

REPUBLICA DE COLOMBIA
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN GEOCIENCIAS, MINERIA Y QUIMICA
INGEOMINAS

UNIDAD OPERATIVA MEDELLIN

**MINERALIZACIONES DE SEGREGACION
MAGMATICA EN EL BATOLITO DE
SABANALARGA**

Por:

GABRIEL RODRÍGUEZ G.
GILBERTO ZAPATA G.

MEDELLIN - 1995

998001

CONTENIDO

	<u>Pág.</u>
RESUMEN	5
ABSTRACT	5
1. INTRODUCCION.....	6
2. MARCO GEOLOGICO REGIONAL.....	6
3. BATOLITO DE SABANALARGA	8
3.1. FACIES MAFICA-ULTRAMAFICA	9
3.1.1. Alteración	10
3.2. FACIES FELSICA	10
4. MINERALIZACIONES DE SEGREGACION MAGMATICA	10
4.1. MINERALOGIA Y TEXTURAS	11
4.2. ANALISIS QUIMICOS DE LAS MENAS.....	15
4.3. GENESIS	16
5. CONCLUSIONES	17
6. REFERENCIAS	18

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Mapa geológico y localización del area de estudio.....	7
FIGURA 2. Mena masiva. Cristales de olivino flotando en una matriz de pirrotina	11
FIGURA 3. Cristales de olivino, rodeados por pirrotina	12
FIGUA 4. Cristales de olivino reemplazados por iddingsita y serpentinita flotando en una matriz de pirrotina.....	13
FIGURA 5. Venillas de piritita a través de la pirrotina y los silicatos	14
FIGURA 6. Pirrotina con aspecto fibroso junto con los silicatos	14

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. Análisis por copelación y absorción atómica para oro y plata y absorción atómica para metales base en minerales de segregación magmática	15
TABLA 2. Análisis de oro por concentración y absorción atómica	16

RESUMEN

Asociadas al Batolito de Sabanalarga en el área de Ituango, se presentan mineralizaciones de sulfuros. La zona de interés se encuentra en el límite geológico entre rocas de afinidad continental y oceánica, marcado por el sistema de fallas Cauca-Romeral.

El Batolito de Sabanalarga, con edades radiométricas de 97 ± 10 y $98,2 \pm 3,5$ m.a. (Albiano-Coniaciano), es un plutón compuesto, con una facies máfica-ultramáfica, a la que están asociados los sulfuros y otra de composición intermedia. Intruye rocas metamórficas del Grupo Valdivia de edad paleozoica y está en contacto fallado con las rocas volcano-sedimentarias de la Formación Barroso; al oriente se encuentran rocas ultramáficas no asociadas al batolito y al oeste depósitos cuaternarios.

Las mineralizaciones ocurren en las quebradas El Encanto, Chontaduro y El Tinto. Los sulfuros se presentan masivos y disseminados en forma de bandas y bolsones con espesores entre 0,4 -3 m, están constituidos por pirrotina y en menor proporción calcopirita, magnetita y pirita, con pequeñas cantidades de oro y plata. Los minerales de ganga son: olivino, piroxenos y anfíbol uralítico.

La relación sulfuros/silicatos varía de 1/9 en las mineralizaciones disseminadas a 4/6 y 7/3 en las menas masivas. Las muestras se analizaron por absorción atómica y presentan valores de cobre que varían entre 200 ppm y 2,38%, cinc entre 44 y 146 ppm, níquel (280-710 ppm) y cobalto (29-552 ppm). Los análisis para oro y plata se realizaron también por copelación, obteniendo resultados entre

0,28 y 2,13 g/ton de oro y 3,31 -20,5 g/ton de plata.

Por asociación mineralógica y litológica y texturas se considera que estas manifestaciones de sulfuros son de segregación magmática formadas por procesos de diferenciación de líquidos sulfurosos inmiscibles en la cámara magmática.

ABSTRACT

Associated to the Sabanalarga Batholith in the Ituango area there are mineralizations of sulfides. The zone of interest is located in the geologic limit between rocks of continental and oceanic affinities, marked by the Cauca-Romeral Fault System.

The Sabanalarga batholith, with radiometric ages of 97 ± 10 and $98,2 \pm 3,5$ m.a., is a pluton of intermediate composition with some mafic and ultramafic facies to which sulfides are associated. The batholith intrudes the Paleozoic metamorphic rocks of the Valdivia Group and it is in fault contact with the volcanic-sedimentary rocks of the Barroso Formation. To the east of the batholith there are ultramafic rocks not associated to it and to the west quaternary deposits.

The mineralizations occur in the ravines El Encanto, Chontaduro and El Tinto. The sulfides present are massive and disseminated in the form of bands and large pulses with thicknesses between 0.4 -3 m. The mineralization is constituted by pyrite and to a lesser proportion chalcopyrite, magnetite and pyrites, with small amounts of gold and silver. The gangue minerals are olivine, pyroxenes and an uralitic amphibole.

The ratio sulfites/silicates varies from 1/9 in the disseminated mineralizations to 4/6 and 7/3 in the massive mineralizations. The samples were analyzed by atomic absorption and present concentrations between 200 ppm and 2,38% in copper, from 44 and 146 ppm in zinc, 280-710 ppm in nickel and 29 to 552 ppm in cobalt. The analysis for gold and silver were made by cupellation, obtaining results between 0.28 and 2.13 g/ton for gold and 3.31 - 20.5 g/ton for silver.

From the mineralogical association, lithology and tectonic environment it is considered that sulfides manifestations are due to magmatic segregation formed by processes of gravitational differentiation in the magmatic chamber.

1. INTRODUCCION

Las mineralizaciones de sulfuros asociadas al Batolito de Sabanalarga, en el municipio de Ituango, sobre el flanco oriental de la Cordillera Occidental, al oeste del departamento de Antioquia (Figura 1), son las primeras manifestaciones de menas de segregación magmática reportadas en este intrusivo, ampliando la posibilidad de encontrar nuevas mineralizaciones de este tipo.

