

# **ANÁLISIS PRELIMINAR DEL POTENCIAL MINERAL DE LA PLANCHA 431 PIAMONTE**

**ESCALA 1:100.000**

Autores: Nuñez, A.; Buenaventura A., J. Muñoz A., R.; Güiza G., S.; Quintero C., W.

## **1. INTRODUCCION**

El área en la cual se analiza el potencial en recursos minerales para el SIGOB, cubre una extensión de 3800 km<sup>2</sup> de la Plancha 431 Piamonte.

Esta región abarca parte de la llamada Bota Caucana, en el suroriente del Departamento del Cauca, el extremo suroccidental del Departamento del Caquetá y el flanco este del Departamento del Putumayo (Figura 1).

Con base en un análisis integrado de la información geológica, geoquímica y geofísica existente, se establece el potencial mineral de la zona de estudio señalando los recursos minerales más sobresalientes del área.

## **2. GEOLOGÍA**

El área considerada tiene dos sectores con características geomorfológicas claramente diferenciables: uno occidental correspondiente a la zona andina y otro oriental conformado por la llanura amazónica, separados por el Sistema de Fallas del Borde Amazónico, el cual está constituido por un grupo de fallas de tipo inverso y dirección SW-NE.

Al norte del Sistema de Fallas del Borde Amazónico se encuentran rocas metamórficas e ígneas del Proterozoico y el Triásico-Jurásico respectivamente (Figura 3). Las primeras, que ocupan el extremo nororiental del área, corresponden a neises de diverso tipo, anfibolitas y granulitas, de la unidad denominada Complejo Garzón. Las rocas ígneas son de origen volcánico e intrusivo.

Las volcánicas son principalmente flujos de lava de composición andesítica a dacítica, intercalados dentro de depósitos piroclásticos, representados por tobas y aglomerados que con alguna frecuencia se intercalan con niveles sedimentarios y volcanosedimentarios; esta secuencia es conocida con el nombre de Formación Saldaña.

Las rocas intrusivas corresponden a apófisis del Monzogranito de Mocoa, controlados tectónicamente, conocido anteriormente como Batolito de Mocoa de edad Jurásica, que intruye a la Formación Saldaña y al Complejo Garzón, al norte en la Plancha 412 San Juan de Villalobos, generando efectos de contacto. Pórfidos, en forma de diques y pequeños stocks, de composición andesítica-dacítica asociados posiblemente al mismo episodio magmático, cortan tanto la secuencia volcánica como las rocas intrusivas y metamórficas.

Este conjunto volcánico-plutónico es del Triásico-Jurásico y su origen se debate entre, si es un magmatismo desarrollado detrás de un arco o es de ambiente de distensión; algunos datos geoquímicos en rocas, apoyan el origen de magmatismo detrás del arco.

En el extremo noroccidental afloran rocas sedimentarias cretácicas (Formaciones Caballos y Villeta) que reposan en forma discordante sobre la Formación Saldaña y a su vez, son recubiertas por arcillolitas de la Formación Rumiyaco del Maastrichtiano-Paleoceno.

Hacia el sur del Sistema de Fallas del Borde Amazónico rocas sedimentarias, representadas por las Formaciones Caballos, Villeta, Rumiyaco y Pepino y el Grupo Orito, se presentan en forma de cuñas o lentes, expuestas por efectos de la tectónica que produjo el levantamiento de la cadena andina en el territorio colombiano, a través del Sistema de Fallas del Borde Amazónico. Se destaca un volcanismo básico, en los alrededores del río Sabaleta

(Basaltos de Sabaleta), de edad cuaternaria; su origen e interpretación tectónica no están claramente definidos.

El resto del área está cubierta por las sedimentitas del Grupo Orito y depósitos aluviales y terrazas del Cuaternario.

