien porque las han modificado o desmembrado. Las mineralizaciones aparecen en filones y venas y están constituidas básicamente por pirita, calcopirita, esfalerita

y pirrotina. Se encuentra un depósito de yeso masivo asociado a las rocas volcánicas básicas y hay varias diseminaciones de sulfuros en las rocas próximas o dentro de los paquetes de tobas alteradas que se cartografiaron en las quebradas Niverengo y Guaimarala.

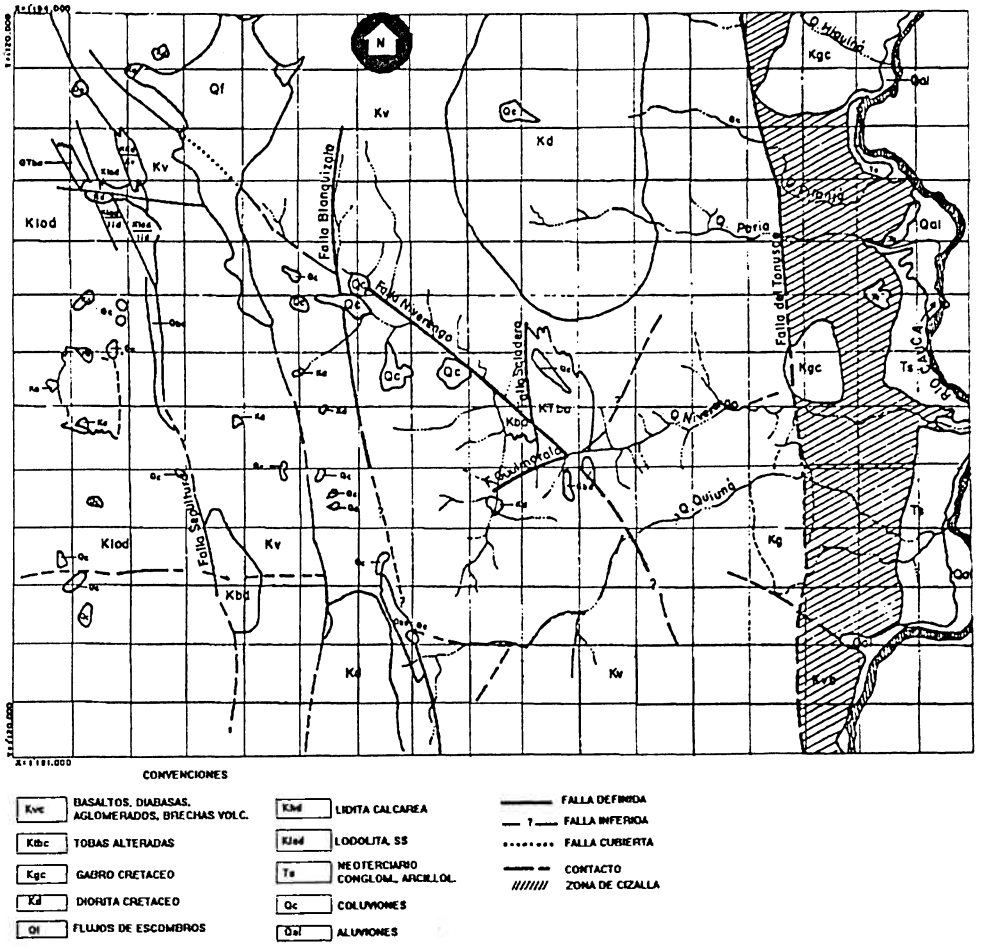

FIG. 2 MAPA GEOLOGICO

Los rasgos morfológicos de la cuenca estudiada son de gran importancia en el aporte de los sedimentos llevados por las corrientes de las quebradas del área. Estos rasgos producen un aporte muy variado en los detritos a los canales activos dado que los elementos químicos pueden viajar en solución o ser acumulados en forma de sedimentos frescos próximos a la fuente original. Como resultado de la combinación de estos factores se da que por ejemplo, el mayor aporte de sedimentos de rocas ígneas provenga de basaltos y tobas y en menor proporción de dioritas y gabros. Hay además un alto aporte de sedimentos a partir de las rocas sedimentarias del Grupo Cañasgordas a causa de sus propiedades físicas y texturales; en menor proporción, pero aún notable, es el aporte de

depósitos cuaternarios, básicamente de flujos de escombros en la quebrada Niverengo.