En este estudio se describe la geología, mineralogía, texturas, las relaciones entre menas y rocas encajantes y entre sulfuros y silicatos, el marco geológico local y los valores preliminares de Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Co y Ni de las mineralizaciones; además se hace una interpretación genética fundamentada en estudios en otras partes del mundo y en los rasgos texturales y litológicos encon-

trados en las menas y en las rocas encajantes. En este trabajo se utilizó información extractada del informe 'Exploración de Metales Base (Cu, Pb, Zn) y oro, en una faja al Oeste del Municipio de Ituango' (RODRIGUEZ y ZAPATA, 1995).

2. MARCO GEOLOGICO REGIONAL

La zona se encuentra geográficamente en el flanco oriental de la Cordillera Occidental y geológicamente en el límite entre el dominio de rocas continentales y oceánicas, a lo largo del sistema de fallas Cauca Romeral, que enmarca la tectónica de la región.

La geología esta constituida por rocas metamórficas del Grupo Valdivia, rocas ígneas del Batolito de Sabanalarga, fajas de rocas ultramáficas, rocas volcánicas correlacionables con la Formación Barroso y algunos depósitos cuaternarios correspondientes a flujos de lodo y de escombros (Figura 1).

El Grupo Valdivia es un conjunto de rocas metasedimentarias y metavolcánicas, subdividido en tres unidades de esquistos y tres unidades de neises (HALL et al, 1972; MUÑOZ, 1980), de edad Paleozoico superior (HALL et al, 1972).

Las rocas del Grupo Valdivia, en los alrededores de Ituango, son metasedimentos y metavulcanitas, que fueron sometidas a condiciones de metamorfismo regional de las facies esquistos verde y anfibolita baja (HALL et al, 1972). Ocurren como fajas delgadas con dirección general norte-sur y corresponden a esquistos de colores negro, gris y verde.

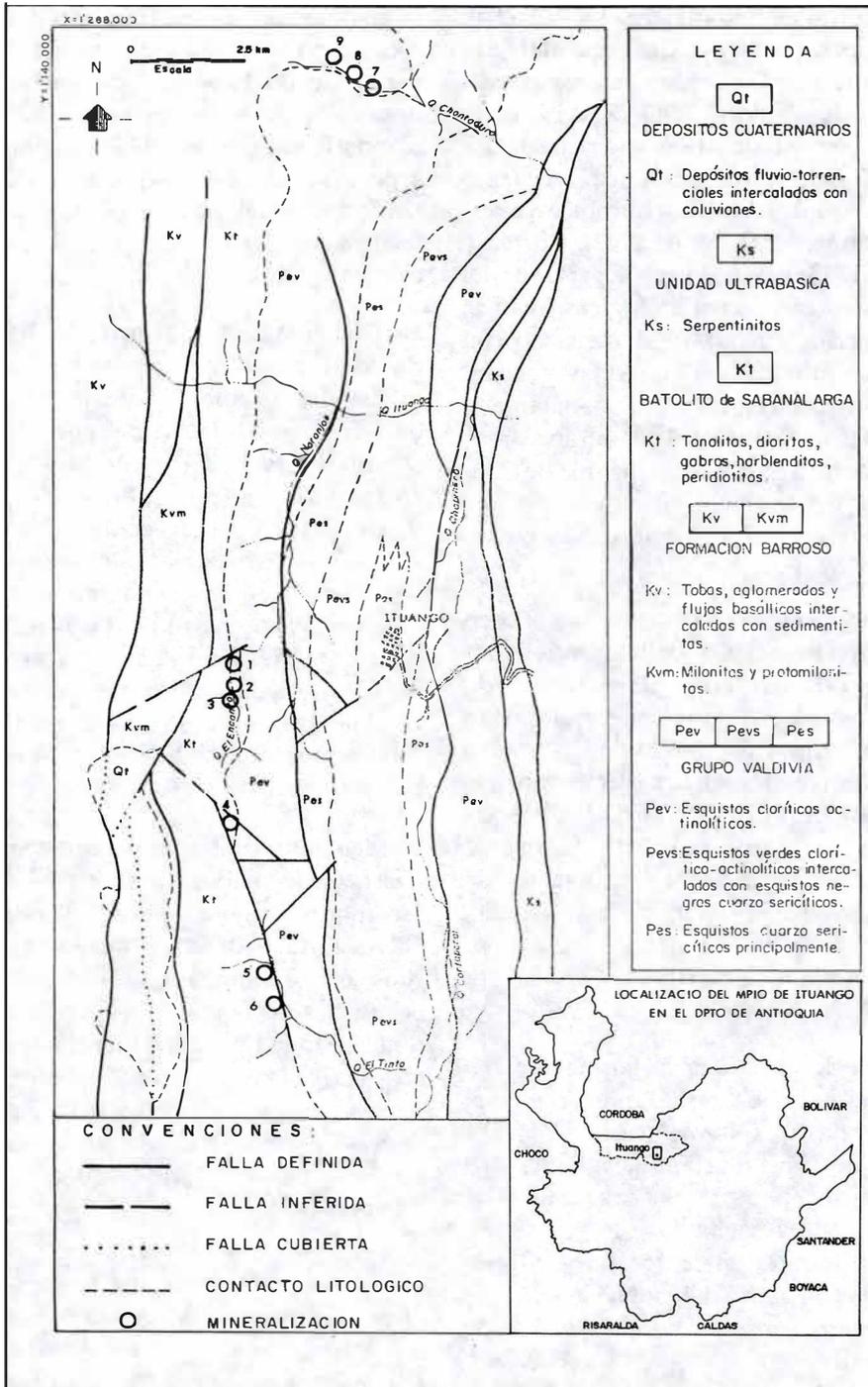


FIGURA 1. Mapa geológico y localización del area de estudio.

El Batolito de Sabanalarga (HALL et al, 1972), es un intrusivo de forma alargada en sentido norte-sur, con un área aproximada de 410 km² (GONZALEZ et al, 1978) con edades radiométricas K/Ar (97 ± 10 m.a y $98,2 \pm 3,5$ m.a. (Albiano-Coniaciano) en biotita y hornblenda respectivamente; (MAYA, 1992). Correa y Calle, 1988 encuentran en la parte sur del intrusivo tres facies litológicas: máfica, intermedia y félsica y de acuerdo con análisis químicos de óxidos mayores consideran que el Batolito de Sabanalarga se emplazó en un arco de islas intraoceánico inmaduro, a partir de un magma de composición gabrítica o basáltica, con una alta diferenciación y por varios pulsos magmáticos.