Con base en el ambiente geológico descrito anteriormente, el potencial mineral del área de interés desde el punto de vista geológico, estaría relacionado con procesos hidrotermales asociados con el Monzogranito de Mocoa que intruye la Formación Saldaña. Este cuerpo intrusivo como se dijo anteriormente, forma parte del Batolito de Ibagué-Mocoa, el cual ha sido considerado como la expresión de un evento magmático calcoalcalino que tuvo lugar a finales del Jurásico, como respuesta al desarrollo de un arco volcano-plutónico en un ambiente tectónico relacionado a una zona de subducción, de características continentales. El Batolito de Ibagué-Mocoa intruye una gran variedad de litologías y afecta gran parte de la Cordillera Central. Adicionalmente, la presencia de rocas metamórficas del Complejo de Garzón, amplían las posibilidades de ubicar otros tipos de yacimientos relacionados con procesos de segregación magmática.

Consecuentemente con lo anterior, el Batolito de Ibagué-Mocoa forma parte del cinturón magmático Jurásico de pórfidos cupríferos del Sistema Andino que se extiende desde el Perú hacia Ecuador y Colombia (Bloque Norandino), donde se conocen depósitos de importancia económica y varios prospectos en Colombia dentro del Batolito de Ibagué-Mocoa, el cual intruye rocas precámbricas del Macizo de Garzón, metasedimentitas paleozoicas, sedimentitas calcáreas del Triásico y vulcanitas del Jurásico (Formación Saldaña). Las posibilidades metalogénicas en este Batolito de afinidad calcoalcalina, esta confirmado por la presencia de varios prospectos de tipo pórfido cuprífero con molibdeno, skarn con Cu-Pb-Zn-Au-Ag-W y depósitos epitermales de metales

preciosos, (Buenaventura J. 2003) encajados en sedimentitas calcáreas y vulcanitas del Triásico y Jurásico, respectivamente, los cuales al parecer se encuentran asociados con facies magmáticas tardías, usualmente porfiríticas de tipo stock, como podría ser el caso del Monzogranito de Mocoa. Estas mineralizaciones están relacionadas principalmente con eventos metalogénicos del Mesozoico y del Cenozoico, aunque la presencia de mineralizaciones cenozoicas son menos conocidas.

Estudios realizados por tesisistas de la Universidad Nacional de Colombia, en el Macizo de Garzón, indican que existe potencial para localizar cuerpos pegmatíticos de tipo complejo y carbonatitas ricos en tierras raras.

### **3. GEOQUÍMICA**

En la plancha 431 (Piamonte) a escala 1:100.000, simultáneamente con el desarrollo de la cartografía geológica a escala 1:50.000, se llevó a cabo un muestreo geoquímico regional, donde se tomaron 203 muestras de sedimentos activos finos y 99 muestras de esquirlas de rocas. Las muestras se enviaron al laboratorio del INGEOMINAS para análisis por espectrografía de emisión para 33 elementos y posteriormente se analizaron por absorción atómica para Au, Ag, Cu, Mo, Zn, Pb y Mn. Estos elementos fueron seleccionados teniendo en cuenta los diferentes tipos de depósitos que podrían encontrarse en la zona de estudio.

La distribución y el comportamiento de los elementos se analizó mediante el uso de estadísticas univariadas que incluyen el análisis exploratorio de datos (AED), del cual hacen parte las medidas de tendencia central y de dispersión, así como: histogramas, diagramas de cajas (*box and plots*), entre otros. Para tal fin, las muestras se agruparon por la variable unidad litológica con el objeto de determinar contrastes geoquímicos, teniendo en cuenta la

localización de la muestra sobre cada grupo de rocas e influencia de la litounidad sobre la misma.

Se hizo el análisis estadístico preliminar, los valores altos se separaron y luego se realizó un nuevo tratamiento estadístico, y se obtuvo los valores anómalos con los que se trabajó la distribución gráfica; estos corresponden al valor umbral (es decir, el promedio más 2 veces la desviación estándar) para cada grupo litológico, con lo cual se definió un polígono definido como la anomalía con su respectiva zona de influencia correspondiente a la cuenca de los respectivos sedimentos. Para el análisis de los datos y la elaboración de mapas geoquímicos, agrupados por variable geológica, se utilizaron los programas Arc-View v. 3.2 y el SPSS v. 9.