PROSPECCIÓN GEOQUÍMICA

En el estudio de prospección geoquímica realizado es pertinente indicar que el trabajo se inició a partir de un muestreo preliminar en el cual se definieron, mediante el análisis colorimétrico para Zn, algunas zonas mineralizadas de interés. Fue necesario luego establecer la existencia de los posibles patrones que controlaran químicamente la concentración de otros elementos químicos, los cuales fuesen potencialmente mejores indicadores de la acumulación y el carácter de las mineralizaciones existentes. Así se pudo entonces implementar un procedimiento geoquímico apropiado a las mineralizaciones detectadas, de acuerdo al tipo de muestreo empleado y acorde con las técnicas analíticas realizadas. De hecho, se discuten los métodos químicos seguidos para los análisis de las muestras de sedimentos colectados y las limitaciones y alcances de tales métodos y su influencia para la prospección geoquímica.

Tipo de Muestreo

Este se llevó a cabo colectando inicialmente sedimentos finos en los canales activos de las corrientes a intervalos de 300 m. Luego se tomaron las muestras distantes 200 m entre si; cuando se hacía el estudio semidetallado de las zonas consideradas prioritarias por la existencia de mineralizaciones detectadas durante la cartografía. Las muestras fueron preparadas y tamizadas en malla 80, tomándose la fracción menos ochenta (-80) para el análisis químico.

Análisis químico

Inicialmente se empleó el método colorimétrico descrito por Levinson (1974) para extracción de Zn en frío. El método dio apreciables resultados para el rango de detección entre 2.5 y 800 ppm, pero sólo permitió determinar un pequeño porcentaje del total del elemento, (menor al 16%), contenido en la muestra. Posteriormente las muestras fueron analizadas por Espectrografía de Emisión y Espectrometría de Absorción Atómica. Para el procedimiento por Espectrografía de Emisión, se siguieron las instrucciones de Monsalve (1978), teniendo en consideración los límites inferior y superior de detección para varios elementos y la capacidad de extracción del método

que es de un 85% del contenido real del elemento en la muestra.

El análisis por absorción Atómica considera sin embargo que el Cu presenta una posible interferencia cuando la relación Zn/Cu es alta; para Zn no hay interferencias significativas y en el caso del Pb, los fosfatos, carbonatos, yoduros, fluoruros y acetatos suprimen la absorbancia de Pb significativa cuando están en concentraciones 10 veces mayores que las del Pb. El porcentaje de extracción por Absorción Atómica se determinó mayor al 85% del total del contenido del elemento en la muestra.

Análisis Estadístico

Los resultados químicos obtenidos se separaron por cuencas según la geomorfología presente. Se buscó con ello homogeneizar las poblaciones del muestreo y establecer el método analítico más apropiado para la localización de las manifestaciones metálicas. Para el procedimiento estadístico se utilizaron los métodos sugeridos por Lepeltier (1969), el Análisis Multivariable y el Promedio Móvil (Davis, 1873).

Zonas Anómalas

Definiéndose los valores anómalos encontrados para Cu, Zn y Pb, se esquematizaron varias zonas anómalas para cada cuenca hidrográfica; éstas se discutieron observando su correspondencia con la geología y la existencia de mineralizaciones definidas en la cartografía geológica. Los resultados encontrados permitieron definir:

- En la cuenca Qiuná. Hay una zona anómala para Cu y Pb en el sector de la Falla Guasabra, sobre las quebradas Chonta y Malpaso, (Fig. 3 y 5). Allí los valores anómalos están asociados a manifestaciones de calcopirita en aglomerados mientras que los valores altos están agrupados con los sectores aledaños al contacto de los paquetes calcáreo-lidíticos que se cartografiaron en la unidad volcánica. Para Zn se detectó una zona anómala en el sector de las quebradas Zorzala, Sepultura y Cañada Arreboles, (Fig. 4), donde las corrientes drenan el mismo costado volcano-sedimentario y pueden estar lavando material de una posible mineralización. Esta sería similar a aquella que se explota en la mina Margarita para Au, con presencia de calcopirita y esfalerita.