Las rocas volcánicas que afloran al occidente del sistema Cauca-Romeral en contacto fallado con el Batolito de Sabanalarga, en Ituango, se correlacionan con la Formación Barroso. Esta unidad hace parte del Grupo Cañasgordas (ALVAREZ Y GONZALEZ, 1978) y se ha planteado un origen a partir de un arco volcánico basáltico en una zona de subducción (ESTRADA, 1972; ALVAREZ, 1979). La edad radiométrica es Aptiano-Cenomaniano (105 ± 10 m.a, K/Ar en roca total, MAYA 1992)

El área donde aflora la Formación Barroso es reducida, en el límite occidental de la zona de exploración, corresponde a tobos de ceniza y lapilli, aglomerados volcánicos, flujos de lava con texturas de flujo y porfídicas, de composición basáltica y andesítica, localmente intercaladas con capas delgadas y medias de chert negro y gris con venillas blancas de cuarzo lechoso.

Se encuentra en contacto fallado con el Batolito de Sabanalarga, presentando a lo

largo de la zona de falla una secuencia de rocas dinámicas de color verde, localmente de un kilómetro de ancho, con desarrollo de foliación milonítica fina, planos de esquistosidad bien definidos y aspecto similar a un esquisto verde, tratándose de milonitas y protomilonitas formadas a partir de rocas de composición basáltica.

Una delgada franja de rocas ultrabásicas de edad cretácica temprana, aflora al oriente del Batolito de Sabanalarga, está en contacto fallado con rocas metamórficas del Grupo Valdivia, y corresponden a un cuerpo delgado discontinuo con dirección norte-sur. Alvarez (1987), describió su mineralogía, observando relictos de olivino, piroxeno y espinela y como productos principales de la serpentización encontró serpentina fibrosa y no fibrosa y magnetita residual; como protolito, Alvarez (1987) considera que pudo haber sido dunita o harzburgita.

Los depósitos cuaternarios corresponden a terrazas formadas por flujos de lodo y escombros, originados por fallas (INTEGRAL-ISA, 1980). Los principales depósitos se presentan en los nacimientos de las quebradas Singa y La Hundida. Los flujos de lodo tienen sus fuentes de aporte de las rocas volcánicas de la Formación Barroso, dioritas y tonalitas del Batolito de Sabanalarga y rocas metamórficas del Grupo Valdivia y presentan espesores mayores de 50 m.

3. BATOLITO DE SABANALARGA

Es un plutón compuesto formado por dos facies que se distinguen en el campo por su composición y color. Las rocas que

cristalizaron primero (facies máfica-ultramáfica), corresponden a gabros, hornblenditas, piroxenitas (?) y peridotitas y ocupan el borde oriental del intrusivo, con un espesor no mayor de 300 m. La otra facies está representada por rocas de composición intermedia: tonalitas, cuarzdioritas y dioritas, que intruyen las rocas máficas y ultramáficas, formando venas y brechas de intrusión, con autolitos englobados por las rocas más ricas en cuarzo y feldespato y afloran en la mayor área de exposición del plutón.

El Batolito de Sabanalarga hacia el oriente, está en contacto con rocas metamórficas del Grupo Valdivia; generalmente intruye esquistos verdes y anfíbolitas esquistosas, formando una delgada aureola de contacto que originó una franja de cornubianitas de hornblenda-epidota. El borde occidental del plutón es fallado y está en contacto con rocas volcano-sedimentarias que se correlacionan con la Formación Barroso.

3.1. FACIES MÁFICA-ULTRAMÁFICA

Macroscópicamente las rocas máficas y ultramáficas presentan estructuras bandeadas con orientación ígnea de cristales y bandas de segregación tardía de rocas de composición similar, que atraviesan caóticamente la roca, de colores grises y negros ligeramente moteadas de blanco y tonos claros y oscuros; además se encuentran diques de basaltos, microgabros porfídicos e inyecciones de rocas cuarzo feldespáticas que arrastran fragmentos máficos y ultramáficos, con aspecto de brechas de intrusión a lo largo de planos de debilidad.

Las rocas máficas y ultramáficas (en un muestreo aleatorio) se clasificaron de acuerdo con Streckeisen (1974), como gabros, gabros hornbléndicos, dioritas, hornblenditas de piroxeno-olivino, hornblenditas y peridotitas de piroxeno-hornblenda. Los sulfuros están en peridotitas de piroxeno-hornblenda, lertzolitas, werlitas y piroxenitas, ocupando los espacios intersticiales entre la red de cristales o envolviendo los silicatos.

Las rocas son faneríticas finas a gruesas, predominando los cristales de tamaño medio. Es corriente encontrar zonas pegmatoides con cristales de 3 a 4 cm, las texturas son granular, cúmulo y ofítica. Los minerales principales son plagioclasa cálcica, olivino, clinopiroxeno (augita?), ortopiroxeno (hipersteno) y hornblenda; como minerales accesorios se encuentran cuarzo, pirrotina, calcopirita, magnetita, apatito y circón.

La plagioclasa se presenta en cristales anhedrales a subhedrales, algunos con extinción zonada normal, generalmente alterada a sericita y sausruta. En las rocas ultramáficas está ausente o en poca cantidad.

El olivino en cristales anhedrales, fracturados, con textura en islas; en algunas secciones sólo se reconocen las reliquias de los cristales, se altera a lo largo de fracturas y bordes a serpentina (crisotilo) y algunos cristales están reemplazados por esmectita-iddingsita con formación de magnetita residual a lo largo de fracturas y bordes.

El ortopiroxeno (hipersteno) en cristales anhedrales, con birrefringencia de primer orden, está alterado a talco.

El clinopiroxeno (augita?) se presenta en cristales anhedrales, se transforma hacia los bordes a anfíbol uralítico y son frecuentes las laminas de éste dentro de los cristales.

La hornblenda, generalmente de colores verdes, es el mineral esencial de las hornblenditas, pero parte de la hornblenda es retrógrada como reemplazamiento parcial o completo de los clinopiroxenos

3.1.1. Alteración

La uralitización es importante en las rocas máficas y ultramáficas, en las cuales los clinopiroxenos están parcial o completamente convertidos a actinolita de color verde pálido; también se transforman a hornblenda verde, conservándose únicamente inalterado el núcleo. Es probable que algunas hornblenditas sean producto de esta alteración, puesto que en algunas muestras se observan reliquias de piroxeno.