Como resultado de este muestreo geoquímico regional se identificaron cuatro zonas geoquímicamente anómalas, tres de las cuales obtenidas a partir de una campaña geoquímica para metales preciosos y metales base, y la cuarta corresponde a una zona de interés para tierras raras (corroborada con los datos espectrográficos para lantano), obtenida a partir del muestro geoquímico de baja densidad para el Atlas Geoquímico de Colombia. (Figura 3).

El muestreo fue realizado a través de transectas espaciadas algunos kilómetros (Figura 8), por lo que es factible que reduciendo el área de las celdas con sus respectivas cuencas de muestro y la distancia entre las transectas, que cubra la totalidad de la plancha (muestreo sistemático), así como análisis químicos multielementales que permitan identificar diversas asociaciones de elementos que puedan estar reaccionadas con mineralizaciones en el área, se puedan identificar más áreas anómalas. Las zonas anómalas están asociadas al contacto entre la Formación Saldaña y el Monzogranito de Mocoa en el sector centro occidental de la plancha y al Complejo Garzón en la esquina nororiental del área. Las tres primeras anomalías básicamente fueron definidas a

partir del muestreo de sedimentos activos finos, los cuales fueron corroborados en parte por el muestreo de esquirlas de roca. La cuarta anomalía se obtuvo a partir de un muestreo de la cartografía geoquímica de baja densidad en celdas de 20 x 20 Km, tomando muestras de sedimentos activos, suelos y aguas, con análisis para 48 elementos químicos y hasta de 62 en aguas. Entre las tierras raras se encuentran: La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb y Lu además Th y U en los tres tipos de muestras, y solo en aguas: Pr, Gd, Dy, Ho, Er, Tm.

Los valores significativos en las cuatro zonas anómalas podrían estar relacionados localmente, con áreas alteradas hidrotermalmente, con sulfuros diseminados y en venillas asociados a zonas de fracturas y diaclasas en facies porfídicas del Batolito de Mocoa y orotoneises del Grupo Garzón, las cuales deberían ser verificadas en el campo mediante un trabajo sistemático. Las anomalías identificadas en orden de importancia fueron las siguientes:

- **Cuencas de los ríos Luna y Yuruyaco.** Sobre estas cuencas se detectaron valores anómalos en sedimentos activos finos para Cu (200 ppm), Zn (104 ppm), Mo (12 ppm), Mn (670 ppm), Sr (200 a 1500 ppm), Ag (2,2 - 27 ppm) y Au (0,12 ppm); la zona anómala está caracterizada, además, por fuerte epidotización en las rocas del Grupo Garzón. Por la asociación Cu-Zn-Mo-Mn-Sr, la anomalía podría estar reflejando una mineralización de tipo pórfido cuprífero. Sin embargo, teniendo en cuenta los resultados obtenidos por espectrografía para Tungsteno en sedimentos activos finos, con contenidos entre 50 y 100 ppm y Antimonio entre 100 y 700 ppm, se podría pensar en la posibilidad de depósitos de skarn en el área. En esquirlas de roca se presenta Sn (10 ppm), As (200 ppm), Sb (100 a 500 ppm) y el Sr (1500 ppm).

- **Cuenca del río Inchiyaco.** Esta anomalía, definida por sedimentos activos finos, se encuentra sobre la cuenca del río Inchiyaco. Las muestras resultaron anómalas para Mo (23 ppm) y Ag(2,3 ppm). En la zona anómala se observa intensa epidotización, asociada a rocas de la Formación Saldaña, intruida por apófisis del Monzogranito de Mocoa, rocas afectadas por la Falla Urcusique. La asociación Mo-Ag, el tipo de alteración hidrotermal, así como el entorno geológico que caracteriza la zona anómala, sugiere que la anomalía estaría relacionada posiblemente a una mineralización de tipo skarn. Los análisis espectrográficos en esquirlas de roca indican la presencia de Sn (10 ppm). En sedimentos activos finos se detecto Sb (50 ppm) y Sr (700 ppm).
- **Cuenca del Río Tambor.** La anomalía fue definida a partir de sedimentos activos finos y se encuentra sobre la Cuenca del Río Tambor. Las muestras que resultaron anómalas para Zn (211 ppm), Sb (50 y 100 ppm), Sr (700 y 1500 ppm), Mn (852 ppm), Ag (0,6 - 2,3 ppm) y Au (0,09 ppm), están asociadas a rocas de la Formación Saldaña en contacto con rocas sedimentarias del Cretáceo, conjunto intruido por el Monzogranito de Mocoa y afectado por las fallas El Tambor y Uitoto. Por la asociación Zn-Ag-Au-Mn, la anomalía estaría relacionada con mineralización aurífera de tipo epitermal, lo cual se tendría que verificar en el campo.
- **Cuenca alta del río Suaza.** La zona anómala está ubicada en el extremo NE del área, sobre la parte alta de la cuenca del río Suaza; se trata de una anomalía en elementos de tierras raras (La, Ce, Nd, Sm, Eu, Te, Yb, Y, Ho y Pr), definida en muestras de agua y asociada a rocas del Grupo Garzón de edad Precámbrica. La anomalía podría estar relacionada con cuerpos pegmatíticos, o cuerpos carbonatíticos, cuya existencia en el Macizo de Garzón ya ha sido reportada

