

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES
GEOLOGICO-MINERAS

**ESTUDIO GEOQUIMICO EN EL AREA PANTANOS - PEGADORCITO,
MUNICIPIOS DE FRONTINO Y DABEIBA, ANTIOQUIA**

INFORME 1633

Por:

OCTAVIO RAMIREZ A. Y ALFONSO ARIAS T.
Ingeominas

y

HENRY V. ALMINAS Y ELWIN L. MOSIER
U. S. Geological Survey

Con la colaboración de:

LUIS JARAMILLO Y TAISSIR KASSEM

BOGOTA, 1976

CONTENIDO

	<u>Página</u>
RESUMEN	57
INTRODUCCION	57
LOCALIZACION Y EXTENSION	59
VIAS DE ACCESO	59
PERSONAL TECNICO PARTICIPANTE	61
AGRADECIMIENTOS	61
GEOGRAFIA	61
GEOLOGIA	63
GENERALIDADES	63
GEOLOGIA REGIONAL	63
TIPOS DE ROCAS	63
CUARZODIORITA	66
ROCAS PORFIRITICAS	66
<i>Pórfido Tipo A</i>	68
<i>Pórfido Tipo B</i>	68
<i>Pórfido Tipo C</i>	70
BRECHAS INTRUSIVAS	71
ROCAS CATACLASTICAS	71
RASGOS ESTRUCTURALES	72
MINERALIZACION Y ALTERACION	75
MINERALIZACION	75
ALTERACION	77
PROSPECCION GEOQUIMICA	77
SEDIMENTOS FINOS	78
CONCENTRADOS DE BATEA	78
ROCAS	78
SUELOS	78
RESULTADOS GEOQUIMICOS	78
DISTRIBUCION DEL COBRE	80
ROCA	80
SUELOS	80
SEDIMENTOS FINOS	80
CONCENTRADOS DE BATEA	84
DISTRIBUCION DEL MOLIBDENO	84
ROCA	84
SUELO	84
SEDIMENTOS FINOS	84
CONCENTRADOS DE BATEA	84
OTROS ELEMENTOS	84
PLATA	84
MERCURIO	86
COBRE EXTRAIBLE ENFRIO	86
PERFORACIONES	86
RESULTADOS DE LAS PERFORACIONES	88
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	88
REFERENCIAS CITADAS	88

FIGURAS

1. Mapa índice - Localización del area Pantanos-Pegadorcito	58
2. Localización de transversas geoquímicas y geológicas en la Cordillera Occidental	60
3. Promedio de lluvia mensual	62

	<u>Página</u>
4. Mapa geológico generalizados de la parte norte de la Cordillera Occidental . . .	64
5. Mapa geológico generalizado del área Pantanos - Pegadorcito.	65
6. Mapa fotogeológico detallado del área Pantanos - Pegadorcito	73
7. Diagrama rosa mostrando las direcciones de diaclasas en el área de Pantanos - Pegadorcito.	74
7A. Diagrama rosa mostrando las direcciones de diaclasas en el área de Pantanos - Pegadorcito.	74
8. Relación entre los tipos de roca en el área cartografiada y su contenido de cobre determinado espectrográficamente	76
9. Histogramas de distribución de cobre. Resultados espectrográficos	81
10. Anomalías de cobre en rocas	82
11. Anomalías de cobre en suelos	83
12. Histogramas de distribución de molibdeno. Resultados espectrográficos	85
13. Relación entre el contenido de cobre total y cobre extraíble en frío en sedimentos finos.	87
14. Pozo No. 3 - Pantanos. Cobre en muestras de núcleos. Análisis por absorción atómica	90
15. Pozo No. 4 - Pantanos. Cobre en muestras de núcleos. Análisis por absorción atómica	91
16. Pozo No. 5 - Pantanos. Cobre en muestras de núcleos. Análisis por absorción atómica	92
17. Pozo No. 6 - Pantanos. Cobre en muestras de núcleos y lodos. Análisis espectrográfico	93
18. Pozo No. 7 - Pantanos. Cobre en muestras de núcleos y lodos. Análisis por absorción atómica	94
19. Pozo No. 8 - Pantanos. Cobre en muestras de núcleos y lodos. Análisis por absorción atómica	95
20. Pozos No. 9 - Pantanos. Cobre en muestras de núcleos y lodos. Análisis por absorción atómica	96
21. Pozo No. 10 - Pantanos. Cobre en muestras de núcleos y lodos. Análisis por absorción atómica	97
22. Pozo No. 11 - Pantanos. Cobre en muestras de núcleos y lodos. Análisis por absorción atómica	98

TABLAS

1. Análisis modal de la cuarzodiorita (porcentaje por volumen)	67
2. Análisis modal del pórfido tipo A	69
3. Análisis modal de los pórfidos tipo B y C	70
4. Distribuciones geoquímicas en el área de Pantanos - Pegadorcito.	79

RESUMEN

Como resultado del programa de reconocimiento geoquímico de la Cordillera Occidental, iniciado por el INGEOMINAS en el año de 1970, se localizaron varias áreas de interés por sus contenidos anómalos de cobre y elementos asociados.