Esteatización (talco, carbonato, antofilita) acompaña a los ortopiroxenos especialmente en las rocas de composición peridotítica. La serpentización ocurre en las rocas con olivino junto a las anteriores alteraciones. Algunos cristales de olivino están casi completamente transformados a crisotilo en fibras paralelas que rodean el núcleo de los cristales, que algunas veces está fresco o reemplazado por iddingsita-esmectita.

3.2. FACIES FELSICA

Las rocas félsicas no fueron estudiadas en detalle; generalmente son de color blanco moteado de negro y verde, faneríticas de tamaño medio, con textura granular y granular porfirítica; están constituidas por

cuarzo, plagioclasa y hornblenda principalmente. Se clasificaron macroscópicamente como tonalitas-cuarzodioritas-dioritas. Son cortadas por diques de andesita, dacita y venas de epidota y frecuentemente intruyen las rocas máficas y ultramáficas.

4. MINERALIZACIONES DE SEGREGACION MAGMÁTICA

Las mineralizaciones se localizan en el borde oriental del Batolito de Sabanalarga, principalmente en las quebradas El Encanto, Chontaduro y El Tinto (Figura 1); corresponden a cuerpos pequeños en afloramiento, con exposiciones variables de 40 cm hasta 3 m y distribuidos a lo largo del intrusivo; generalmente se presentan donde existen estructuras ígneas como bandeos, variación de tamaño de grano y en el porcentaje de máficos y félsicos.

Las menas ocurren en la facies máfica-ultramáfica, cerca al contacto con las rocas metamórficas del Grupo Valdivia. Los sulfuros se encontraron, de acuerdo a un muestreo aleatorio, incluidos en peridotitas de piroxeno-hornblenda, lertzolitas, werlitas y piroxenitas y las rocas alrededor de las menas son gabros y hornblenditas, localmente con sulfuros diseminados a manera de parches como constituyente primario de la roca; tienen una impregnación superficial de óxidos de hierro, en las rocas circundantes y en la mena, debido a oxidación de los sulfuros (pirrotina).

Las manifestaciones de sulfuros se presentan en bandas y cuerpos irregulares como bolsones, con contactos graduales con las rocas estériles máficas. Las ban-

das son de forma sinuosa, encajadas en gabros, hornblenditas y peridotitas principalmente, sin presentar alteraciones.

Las mineralizaciones tienen zonas de sulfuros masivos y en ellas se encuentran

embebidos cristales de silicatos (olivino y piroxenos), redondeados y englobados por la masa de sulfuros (Figura 2) y zonas donde los sulfuros están diseminados dentro de la red de cristales cúmulos de silicatos relleno los espacios vacíos.

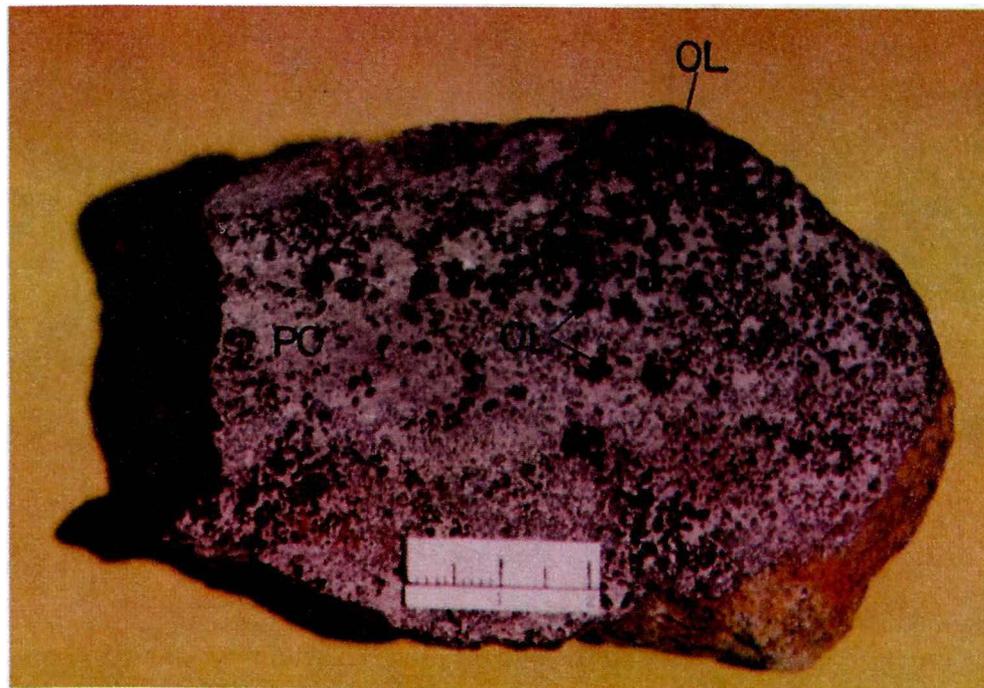


FIGURA 2. Mena masiva. Cristales de olivino (OL) flotando en una matriz de pirrotina (PO). Obsérvese los cambios texturales de tamaño de grano en los silicatos.

4.1. MINERALOGIA Y TEXTURAS

Las mineralizaciones asociadas a las rocas máficas y ultramáficas, tanto de sulfuros diseminados como masivos, están constituidas por pirrotina, calcopirita, magnetita y algunas presentan pirita. Pirrotina es el mineral dominante en todas las menas.

Los silicatos en las mineralizaciones masivas están encerrados por los sulfuros, dando la apariencia de fenocristales den-

tro de una matriz afanítica de minerales opacos (texturas cúmulos e intercúmulos). Los silicatos embebidos en la masa de minerales metálicos presentan bahías de corrosión, bordes y contornos redondeados, bordes de reacción y textura poikilítica con inclusiones subredondeadas de sulfuros como gotas (Figura 3). En las mineralizaciones diseminadas se presentan cristales irregulares de pirrotina y calcopirita que corroen los bordes de los silicatos y rellenan los espacios vacíos de la red de cristales de olivino y piroxeno.