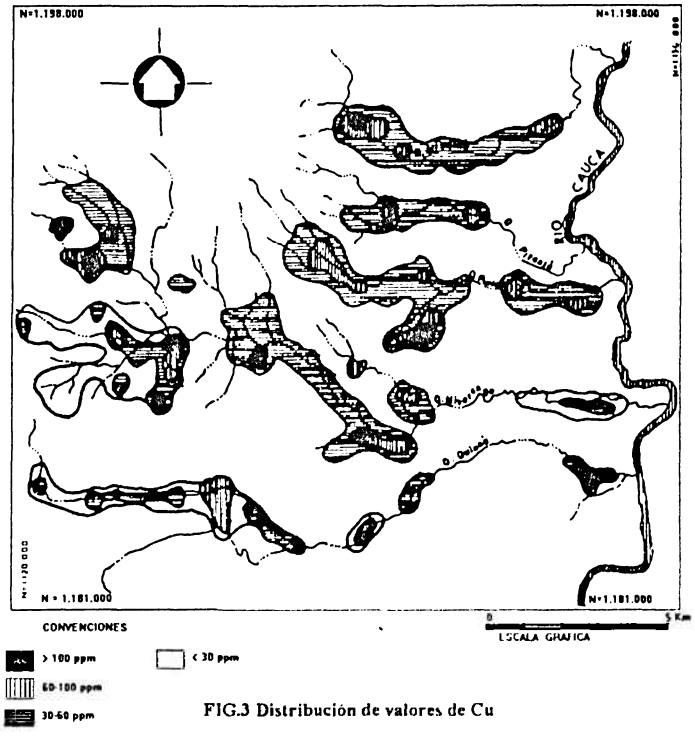

FIG.3 Distribución de valores de Cu

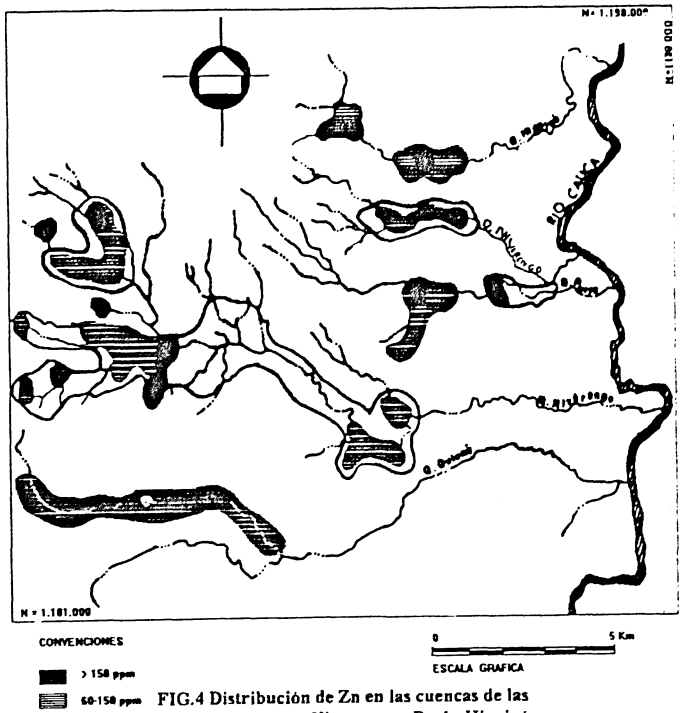

FIG.4 Distribución de Zn en las cuencas de las Quebradas Qiuná, Niverengo y Puria-Higuiná