Posteriormente se acordó adelantar trabajos en detalle sobre estas áreas, iniciándolos en la región de Pantanos-Pegadorcito. Este tipo de trabajos comprendió el muestreo geoquímico sobre un área de aproximadamente 140 km² en la cual se colectaron y analizaron 981 muestras de roca, 1.199 muestras de suelo, 1.502 muestras de sedimentos finos y 934 muestras de concentrados de batea. Además se efectuó la cartografía geológica a escala 1:10.000 de 13 km² y se perforaron 556 metros distribuidos en 9 pozos.

Las relaciones geológicas conocidas en la parte norte de la Cordillera Occidental indican que una secuencia sedimentaria-volcánica de edad cretácica ha sido intruida por el Batolito de Mandé, de composición cuarzodiorita-diorita, y plutones menores considerados de edad terciaria media.

En el área Pantanos-Pegadorcito, la cuarzodiorita, que tentativamente se ha considerado como parte del Batolito de Mandé, ha sido cortada a su vez por cuerpos de pórfidos cuarzodioríticos que fueron agrupados en tres tipos, con pequeñas diferencias entre sí. Además de estas rocas, se cartografiaron parcialmente varios cuerpos de brecha intrusiva.

Alteración sericitica y en menor proporción la argílica y silicificación se observan preferencialmente en los pórfidos; la cuarzodiorita muestra generalmente alteración propílica. La alteración potásica solo se observó muy localmente y pobremente desarrollada.

Prita, calcopirita y bornita en forma diseminada y en venillas se presentan preferencialmente en el pórfido tipo A y en la cuarzodiorita cerca al contacto con los pórfidos; de las rocas cartografiadas, la brecha intrusiva es la menos mineralizada.

La prospección geoquímica detallada permitió la delimitación de dos zonas anómalas para cobre y molibdeno. La zona más

extensa tiene una longitud aproximada de 5,0 km y ancho promedio de 500 m y está relacionada con el Cerro Pantanos; la segunda zona está localizada 1,5 km al noroeste de la primera y tiene una longitud de 1 km y ancho promedio de 500 m.

Las perforaciones efectuadas indicaron la presencia de mineralización de cobre en las zonas anómalas detectadas por geoquímica y la ausencia de valores significativos de cobre en los pozos perforados lejos de dichas zonas.

Por las observaciones litológicas, estructurales, de mineralización, alteración y por las anomalías geoquímicas reconocidas en Pantanos-Pegadorcito, se puede concluir que el área presenta características muy favorables para el desarrollo de un depósito de pórfido cuprífero cuyo verdadero potencial económico queda aún por determinar.

INTRODUCCION

En el año 1970 el Instituto Nacional de Investigaciones Geológico-Mineras, INGEOMINAS, a través de la Oficina Regional de Medellín, inició un programa de reconocimiento geoquímico y geológico a escala regional en la parte norte de la Cordillera Occidental con miras a determinar la existencia de posibles zonas anómalas para cobre, molibdeno, plomo, zinc, níquel, cromo, platino y otros metales. Este programa fue financiado parcialmente por la Agencia para el Desarrollo Internacional (AID).

La Cordillera Occidental es una cadena montañosa con dirección norte-sur que se extiende desde el Macizo de Almaguer en la parte sur de Colombia hasta las llanuras de la Costa Atlántica. Corre más o menos paralela a la Costa Pacífica colombiana, aproximadamente 100 km tierra adentro (fig. 1) y presenta elevaciones que van desde cerca del nivel del mar hasta por encima de los 4.600 m.

La mitad norte de la cordillera está limitada al oeste por las hoyas de los ríos San Juan y Atrato y al este por el río Cauca. Corresponde a una zona de alta pluviosidad con precipitaciones promedias entre 3.000 y 9.000 mm por año en su vertiente occidental y de 1.500 a 3.000 mm en su vertiente oriental (Atlas de Colombia, 1967). Sus elevaciones mayores en esta parte ocurren en los