anteriormente por tesisistas de la Universidad Nacional de Colombia.

Por el contrario, en las muestras de sedimentos activos finos y suelos, la distribución de contenidos de los elementos de tierras raras es más amplia, pero igualmente determina una región anómala en el flanco E del área de estudio, donde el Nd, Y, Te y Sm presentan una mayor dispersión.

#### 4. GEOFÍSICA

Tomando como referencia el levantamiento aéreo magnético realizado en 1987 por la compañía Aero Service Corporation y compilada por ECOPETROL, el cual se llevó a cabo con líneas de vuelo separadas 2 km y líneas de amarre separadas cada 5 km y que cubre el 95% de la plancha 431, se analizó la señal magnética para obtener modelos de anomalías de campo magnético total, regional y residual, a partir de los cuales fue posible hacer una interpretación de las anomalías magnéticas residuales.

En el **mapa de anomalías magnéticas residuales** (Figura 3) se observa nueve anomalías, de las cuales cuatro son alto positivas y las cinco restantes alto negativas. El mapa de anomalías magnéticas residuales (Figura 3) es la representación de las anomalías magnéticas más superficiales; y se obtuvo a partir del mapa de anomalías magnéticas de campo total, el cual se redujo eliminando de él la componente magnética regional; y está en un rango de 48 nT a -61 nT. Las anomalías magnéticas residuales más altas se encuentran orientadas NE-SW según la tendencia general de las estructuras geológicas. Aislado de esta tendencia, al SW del área se distingue una anomalía magnética residual alta positiva que coincide estructuralmente con el Sistema de Fallas del Borde Amazónico (Esta falla también va NE-SW).

Para efectos de modelamiento de anomalías magnéticas en el software GM-SYS, se realizó una transformación al polo de la señal residual (Figura 4); sobre este mapa se seleccionaron dos secciones perpendiculares al rumbo de la anomalías residuales mayores. Los modelos bidimensionales del subsuelo (figuras 6 y 7) obtenidos a partir de la interpretación magnetométrica, muestran hacia el oriente un basamento que se interpretó compuesto por Gneiss, mientras hacia el occidente en contacto fallado se interpreto un cuerpo intrusivo, altamente magnético, intruyendo hacia el occidente rocas volcánico sedimentarias y al noreste rocas de basamento precámbrico. En la misma figura, parte c, se muestra una comparación entre los valores de la anomalía magnética residual y los valores de concentración en roca de cobre y molibdeno. En el perfil 1, las altas concentraciones de cobre y molibdeno están cercanas al alto magnético residual. En el perfil 2, las bajas concentraciones de cobre y molibdeno están cercanas al bajo magnético.

## 5. POTENCIAL MINERAL

Con base en la información geológica, geoquímica y geofísica, relacionada con la zona de estudio, es factible sugerir que el área es potencialmente interesante para la búsqueda de depósitos minerales de **tipo pórfido cuprífero, skarns, epitermales de metales preciosos, pegmatitas y/o carbonatitas**, entre otros. Las áreas de mayor interés parecen ser las zonas de contacto entre la Formación Saldaña y el Monzogranito de Mocoa, así como el Complejo Garzón.