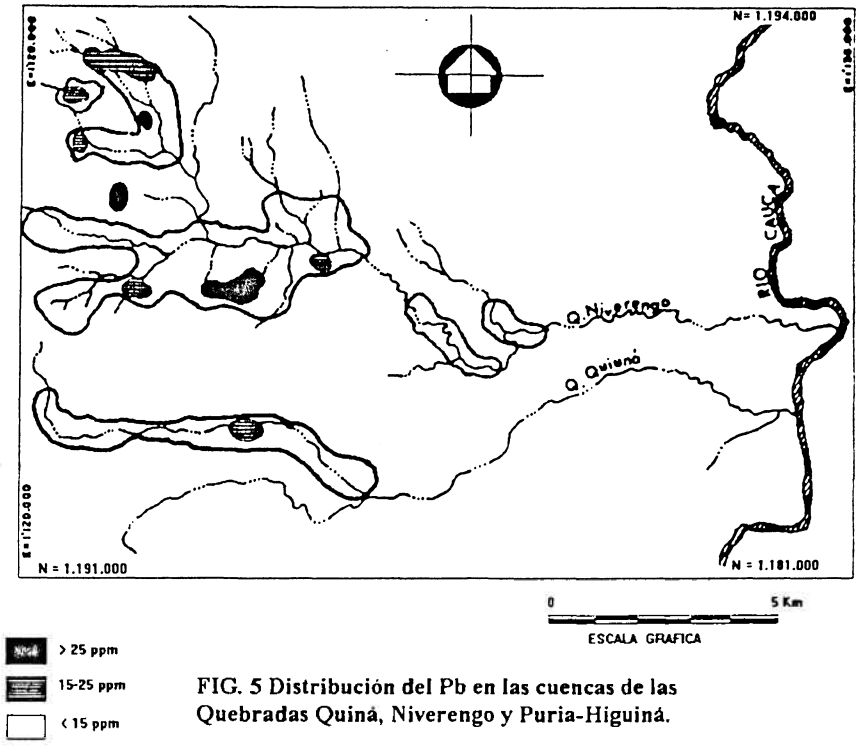

FIG. 5 Distribución del Pb en las cuencas de las Quebradas Quiná, Niverengo y Puria-Higuiná.

- En la cuenca Puria-Pitanjá-Higuiná. La escasez de datos disponibles para el valor promedio (Background) no permite una discriminación confiable para representar las características geoquímicas de esta cuenca. Cu y Zn definen una zona anómala en la desembocadura de la cañada Los Jesuitas con la quebrada La Parra y una zona de valores altos en la cabecera de la quebrada Higuiná, (Figs. 3 y 4). Los valores anómalos están relacionados a la presencia del cuerpo intrusivo, y a una zona de cizalladura a lo largo de éste, en donde hay manifestaciones de pirita, calcopirita y pirrotina en venillas de cuarzo.

- En la cuenca Niverengo. Los métodos químicos utilizados permitieron visualizar dos zonas anómalas para Cu y Pb en el sector de la quebrada Cara de Perro y en las cercanías a la mina Margarita para Cu, Zn y Pb (Figs. 3, 4 y 5). Las manifestaciones minerales presentes tienen pirita, calcopirita, oro, malaquita y carbonatos en filones de cuarzo dentro de intrusivos dioríticos. En la desembocadura de la quebrada Guaimarala a la quebrada Niverengo, hay una zona significativamente anómala para Cu, (Fig. 3). El aporte de material detrítico contiene malaquita, proveniente de filones detectados en la zona, acompañada de calcita, dolomita, marcasita y calcopirita.

Análisis individual para 8 elementos diferentes a Cu, Zn y Pb.

El análisis químico por Espectografía de Emisión permitió que se reportaran resultados para 33 elementos en la cuenca Niverengo. De esta información es posible extraer datos que presentan interés en aspectos litoquímicos.

- Antimonio, Sb. Este elemento se consideró de poco interés y baja confiabilidad debido a que los valores obtenidos no muestran un patrón de comportamiento general, además son frecuentes valores por debajo del límite de detección (de 500 ppm) del equipo utilizado y probablemente en su lectura instrumental ocurren interferencias con las líneas del hierro (Fe) que afectan los resultados obtenidos.

- Titanio, Ti. Los valores determinados, dada la baja movilidad del Ti, nos darían una aproximación a la fuente original de los sedimentos analizados. Su contenido esta variando con la proximidad a ella, de acuerdo al grado de erosión, y al mineral que contiene este elemento, (Fig. 6). En general, el Ti está caracterizando a la unidad lodolítica, asociado íntimamente con minerales predominantemente arcillosos en la zona.

- Vanadio, V. En sus altos valores se observa que están concentrados esencialmente en zonas arcillosas, es decir a zonas asociados a lodolitas y tobas alteradas. Sus contenidos están caracterizando a la unidad lodolítica, (Fig. 6).

- Circonio, Zr. Los valores altos se presentan sobre la unidad lodolítica y en areniscas con gran predominio de material arcilloso, como el elemento anterior nos esta indicando proximidad a su fuente (Fig. 6).

- Bario, Ba. Se presenta con valores altos asociados a paquetes calcáreo-lidíticos y en hidrolizados en sedimentos arcillosos, (Fig. 6).