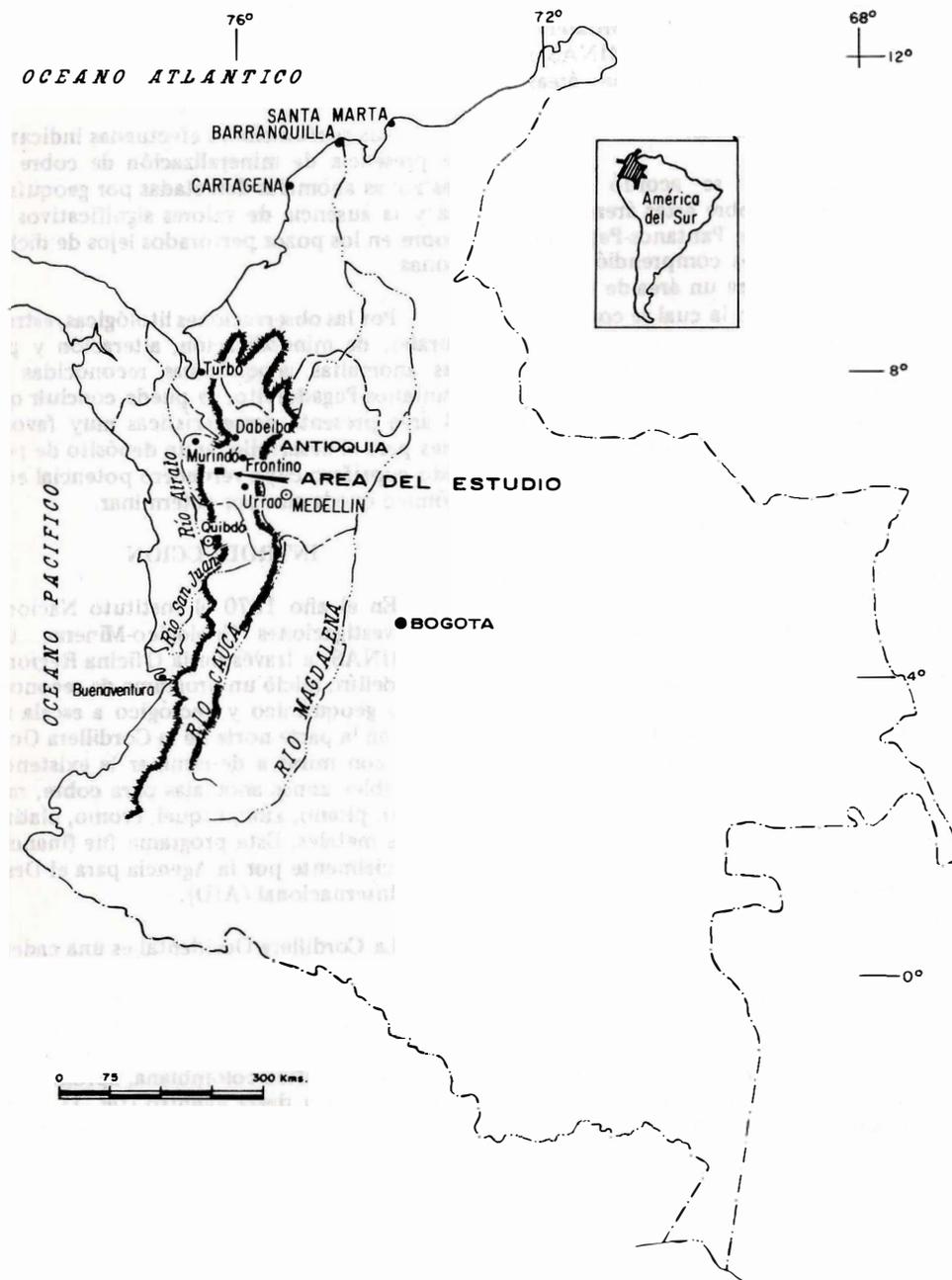


FIGURA 1. MAPA INDICE - LOCALIZACION DEL AREA PANTANOS - PEGADORCITO

páramos de Frontino y Paramillo con alturas de 4.080 y 3.960 m respectivamente.

Gran parte de la cordillera, y especialmente su vertiente occidental, está cubierta por densa selva tropical, lo que sumado a la falta de vías de comunicación, hace que el transporte se efectúe primordialmente a lo largo de los ríos. Dentro de los ríos navegables merece consideración especial el río Atrato, el cual, con relación a su longitud (aproximadamente 750 km), es considerado como uno de los ríos más caudalosos del mundo. Es navegable a vapor desde la ciudad de Quibdó y en repetidas ocasiones se ha considerado como posible vía para la construcción de un canal interoceánico a nivel (Atlantic - Pacific Interoceanic Canal Study Commission, 1968).

Debido a la alta pluviosidad, densa selva y pobre accesibilidad, la información geológica disponible sobre la Cordillera Occidental es más escasa que sobre cualquiera otra parte de los Andes Colombianos. Las rocas dominantes corresponden a una secuencia eugeosinclinal cretácica compuesta de esquistos grafitosos, esquistos calcáreos, cherts y pizarras silíceas cubiertas por derrames de diabasas (Nelson, 1962). Se presentan además algunas rocas volcánicas y sedimentarias de edad terciaria y plutones graníticos a dioríticos de edad terciaria (Irving, 1971). Nelson (1962) y López y otros (1969) han postulado que la estructura mayor de la cordillera es un complejo anticlinal fallado.