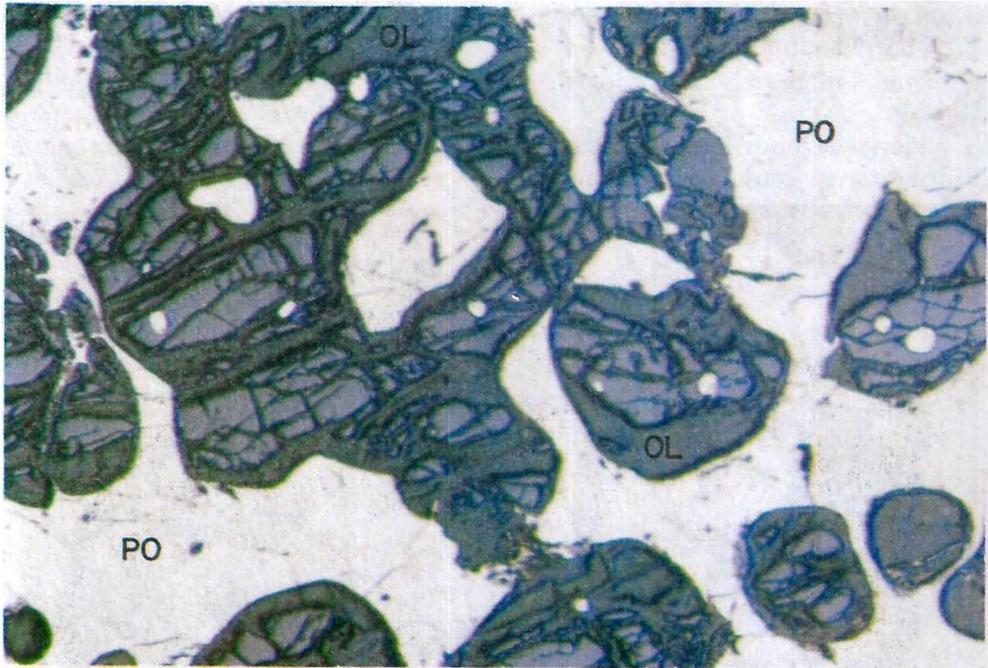


FIGURA 3. Cristales de olivino (OL), rodeados por pirrotina (PO). Obsérvese las bahías de corrosión en los olivinos y la textura poikilítica con inclusiones de pirrotina.

Los minerales de ganga son olivino, clinopiroxeno (augita ?), ortopiroxeno (hipersteno) y anfíbol uralítico (tremolita-actinolita-hornblenda); generalmente el olivino es el mineral predominante en las áreas con mayor cantidad de sulfuros y hacia las partes menos ricas se presentan piroxenos y anfíboles uralíticos. Las rocas de mena clasificadas con base en los silicatos (lerzolitas, werlitas, peridotitas y piroxenitas), presentan una alta variación del contenido de olivino y piroxenos en las mineralizaciones y cambios en la relación de sulfuros/silicatos que varía desde 10/90 en las zonas donde están diseminados los sulfuros, hasta 40-70/60-30 donde la mena es masiva.

Algunos piroxenos muestran estructura schiller, con inclusión de opacos (sulfuros) a lo largo del clivaje formando una seudo

red. El olivino frecuentemente está fracturado, corroído y tiene forma subredondeada; al igual que los piroxenos, muestra una gran variación en el tamaño de los cristales y algunos bordes de reacción con los sulfuros.

Los minerales no metálicos, olivino y piroxeno, presentan una incipiente alteración, pero también los hay totalmente alterados. El olivino se altera a serpentinita e iddingsita (Figura 4), con formación residual de magnetita y los piroxenos se transforman a anfíboles uralíticos de color verde muy tenue a translúcidos, talco y flogopita. Las texturas de los silicatos muestran claramente que estos cristalizaron primero que los sulfuros y se precipitaron y acumularon, en las menas masivas, dentro del líquido sulfuroso, siendo corroídos por procesos de reacción

magmática entre los cristales y el líquido. En las mineralizaciones diseminadas, las relaciones texturales entre los silicatos y los sulfuros, indican que los silicatos cristalizaron originando una red con espacios vacíos que fue ocupada por el líquido sulfuroso intercúmulo, reaccionando este líquido con los cristales y formando texturas de corrosión y localmente de flujo.

Los sulfuros, además de reaccionar con los silicatos, corroen la magnetita que se presenta incluida en los silicatos o envuelta y con inclusiones de pirrotina. La magnetita es anhedral de forma redondeada. La pirita se encontró únicamente en una de las mineralizaciones (quebrada Chontaduro), como venas tardías que cortan y rompen los silicatos, pirrotina y calcopirita (Figura 5). La pirrotina es el sulfuro predominante, 70 a 95% del total

de opacos, magnetita 5 a 20% y calcopirita 1 a 2% o menos.

Pirrotina forma una matriz masiva alrededor de los silicatos, además aparece como inclusiones subredondeadas en olivinos y piroxenos, algunas veces junto con calcopirita. Localmente tiene aspecto fibroso alrededor de los silicatos, presentando texturas de flujo alrededor de olivino, piroxeno y magnetita, rompiendo los cristales a lo largo de los planos de debilidad y fracturas (Figura 6).

Calcopirita se encuentra en áreas donde son abundantes olivino y piroxeno, como inclusiones subredondeadas en pirrotina o como laminas a lo largo de los clivajes de los ferromagnesianos; localmente donde la pirrotina es masiva, se encuentran pequeños cristales incluidos en esta o en los contactos de pirrotina y silicatos.