- Cromo, Cr. Dada su baja movilidad, los valores anómalos de cromo se explican como encontrados ligados a una fuente cercana. Se presentan en la zona de fallas en presencia de serpentinización de las rocas basálticas y apófisis gábricas, igualmente a zonas de rocas tobáceas con fuerte carbonatación, (Fig. 7).

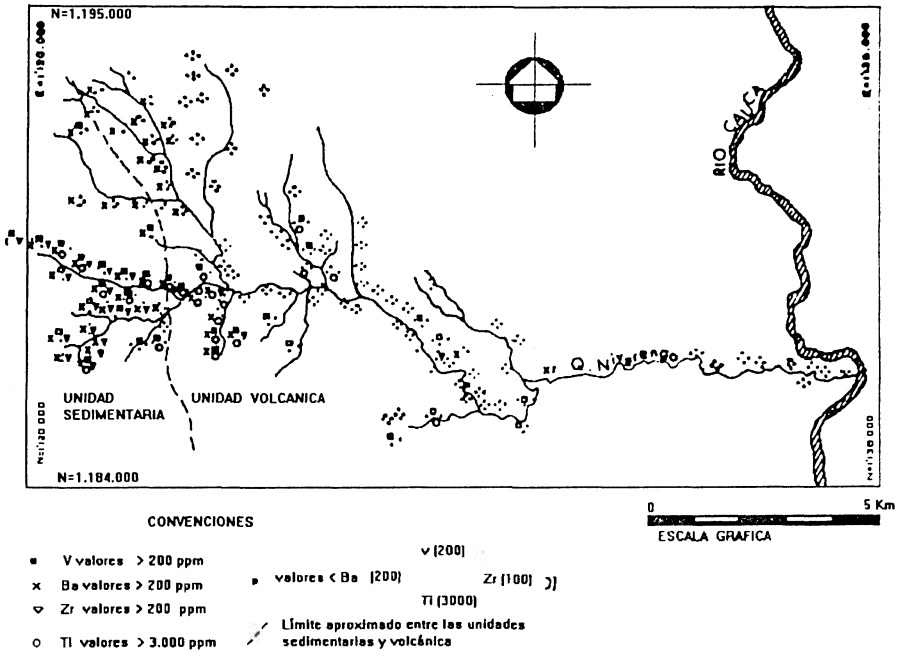

FIG. 6 Distribución de V, Ba, Zr y Tl en la cuenca Niverengo.

- Níquel, Ni. Su procedencia está ligada a los principales constituyentes máficos de las rocas volcánicas básicas y por lo tanto sus valores anómalos, al igual que el anterior, se presentan asociados a serpentina producida en zonas de falla, (Fig. 7).

- Cobalto, Co. Como este elemento no forma hidrosilicatos durante la meteorización, se queda en solución en forma de bicarbonato o de hidróxido coloidal formando compuestos oxidados con manganeso (Mn); los valores anómalos están relacionados con zonas de falla, (Fig. 7).

Análisis Multivariables.

Se elaboró una matriz de correlación entre los elementos anteriores para observar la relación entre los posibles pares de elementos. En general, las correlaciones Cr-Ni, Ti-V, Zr-Ba y Ti-V-Zr-Ba son los grupos de elementos que mayor afinidad presentan estadísticamente en las litounidades presentes en el área.