Durante el programa de reconocimiento se efectuaron 17 perfiles geoquímicos y geológicos en transversas de dirección general este - oeste, normalmente paralelas a las corrientes mayores, tomándose muestras de sedimentos finos y concentrados de batea en los ríos mayores y sus tributarios (fig.2). Las 17 transversas localizadas a intervalos de 10 a 30 km y con una longitud total aproximada de 1.600 km, cubrieron un área que va desde el río Jiguamiandó al norte hasta el río Munguindó al sur. Se colectaron 1.722 muestras de sedimentos activos finos y 1.217 de concentrados de batea.

En los laboratorios del INGEOMINAS de Bogotá se efectuaron análisis espectrográficos semicuantitativos para 33 elementos, utilizando la fracción menos malla 80 de los

sedimentos finos y las fracciones magnética y no magnética en los concentrados de batea.

El trabajo anterior permitió la localización de varias zonas anómalas que mostraron valores de cobre en sedimentos finos lo suficientemente promisorios para ser objeto de estudios geoquímicos detallados. Este tipo de estudios se inició en el área Pantanos-Pegadorcito donde se adelantaron, entre marzo de 1972 y agosto de 1973, trabajos de prospección geoquímica detallada, cartografía geológica y perforación.

LOCALIZACION Y EXTENSION

El área Pantanos-Pegadorcito, municipios de Frontino y Dabeiba, está localizada en la parte oeste del departamento de Antioquia (fig. 1). Los trabajos de prospección geoquímica detallada se realizaron dentro de un polígono de aproximadamente 140 km² localizado en las planchas 128-II-B y 129-I-A, escala 1:25.000, del Instituto Geográfico Agustín Codazzi y cuyos vértices tienen las siguientes coordenadas:

Vértice A	X = 1.240.000	Y = 1.052.000
Vértice B	X = 1.240.000	Y = 1.068.000
Vértice C	X = 1.235.000	Y = 1.068.000
Vértice D	X = 1.230.000	Y = 1.064.000
Vértice E	X = 1.220.000	Y = 1.056.000
Vértice F	X = 1.235.000	Y = 1.052.000

La cartografía geológica se efectuó solo en la parte central de dicho polígono cubriendo las zonas donde se detectaron los mayores valores de cobre y molibdeno.

VIAS DE ACCESO

El acceso al área Pantanos-Pegadorcito se puede hacer por vía terrestre o aérea. Por vía terrestre se requieren de 3 a 4 días desde la ciudad de Medellín en un viaje en automotor, mula o a pie, combinado en la siguiente forma: el primer día se viaja en carro desde Medellín a Frontino durante 5 horas para un recorrido de 175 km de los cuales solo 34 están pavimentados. El segundo día se hace el recorrido de 48 km por carretera destapada entre Frontino y el Alto Cuevas (terminal de la carretera Nutibara - La Blanquita), con una duración de 2 horas y luego una jornada de 6-7 horas a lomo de mula desde el citado alto hasta el caserío La Blanquita. A partir de este caserío, las gentes de la región efec-