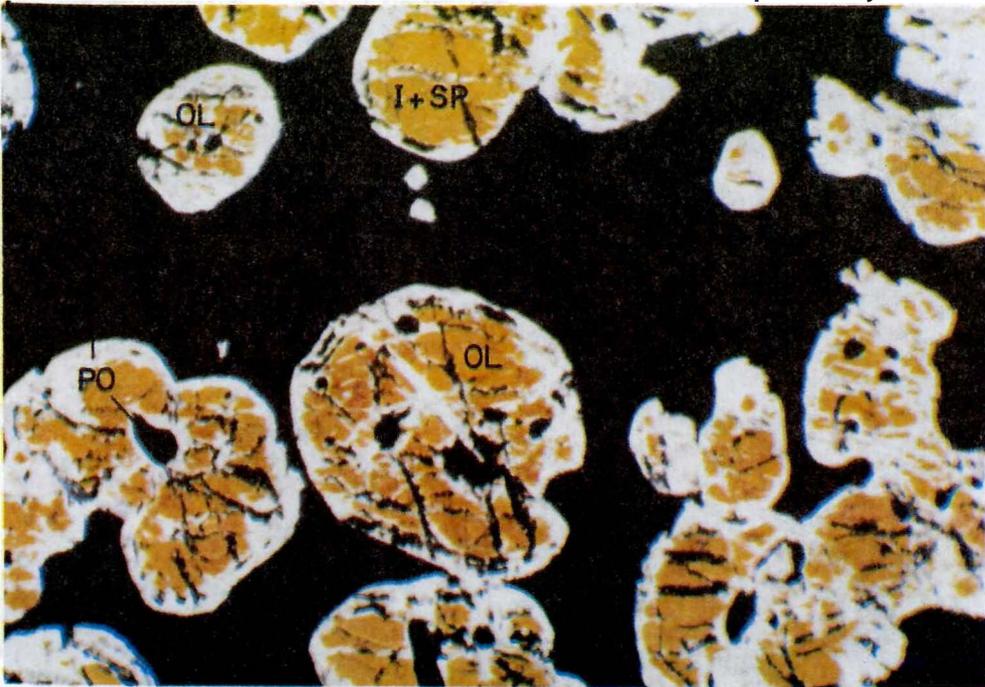


FIGURA 4. Cristales de olivino (OL) reemplazados por iddingsita (I) y serpentinita (SP), flotan en una matriz de pirrotina (PO). Obsérvese la forma redondeada de los silicatos, las bahías de corrosión y el aspecto similar a fenocristales.

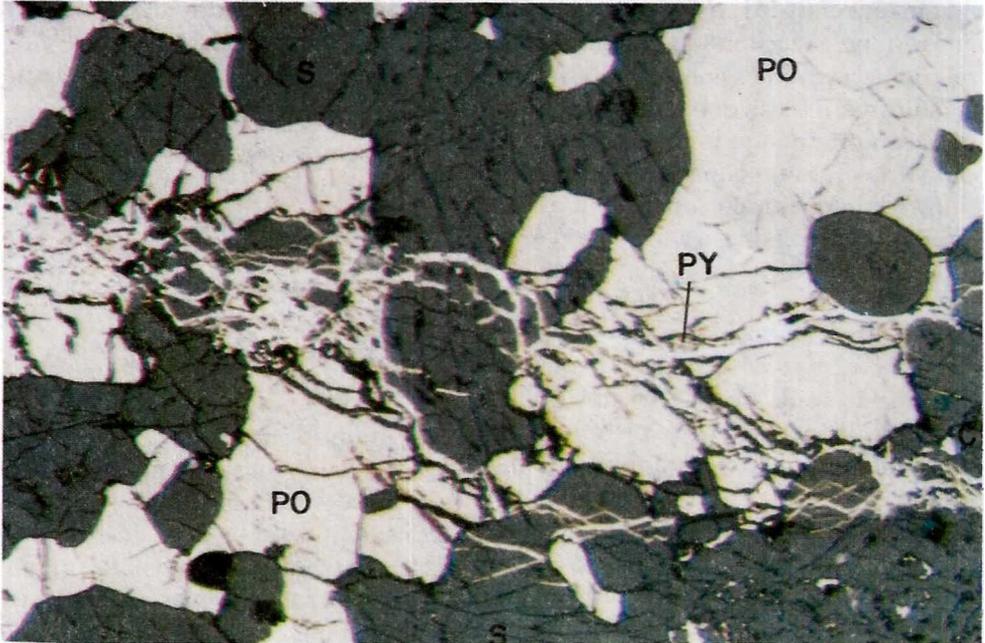


FIGURA 5. Venillas de pirita (PY) a través de la pirrotina (PO) y los silicatos (S). Se presenta calcopirita (CP).

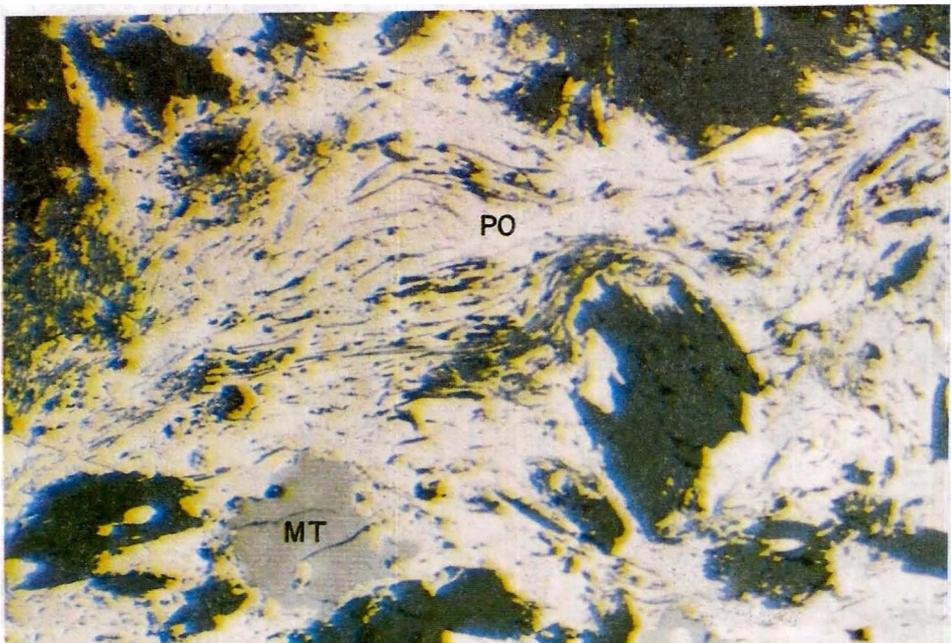


FIGURA 6. Pirrotina (PO) con aspecto fibroso junto con los silicatos; además se presenta magnetita (MT).