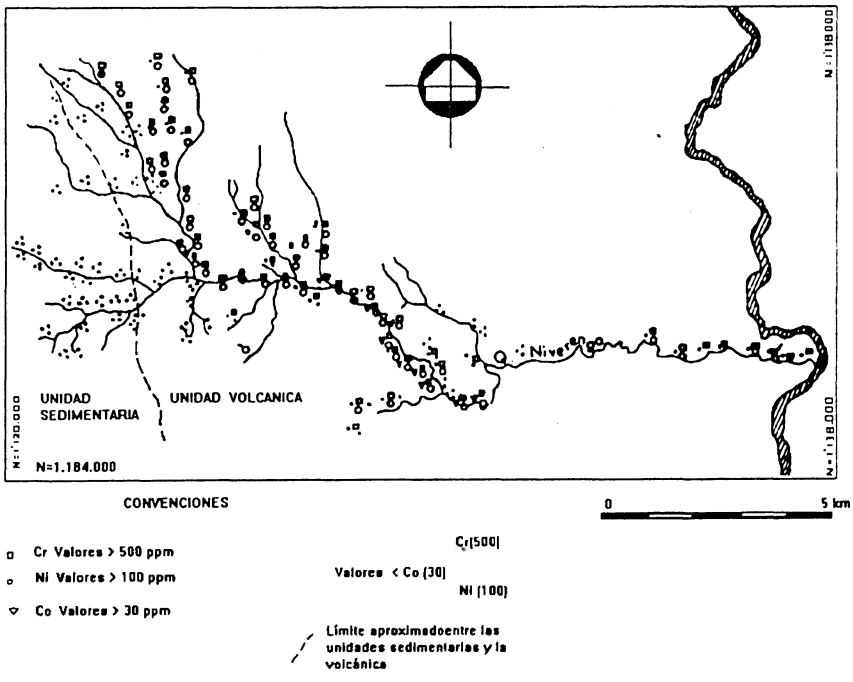

FIG. 7 Distribución del Ni, Cr y Co en la cuenca Niverengo.

Se considera además que es positivo y de comportamiento estadísticamente válido la correlación Cu-Zn para determinar zonas anómalas reales, (correlación definida mediante un análisis multivariable), el cual muestra además que la afinidad del Pb en la zona es mínima con Cu y Zn en las muestras analizadas.

Promedio Móvil, para Cu, Zn y Pb.

De las figuras 3, 4 y 5 se observa la coincidencia de las áreas significativamente anómalas con manifestaciones de sulfuros mediante líneas de isovalores para Cu y Zn. Se corrobora la afinidad geoquímica de este par de elementos como guías para localizar zonas significativamente anómalas, mientras que dichas áreas son nominalmente más restringidas para Pb.

DISCUSIÓN

En general Cu, Zn y Pb presentan resultados favorables en las muestras que se tomaron muy cerca a las mineralizaciones (baja dispersión). El Cu y el Zn están fuertemente relacionados a las mineralizaciones existentes y en menor proporción el Pb. Los resultados de Cu y Zn obtenidos por Absorción Atómica, Espectrografía de Emisión y Colorimetría, muestran que el 3% del total de las muestras resulta estadísticamente anómalo, pero con una distribución discontinua de valores significativos. El Pb se encontró significativamente anómalo en un porcentaje menor al 1% en el total de las muestras; se presenta igualmente con una distribución errática de valores bajos.

La toma de muestras de sedimentos activos en intervalos por encima de 200 m, no da una mejor discriminación que se pueda considerar muy significativa para localizar con detalle las mineralizaciones, por lo tanto, no parece justificarse la toma de muestras a espacios más amplios.

En el análisis de los métodos analíticos se estima que Absorción Atómica y Espectrografía de Emisión, considerando que no haya dificultad en el tratamiento analítico de la muestra, extraen la misma cantidad del elemento de un mismo sedimento; la capacidad de extracción de ambos métodos se evaluó como mayor al 85% del total del contenido del elemento en la muestra. En consideración a ello se establece por consiguiente que los intervalos de clase empleados por Espectrografía de Emisión corresponden a intervalos similares por Absorción Atómica.

Tal comparación, sin embargo, no es factible para con el método Colorimétrico debido a su bajo poder de ataque químico de las muestras y a que la distribución de valores en intervalos de ppm son diferentes al método de Absorción Atómica. El valor promedio extraíble de Zn por Colorimetría, resultó menor al 16% del total del elemento en la muestra.

Los resultados obtenidos para Sb y Zn presentan abundantes valores por debajo del límite inferior (500 ppm) detectable para ambos elementos, lo que disminuye la confiabilidad en sus lecturas con el equipo utilizado.

CONCLUSIONES

El área en estudio presenta unidades litoestratigráficas muy similares a las existentes en la Cordillera Occidental. Ellas están constituidas por: rocas volcano-sedimentarias del Grupo

Cañasgordas, apófisis y diques dioríticos del Batolito de Sabanalarga, rocas sedimentarias Neoterciarias y depósitos Cuaternarios. Particularmente en la zona de estudio, el Grupo Cañasgordas está constituido por un miembro volcánico y otro sedimentario lidítico y lodolítico, afectados por las fallas de Tonusco, Guasabra y Niverengo principalmente, comprendidas dentro del marco tectónico del Sistema de Fallas Cauca-Romeral.