La plancha 431 se encuentra dentro de la “Provincia Metalogénica Continental Central” que corresponde a un ambiente de corteza continental. El potencial mineral de esta Provincia está supeditado a la superposición de dos eventos metalogénicos que tuvieron lugar uno en el Mesozoico (Triásico-Jurásico) y otro en el Cenozoico

(Neógeno). La historia orogénica y metalogénica de estas Eras en esta Provincia, ha sido considerada compleja.

El primer evento metalogénico el cual tiene mayor incidencia con la plancha 431, se inicio en el Triásico-Jurásico y culminó en el Cretáceo, en estrecha asociación con una intensa actividad magmática de tipo alcalina, la cual generó espesos depósitos volcánicos y rocas intrusivas. Este magmatismo en la primera parte del Mesozoico fue intenso y de composición ácida, disminuyendo hasta casi anularse durante el Cretáceo, cuando cambió a básico e intermedio (Fabre y otros, 1982). Esta actividad magmática de características continentales, dio lugar a mineralizaciones epitermales auríferas de tipo filoniana y diseminada, skarn, además de pórfidos cupríferos con molibdeno, que se hospedaron en una gran variedad de litologías de naturaleza siálica, localizadas al oriente del Sistema de Fallas de Romeral (Buenaventura J. 2001)

El segundo evento metalogénico tuvo lugar en el Neógeno y está representado también por una actividad magmática calcoalcalina, conformada por plutones y stocks de tipo hipoabisal y de composición dacítica y andesítica que intruyen secuencias volcano-sedimentarias, plutonitas, rocas metamórficas sedimentitas y vulcanitas. La mineralización asociada con esta actividad magmática, es epitermal aurífera, de tipo filoniana y diseminada. Este evento metalogénico tuvo un radio de acción muy amplio en la Zona Andina, afectando tanto la Provincia Metalogénica Central como la Provincia Metalogénica Occidental (Buenaventura J. 2001)

El potencial mineral de la plancha 431, indicado por el ambiente geológico del área, se ve expresado en las anomalías geoquímicas identificadas en el área, cuya asociación particularmente anómala de elementos químicos permite relacionarlos con ciertos tipos de depósitos minerales que pueden presentarse en el área.

Adicionalmente, en la plancha 431 se encontraron 19 puntos de muestreo con evidencias de hidrotermalismo, principalmente en muestras de rocas ígneas plutónicas y volcánicas, la mayoría con epidotización.

Los siete elementos guías analizados por absorción atómica y utilizados en la campaña geoquímica para identificar zonas anómalas que pudieran estar relacionadas con algún tipo de mineralización, no dan mucha certeza desde el punto de vista geoquímico en cuanto a los depósitos de tipo skarn y epitermales de metales preciosos. Para darle un mayor soporte a la interpretación geoquímica, además de los elementos mencionados anteriormente se debieron tener en cuenta dentro de los elementos guías los siguientes: W, Bi, Sn, As, Sb, Se, Te, Hg y Sr,

Adicionalmente, sobre la cuenca del río Tambor, el cual drena aguas arriba rocas de la Formación Saldaña, se presentan sedimentos recientes en los cuales se encuentran depósitos aluviales con algunos contenidos de oro, indicando la posible presencia de depósitos de placer en los sedimentos y de mineralización aurífera dentro de las rocas volcánicas del Jurásico, la cual podría estar ubicada en la parte alta de la cuenca.

De las cuatro anomalías geoquímicas la de mayor importancia es la que se encuentra en la cuenca de los ríos Luna y Yuruyaco relacionada posiblemente con mineralización de tipo pórfido cuprífero; sigue en importancia la Cuenca del río Inchiyaco cuyo ambiente geológico y asociación de elementos guías, sugiere la presencia de skarn en el área; posteriormente se encuentra la anomalía sobre la Cuenca del Río Tambor asociada posiblemente con mineralización aurífera de tipo epitermal.

En la **Tabla 1**, presenta las características generales de las tres anomalías geoquímicas principales. Se describe la presencia de alteración hidrotermal, elementos anómalos,

contenido de metales preciosos, tipo de muestra y unidad litológica dominante.