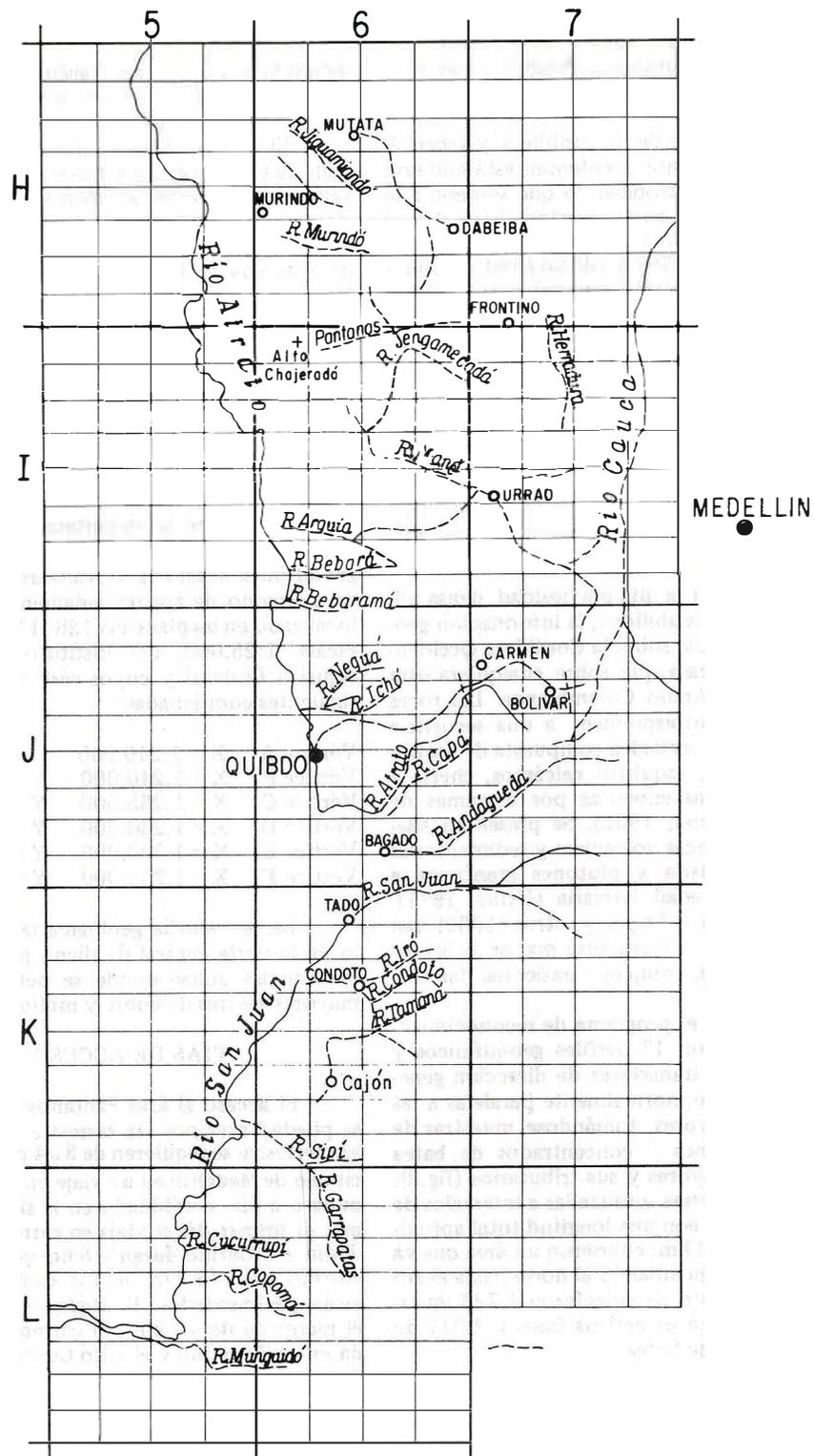


FIGURA 2. LOCALIZACION DE TRANSVERSAS GEOQUIMICAS Y GEOLOGICAS EN LA CORDILLERA OCCIDENTAL

túan el viaje a pie hasta el área de Pantanos-Pegadorcito en 9 horas; sin embargo una persona poco entrenada debe hacer el viaje en dos jornadas con duración total de 12 - 14 horas.

Debido a las precarias condiciones de acceso por vía terrestre, el mejor medio de transporte actualmente es el helicóptero. El tiempo de vuelo es de aproximadamente 50 minutos desde Medellín, ó 25 desde Nutibara (Frontino).

PERSONAL TECNICO PARTICIPANTE

Los geólogos Héctor Castro P. y Alfonso Calderón C. efectuaron en 1970 la exploración geoquímica regional por medio de la travesía río Carauta-Pantanos-Alto Chajera-dó. Los análisis de las muestras colectadas indicaron la existencia de una zona anómala para cobre en el área de Pantanos.

En base a lo anterior, en marzo de 1972 se inició la exploración geoquímica del área con la participación de los siguientes geólogos: Alfonso Calderón C., Héctor Castro P., Octavio Ramírez A., Henry V. Alminas del U.S.G.S., Alfonso Arias T., Eufredo Escorce B., Jaime Cruz B., Eduardo Alvarez G. y Carlos Murillo A., indicados de acuerdo al número de días de campo en el área estudiada. La cartografía geológica fue iniciada en mayo de 1973 con la participación de los geólogos Octavio Ramírez A. y Eufredo Escorce B. del INGEOMINAS, Wally Griffiths y Maurice Brock de U.S.G.S.

El estudio fotogeológico del área Pantanos-Pegadorcito y zonas aledañas fue llevado a cabo por el geólogo Taissir Kassem B.

Los análisis espectrográficos y de absorción atómica fueron ejecutados en los laboratorios del INGEOMINAS en Bogotá, por los químicos Alvaro G. Baratto V., Víctor García G. y Lucy de Ferreira, con la asesoría del químico Elwin Mosier del U.S.G.S.

El estudio de secciones delgadas fue efectuado por el geólogo Humberto González I.

El transporte del personal y equipo fue efectuado en helicópteros de la Fuerza Aérea Colombiana (FAC) y de la empresa privada Helicol.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro reconocimiento especial a los geólogos Andrés Jimeno V. y Jaime Cruz B. por sus valiosas sugerencias y a los geólogos Taissir Kassem B. y Luis Jaramillo por su interés y colaboración prestada para la publicación de este informe.