De acuerdo con el patrón textural encontrado en las menas de segregación magmática de Ituango, el orden de cristalización es:

magnetita → olivino → piroxeno → anfíbol → pirrotina → calcopirita → pirita

La pirita encontrada en una de las mineralizaciones, representa un evento mineralizante posterior a la cristalización de las menas de segregación magmática.

4.2. ANALISIS QUIMICOS DE LAS MENAS

Para obtener el contenido de metales base y preciosos, se realizó un muestreo de esquirlas en cada afloramiento mineralizado y se consideraron los datos como valores locales de cada mena y no como promedio estadístico de los valores de metales base de cada mineralización.

El contenido de oro y plata se obtuvo por copelación (ensayo al fuego) y por absor-

ción atómica. Los porcentajes de Cu, Ni, Co y Zn se obtuvieron por absorción atómica. En la Tabla 1, se muestran los resultados para cinco mineralizaciones; fueron tomadas dos muestras de diferente lugar para la mena 1 (722168 y 722172) y la mena 3 (722155 y 722174), (Figura 1).

Los valores para oro obtenidos por copelación y concentración en batea y copelación (Tablas 1 y 2 respectivamente), presentan diferencias. Por el segundo método los valores son mayores que los de las muestras sometidas a copelación, resultado explicable si se considera que al concentrar las rocas pulverizadas con batea, es mayor la representatividad debido al volumen de muestra que se analiza (2 kg de roca concentrados y copelados contra 20 gr copelados).

Adicionalmente, para tener una idea del factor de enriquecimiento de algunos elementos en la mineralización, con respecto a la roca estéril, se efectuó un análisis a una muestra de roca estéril del intrusivo, cercana a la mena 1 (IGM-722172), obteniendo:

TABLA 1. Análisis por copelación y absorción atómica para oro y plata y absorción atómica para metales base en mineralizaciones de segregación magmática.

MUESTRA IGM	MENA	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	Co	Ni
722155	3	*	*	2.38%	21	79	485	617
722157	7	*	*	200	24	91	29	410
722158	8	*	*	1800	24	44	265	710
722168	1	2,13	3,44	1550	*	94	496	470
722172	1	0,70	20,5	*	*	*	*	*
722172	1	0,31	6,19	1.13%	*	70	484	280
722173	2	0,56	17,5	2020	*	80	552	356
722174	3	0,28	3,31	4200	8	146	550	560

Los valores de Au, Ag se dan en gr/Ton. El Cu, Co, Ni, Pb y Zn en ppm. y porcentaje

*: No se realizó este análisis.

Las muestras 722172 y 722173 son de la mena 1.

Las Muestras 722155 y 722174 son de la mena 3.

28 ppm de Cu, 14 ppm de Pb, 58 ppm de Zn, 78 ppm de Co y 200 ppm de Ni. Comparando estos valores con los presentados en la Tabla 1, el contenido de cobre en la mineralización es mayor más de 100 veces y en algunas muestras casi 1000 veces, el plomo es el doble, los valores de zinc en la mena y en la roca estéril son similares, el cobalto se enriquece aproximadamente 6 veces y el níquel 2 a 3 veces.

El mayor factor de enriquecimiento en las mineralizaciones se da en cobre (sin tener en cuenta el hierro), concordando con la mineralogía de la mena (pirrotina-calcopirita-magnetita). Los valores de níquel y cobalto en las mineralizaciones son bajos y posiblemente se deben a presencia de estos elementos en la pirrotina.

TABLA 2. Análisis de oro por concentración y absorción atómica.

MUESTRA	Au (gr/t)	RESIDUO
722172	1,59	0,41 gr
722173	1,48	0,43 gr
722174	1,49	0,31 gr

4.3. GENESIS

La génesis de las mineralizaciones de segregación magmática, en el área de Ituango, es similar a la planteada por investigadores en otras partes del mundo para depósitos de sulfuros segregados.

Para Naldrett (1981), el origen de estas menas, se debe a la separación de un líquido sulfuroso inmiscible dentro de un magma máfico o ultramáfico rico en sulfuro, seguida por la concentración de este líquido debido a su mayor densidad y a procesos de diferenciación por cristalización gravitacional en la base de la cámara magmática.

Las características microtexturales de las menas de Ituango, permiten establecer que parte del líquido sulfuroso se había segregado cuando se inició la cristalización del olivino y los piroxenos,

flotando los cristales en el interior del líquido, dando lugar a las texturas descritas en olivinos, piroxenos y magnetita, formadas por reacción entre la fase líquida y sólida. Las microtexturas como bahías de corrosión, poikilíticas, cúmulos e intercúmulos y bordes redondeados y corroídos en los silicatos, sugieren un mecanismo similar de formación al de fenocristales en lavas y rocas porfiríticas, donde los silicatos, como olivino y piroxenos, cristalizan primero y se acumulan en el fondo del magma o caen dentro del fundido inmiscible de sulfuro (acumulado en el fondo por su mayor densidad), el cual permanece fundido mientras continua la cristalización de los silicatos, pudiendo ocurrir, como anota Aho (1956) para los depósitos de níquel localizados al suroeste de la Columbia Británica, que parte de este líquido inmiscible se inyecte hacia lugares de menor presión a través de fracturas o que

crystalice en la base de la masa ígnea, bajo condiciones relativamente estables.

El líquido sulfuroso, posiblemente continuó segregándose al tiempo que ocurría la cristalización de los silicatos y cambiaban las condiciones de presión, temperatura y composición del magma. Adicionalmente como describen Chai y Nalddrett (1992), para los depósitos de Jinchuan en el norte de China, es probable que flujos turbulentos al interior de la cámara magmática, impidieran la acumulación de grandes volúmenes de líquido sulfuroso y mantuvieran en suspensión parte del líquido como pequeñas gotas inmiscibles. La abundancia de estructuras bandeadas, estructuras de autointrusión, cambios en tamaño de grano y texturas en la facies máfica-ultramáfica del Batolito de Sabanalarga, indican que las condiciones de cristalización al interior de la cámara estuvieron acompañadas de flujos y cambios en las condiciones de presión y temperatura; adicionalmente se observan estructuras bandeadas en algunas menas, que causan rompimiento y texturas de flujo en los cristales de olivino y piroxeno.