**Tabla 1. Características de las anomalías geoquímicas**

<b>LOCALIZACION</b>		<b>Río Luna, Río Yuruyaco</b>	<b>E del Río Inchiyaca</b>	<b>Río Tambor</b>
UBICACIÓN		431-II	431-III	431-III
ELEMENTOS ANOMALOS		Cu, Zn, Mo, Mn, Ag, Au	Mo, Ag	Zn, Mn
CONTENIDO PROMEDIO (ppm)	Cu L.C 0.2	200		
	Pb L.C1.5			
	Zn L.C 0.3	104		211
	Mo L.C 3.0		23	
	Mn L.C. 0.6			852
METALES PRECIOSOS (Au 0.05 y Ag (0.15)		>Ag (27 a 2.2 ppm), Au(0.12ppm).	Ag (2.3 ppm)	>Ag (2.3 a 0.6 ppm), Au (0.09 ppm)
ALTERACION HIDROTHERMAL		Epidotización	Epidotización	
TIPO DE MUESTRA		SA	SA y ER	SA y ER
RASGOS GEOLOGICOS	UNIDAD LITOLÓGICA	Grupo Garzón (metamórficas)	Formación Saldaña (volcánicas) en contacto con unidades sedimentarias cretácicas y terciarias.	Formación Saldaña (volcánicas) en contacto con unidades sedimentarias cretácicas.
	RASGO ESTRUCTURAL		Falla Urcusique.	Fallas El Tambor y Uitoto.

L.C. Limite de Cuantificación Laboratorio Química Ingeominas

SA: Sedimentos Activos

ER: Esquirlas de Roca

La cuarta anomalía obtenida a partir del muestro geoquímico de baja densidad, corresponde a una zona de interés para tierras raras, la cual podría estar relacionada con cuerpos carbonatíticos o con pegmatitas dentro del

Macizo de Garzón. Es importante tener en cuenta que este sector se encuentra prácticamente inexplorado.

Desde el punto de vista geofísico y teniendo en cuenta la escala de trabajo a la cual se llevaron a cabo las investigaciones geofísicas, las anomalías geoquímicas no presentan ninguna correspondencia con las anomalías magnéticas residuales más altas, las cuales se encuentran orientadas NE-SW según la tendencia general de las estructuras geológicas y mostrando una mayor relación con las unidades geológicas a nivel regional, particularmente con los cuerpos ígneos.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

**BUENAVENTURA, J. 2001.** Posibilidades Metalogénicas Auríferas en el territorio Colombiano. VIII Congreso Colombiano de geología. INGEOMINAS. Manizales.

**BUENAVENTURA, J. y BERNAL, L., 2003.** Areas potenciales para exploración de metales preciosos y metales base en Colombia. IX Congreso Colombiano de geología. INGEOMINAS. Medellín.

**NÚÑEZ, A. 2003.** Geología de las Planchas 411 La Cruz, 412 San Juan de Villalobos, 430 Mocoa, 431 Piamonte, 448 Monopamba, 449 Orito y 465 Churuyaco. Esc. 1:100.000. INGEOMINAS. Bogotá.

**NÚÑEZ, A. 2003.** Reconocimiento geológico regional de las Planchas 411 La Cruz, 412 San Juan de Villalobos, 430 Mocoa, 431 Piamonte, 448 Monopamba, 449 Orito y 465 Churuyaco, esc. 1:100.000. Departamentos de Caquetá, Cauca, Huila, Nariño y Putumayo. Memoria explicativa. INGEOMINAS. 216p. Anexo fotográfico. Bogotá.

**MUÑOZ, R.; GÜIZA, S.; CAMACHO, J.; VARGAS, O. 2002.** Geoquímica de las Planchas 411 La Cruz, 412 San Juan de Villalobos, 430 Mocoa, 431 Piamonte, 448 Monopamba, 449 Orito y 465 Churuyaco, suroccidente de Colombia. INGEOMINAS, Inf. 2654. Tomo 1: 152p. Tomo 2: Anexos. Bogotá.