Deseamos resaltar la valiosa colaboración prestada por las Fuerzas Armadas y en especial por la Fuerza Aérea Colombiana (FAC), sin cuyo apoyo habría sido sumamente difícil realizar este trabajo.

GEOGRAFIA

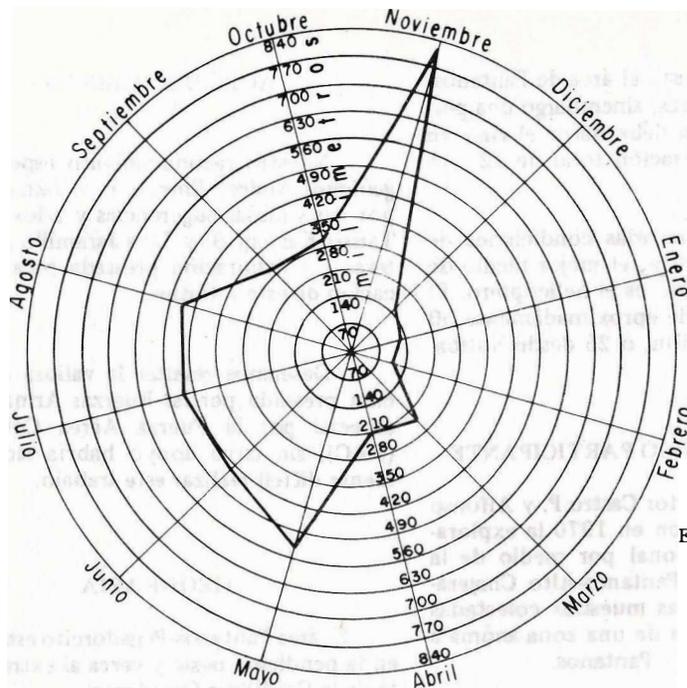
El área Pantanos-Pegadorcito está situada en la pendiente oeste y cerca al extremo norte de la Cordillera Occidental.

Exceptuando pequeñas aberturas (zonas desmontadas) en los alrededores de la quebrada Chontaduro y en el extremo norte del río Amparradó, toda el área está cubierta por espesa selva tropical. El clima es caliente, húmedo y lluvioso, con lluvias casi todos los días inclusive durante los meses de diciembre, enero, febrero y marzo que son los meses menos lluviosos. La Figura 3, muestra la precipitación promedio mensual en las estaciones de Murindó, Dabeiba y Urrao.

Aunque no se tiene ningún registro sobre la precipitación mensual en el área estudiada, por su localización en la vertiente oeste de la Cordillera Occidental, tentativamente se puede considerar que el promedio de lluvia mensual es similar al registrado en Murindó.

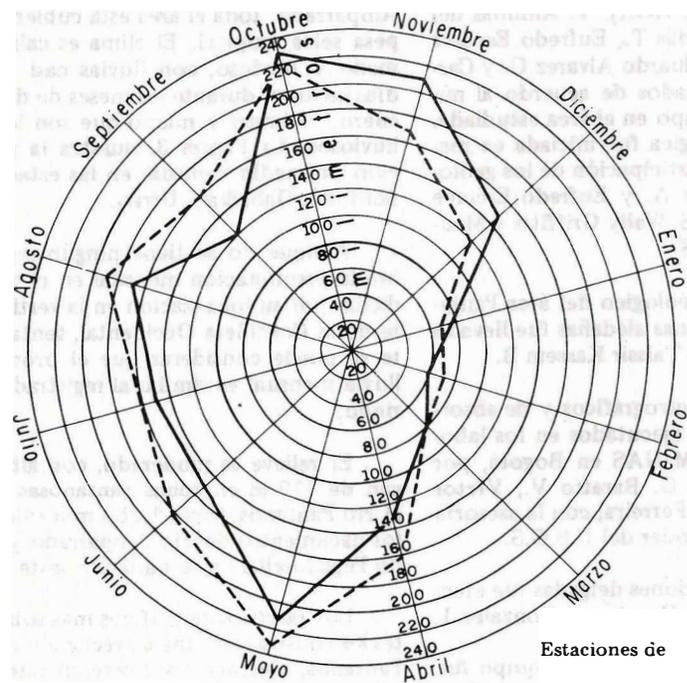
El relieve es moderado, con alturas que van de 770 m en zonas pantanosas aledañas al río Pantanos, hasta 1.350 m localizadas en los nacimientos del río Amparradó y quebrada Pegadorcito en la parte suroeste del área.