Estas unidades pueden, como muchas otras, ser determinadas en una primera etapa de exploración mediante muestreos geoquímicos de sedimentos activos, como sigue:

La unidad lidítica está bien delimitada por el bario (Ba) y la unidad lodolítica por titanio (Ti), vanadio (V) y circonio (Zr). Los valores significativamente anómalos de cromo (Cr) y níquel (Ni) están asociados a manifestaciones de serpentina relacionadas a zonas de falla y a minerales cromíferos en tobas carbonatadas.

Se presentan en el área mineralizaciones de sulfuros, sulfatos y carbonatos. Los sulfuros están relacionados a explotaciones auríferas conocidas como son las minas Margarita, Palomas y Cara de Perro, donde las tendencias del diaclasamiento general coinciden con la dirección de los filones, diques y fisuras mineralizadas. Los sulfatos (depósitos de yeso masivo), sulfuros y carbonatos cercanos a tobas con alta carbonatación y con compuestos de cobre (malaquita) hace pensar en la existencia promisoria de un cuerpo de sulfuros masivos asociado al volcanismo en la zona.

Las zonas mineralizadas pueden ser delimitadas con la utilización de los elementos Cu, Zn y Pb mediante la toma de sedimentos activos: los resultados que confirman esta afirmación se encuentran en el área de las minas Margarita y Cara de Perro, La Cañada los Jesuítas, parte media de las quebradas Niverengo e Higuiná y el área del sitio El Arrebol. La extensión de las zonas anómalas no es muy amplia; está limitada a un máximo de 500 m de la mineralización para el Cu y es menor para el Zn. La restricción es máxima para el Pb.

El programa de orientación geoquímica realizado para localizar las mineralizaciones metálicas en la zona dio como resultado la necesidad de ajustar el muestreo detallado y minucioso de las zonas mineralizadas, con intervalos de toma de muestras muy cerca a ellas, si se desea utilizar la técnica de muestreo de sedimentos activos. Cuando se colectan muestras para un análisis semidetallado cada 200 m., los resultados de los análisis químicos y estadísticos pierden homogeneidad en la distribución de los valores anómalos. Esto es el resultado de que imperan en la región diferentes

condiciones geomorfológicas que varían el grado de aporte de sedimentos a las corrientes.

En los estudios de prospección geoquímica que se realicen en ambientes similares debe tenerse cuidado de aplicar el método analítico apropiado. Existen interferencias que se producen en la detección de un elemento en las mineralizaciones, como es el caso de carbonatos de Cu en la quebrada Niverengo, y de valores altos de Pb cercanos a paquetes calcáreo-lidíticos. En estos casos, los resultados no son suficientemente significativos cuando son analizados por los métodos de absorción atómica y Espectrografía de Emisión en Cu y Pb.

En general, para todas las mineralizaciones halladas en la zona el Cu resultó ser un excelente elemento guía. El método de absorción atómica entrega los mejores resultados tanto para este elemento como para el Zn y el Pb.

La colorimetría da resultados positivos para determinar anomalías significativas de Zn y es un método que se podría implementar en un trabajo rápido de campo; con este método se obtuvieron valores promedio del 16% en el contenido de la muestra, mientras que por absorción atómica se puede alcanzar el 85% del contenido total del elemento.

BIBLIOGRAFIA

ALVAREZ, J. y ECKART, F. 1970. Geología detallada de la parte suroeste del Cuadrángulo I-8. Tesis Fac. Minas, Medellín. 64 p.

ALVAREZ, J. y GONZÁLEZ; H. 1978. Geología y geoquímica del cuadrángulo I-7, Urrao, INGEOMINAS. Medellín. (informe interno).

DAVIS. J. C, 1973. Statistic and data analysis in Geology. John Wiley and sons, inc., N.Y., 550 p.

LEPELTIER, C. 1969. A simplified statistical treatment of geochemical data by graphical representation. Econ. Geol. 64, (1): 538-550.

LEVINSON, A. A. 1974. Introduction to exploration geochemistry. Applied Pub. Ltd., Calagary, 612p.

MONSALVE, D. 1978. Procedimiento para el análisis espectroquímico semicuantitativo. INGEOMINAS, Medellín.