Probablemente en algunos sitios de la cámara, donde las condiciones de cristalización fueron más estables, a medida que se formaban los silicatos, crecieron las gotas en suspensión por unión entre ellas o por más líquido sulfuroso segregado, ocurriendo en algún momento, como resultado del menor flujo turbulento y el mayor tamaño de las gotas de sulfuro, asentamiento de éstas como resultado de su propia densidad, pudiendo penetrar entre la red de silicatos acumulados. Este mecanismo de asentamiento e infiltración de líquido sulfuroso a través de la red de silicatos explicaría las

menas diseminadas del Batolito de Sabanalarga, con los sulfuros intersticiales y corrosión de los cristales de olivino y piroxeno, mecanismo similar al sugerido por Chai y Nalddrett (1992), para los depósitos de Jinchuan.

Jansen and Bateman (1981) describen ejemplos donde la solubilidad de los sulfuros de Ni-Cu-Fe es del orden de 6 a 7 % en magmas básicos. Al enfriarse el magma, los sulfuros se separan como gotas inmiscibles, acumulándose en el fondo del magma. La separación ocurre luego de la cristalización de algunos silicatos, los cuales son corroídos y envueltos, cristalizando los sulfuros alrededor de ellos, siendo los sulfuros una fase magmática tardía. La acumulación de estos sulfuros no se da únicamente como un líquido puro, sino junto a los silicatos que cristalizan primero.

Aparte de su asociación litológica y ambiente tectónico, la mayoría de los depósitos de este tipo en el mundo, tienen como asociación mineral pirrotina-pentlandita-calcopirita-magnetita (JANSEN and BATEMAN, 1981); forman menas de cobre-níquel, acompañadas de platino, oro, plata y otros elementos. Los minerales de ganga son olivino-piroxenos-anfíboles. Al igual que en el Batolito de Sabanalarga, ocurren principalmente en rocas ígneas máficas que generalmente tienen una alta diferenciación y se localizan en la base del intrusivo.

5. CONCLUSIONES

Las microtexturas de las mineralizaciones asociadas a la facies máfica-ultramáfica del Batolito de Sabanalarga, como bahías de corrosión, poikilíticas, cúmulos e

intercúmulos y bordes redondeados, corroídos y de reacción en los silicatos, sugieren un mecanismo similar de formación de fenocristales en lavas y rocas porfíricas y son texturas corrientes en depósitos de segregación magmática en otras partes del mundo.

La mineralogía de las menas de segregación magmática de Ituango (Antioquia) es pirrotina-magnetita-calcopirita ± pirita-ilmenita y como minerales de ganga olivino-clinopiroxeno-hornblenda.

Las mineralizaciones presentan bajos tenores de metales preciosos y de níquel y cobre a diferencia de mineralizaciones de este tipo en otras partes del mundo, como en Canadá.

6. REFERENCIAS

- AHO, A., 1956. *Geology and Genesis of ultrabasic nickel-pyrrhotite deposits at the pacific nickel property*. Economic Geology 51: p. 444-481. British Columbia.
- ALVAREZ, J., RICO, H. y VASQUEZ, 1970. *Mapa geológico del Cuadrángulo H-8 (Yarumal) y parte este del Cuadrángulo H-7 (Ituango)*. Escala 1:100.000. INGEOMINAS. Bogotá.
- ALVAREZ, J. y GONZALEZ, H., 1978. *Geología y Geoquímica del Cuadrángulo I-7, Urrao*. INGEOMINAS, Informe interno. 347 p.
- ALVAREZ, J., 1979. *Geología de la Cordillera Central y el occidente colombiano y petroquímica de los granitoides Meso-Cenozoicos*. Tesis de doctorado, Universidad de Chile, 359p. Santiago de Chile.
- ALVAREZ, J., 1987. *Serpentinitas y epidota anfibolitas de Ituango, Departamento de Antioquia, Colombia*. Boletín Geológico, INGEOMINAS, Volumen 28, No. 3. p. 91-120. Bogotá.
- BATEMAN, A. and JENSEN, M., 1981. *Economic mineral deposits*. 593p. John Wiley & Sons. EE UU.
- CORREA, C. y CALLE, N. A., 1988. *Geología, Petrografía y Petroquímica de la zona sur del Plutón de Sabanalarga, Antioquia*. Tesis de Grado, Universidad Nacional de Colombia, Medellín.
- CHAI, G. y NALDRETT, J., 1992. *Characteristics of Ni-Cu-PGE Mineralization and Genesis of the Jinchuan Deposit, Northwest China*. Economic Geology, Volumen 87. pp 1475-1495. New Haven.
- ESTRADA, A., 1972. *Geology and Plate Tectonics History of the Colombian Andes*. Tesis M.S.c., Stanford Univ. California.
- GONZALEZ, H., RESTREPO, TOUSSAINT y LINARES, 1978. *Edad radiométrica K/Ar del Batolito de Sabanalarga*. Publicación Especial Geológica, No. 8. Universidad Nacional. Medellín.
- HALL, R., ALVAREZ, J. y RICO, H., 1972. *Geología de los departamentos de Antioquia y Caldas (Sub-Zona II-A)*. Boletín Geológico, INGEOMINAS, Volumen 20. 85 p. Bogotá.

- INTEGRAL-ISA, 1980. *Preliminary seismic hazard study Ituango project. Colombia.* p. 1-154.
- MAYA, M., 1992. *Catálogo de dataciones isotópicas en Colombia.* Boletín Geológico Volumen 32 No. 3. INGEOMINAS. Bogotá.
- MUÑOZ, J., 1980. *Estudio petrológico del Grupo Valdivia.* Tesis de grado, Universidad Nacional, Medellín.
- NALDRETT, A., 1981. *Nickel sulfide deposits, Classification, composition and génesis.* Economic Geology 75th Aniversary Volume, p. 628-685. New Haven.
- RODRIGUEZ, G. y ZAPATA G., 1995. *Exploración de Metales Base (Cu, Pb, Zn) y oro, en una faja al Oeste del Municipio de Ituango.* INGEOMINAS Informe Interno No. 2186. 49p.
- STRECKEISEN, A., 1974. *Classification and nomenclature of plutonic rocks.* Geol. Rundsch, bd 63. p. 773-786.