Los rasgos topográficos más sobresalientes los constituyen una estrecha colina, Cerro Pantanos, alargado en dirección este-nordeste y varios cerros con alturas de 1.050 m localizados hacia el límite norte del área. El Cerro Pantanos empalma hacia el oeste con



A

Estación de MURINDO
(1949 - 1950)



B

DABEIBA
(1944-1959)

URRAO
(1949-1959)

Estaciones de

FIGURA 3. PROMEDIO DE LLUVIA MENSUAL EN MURINDO, DABEIBA Y URRAO

el Alto Chajeradó, en tanto que hacia el norte, sur y este se encuentra limitado por zonas planas.

El área está drenada por los ríos Amparadó, Pantanos y Chontaduro como cauces mayores, y una serie de tributarios menores que constituyen un drenaje dendrítico denso.

GEOLOGIA

GENERALIDADES

Debido a la carencia de mapas topográficos adecuados para un levantamiento geológico detallado sobre la anomalía geoquímica para cobre de Pantanos-Pegadorcito, este trabajo sólo pudo ser iniciado en mayo de 1973, cuando se obtuvo un mapa a escala 1:10.000 con curvas de nivel cada 10 m preparado para el INGEOMINAS por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

Para agosto de 1973, fecha en que se conoció la determinación del Ministerio de Minas de suspender por parte del INGEOMINAS todas las actividades exploratorias en el área Pantanos - Pegadorcito, sólo se habían cartografiado 13 km², correspondientes a parte de la zona anómala. Las descripciones de las unidades geológicas deben considerarse por tanto preliminares al igual que el mapa geológico que acompaña este informe.

Además, la intensa meteorización prevalentemente en el área, que limita la ocurrencia de afloramientos a los cauces y primordialmente a las cabeceras de las quebradas, y lo complejo de la geología, dificultan notablemente la determinación de las relaciones litológicas y estructurales existentes en el área. Como consecuencia de ello, los contactos entre las diferentes unidades cartografiadas son sólo aproximados y proyectados a través de las colinas con base en la información obtenida en las quebradas.

GEOLOGIA REGIONAL

Las relaciones geológicas conocidas en la parte norte de la Cordillera Occidental indican la existencia de una secuencia sedimentario-volcánica cretácica (Grupo Cañasgordas) cortada por un gran cuerpo intrusivo y plutones menores del Terciario; hacia el extremo oeste se presentan rocas sedimentarias del Terciario y aluviones del Cuaternario (fig. 4).

La formación sedimentaria cretácica está compuesta por lutitas y limolitas con intercalaciones de grauvacas, cherts y localmente cuerpos de diabasa (Mosquera, 1971; Alvarez E., 1971). La formación volcánica está constituida por rocas andesíticas y basálticas que presentan variaciones texturales desde afáníticas hasta porfiríticas con algunas intercalaciones de chert y grauvaca (Mosquera, 1971; Alvarez E., 1971). Los sedimentos terciarios están constituidos por arcillolitas y areniscas grauvácicas intercaladas con bancos de conglomerados y calizas (Alvarez, A. J., 1971).

El mayor cuerpo intrusivo de la Cordillera Occidental lo constituye el Batolito de Mandé (Alvarez, A.J., 1971) el cual, por correlación con edades radiométricas obtenidas en la carretera Bolívar-Quibdó, se puede considerar como probablemente de edad terciaria media (Irving, 1971).

La extensión del cuerpo intrusivo no es aún bien conocida, pero la información obtenida en transversas este-oeste realizadas por INGEOMINAS en los años 1970 y 1971, indican una dimensión aproximada de 200 km en dirección norte-sur y 25 km en dirección este-oeste en su parte más ancha (fig.4). Su composición predominante es cuarzodiorita con variaciones locales de diorita.

La mineralización de cobre de Pantanos-Pegadorcito se encuentra asociada a pequeños cuerpos de pórfidos dacíticos que cortan la cuarzodiorita del Batolito de Mandé.

Uno de los mayores rasgos estructurales, hasta ahora parcialmente conocido, lo constituye la Falla de Murindó reconocida fotogeológicamente por Kassem (1972), en la parte norte y que podría ser la continuación de la falla reconocida por Botero y Garcés (1935) y Case y otros (1971) sobre la carretera Bolívar - Quibdó.

TIPOS DE ROCAS

Dentro de la zona cartografiada se han distinguido ocho tipos de roca cuya distribución se muestra en la Figura 5.

Estos seis tipos de roca se pueden agrupar en cuatro unidades con relaciones entre sí mejor establecidas que para los tipos de roca individuales; estas unidades son: 1) cuar-

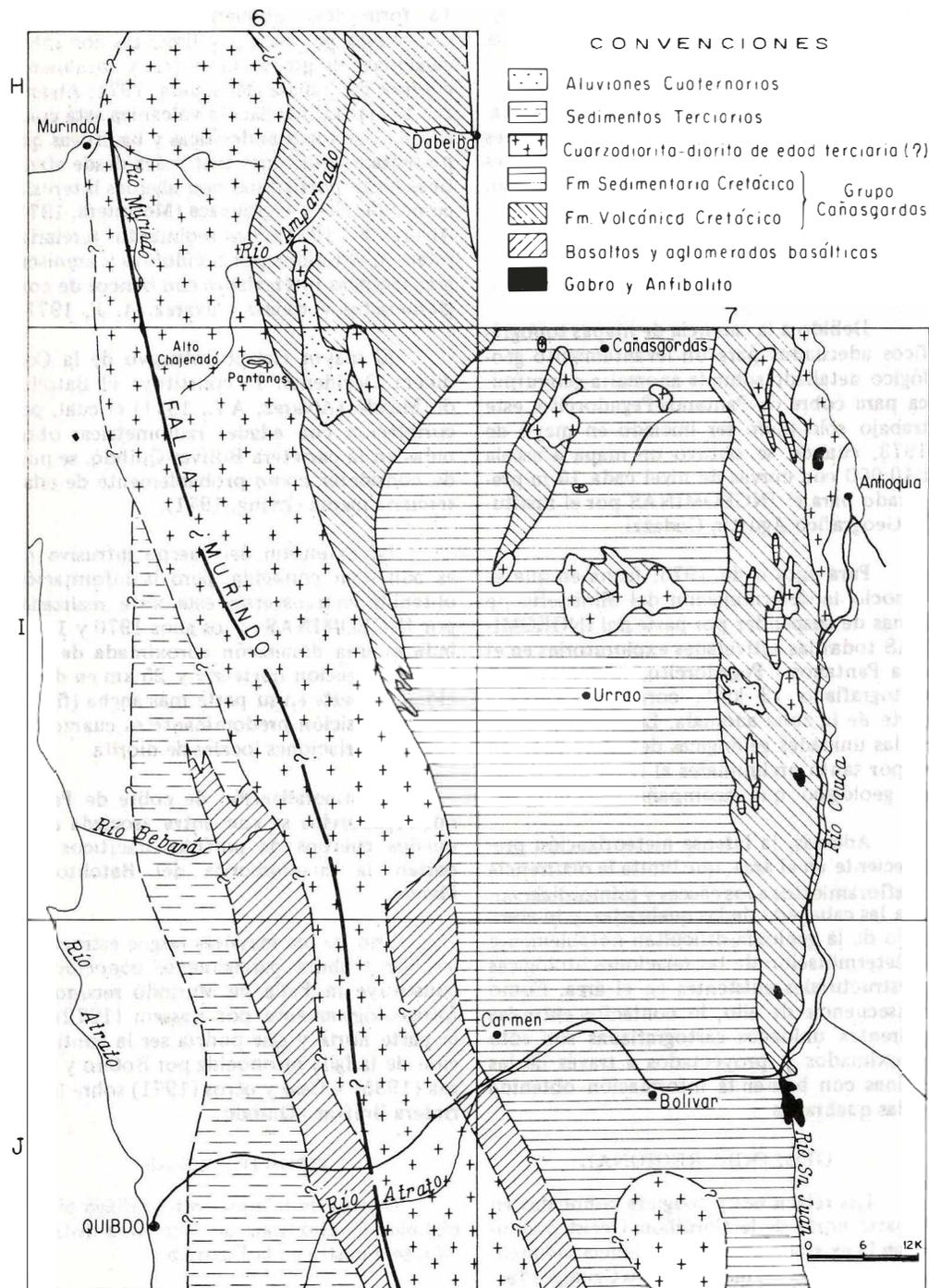


FIGURA 4. MAPA GEOLOGICO GENERALIZADO DE LA PARTE NORTE DE LA CORDILLERA OCCIDENTAL

zodiorita, que constituye la roca más antigua en el área cartografiada y que sirve de roca encajante a las otras unidades; 2) rocas porfiríticas, en las cuales se han distinguido 3 tipos cuyas características se describen más adelante; 3) brechas intrusivas, compuestas por una matriz de roca porfirítica y cantos de los otros tipos de roca; 4) rocas cataclásticas, en una franja aproximadamente nort-sur, paralela a la Falla de Murindó.

Aparte de estas cuatro unidades principales se cartografiaron pequeños diques de andesita y zonas de material aluvial y coluvial cuya ocurrencia se muestra en la Figura 5.

CUARZODIORITA

La cuarzdiorita constituye el tipo de roca más abundante y tentativamente se puede considerar como parte del Batolito de Mandé. Cubre aproximadamente el 50% del área cartografiada, sirviendo de roca encajante a los otros tipos de roca.

Se presenta como una roca fanerítica, de grano medio, color blanco moteado de negro por los componentes máficos; localmente, y debido principalmente a efectos cataclásticos, adquiere color gris oscuro hasta negro.

Comúnmente presenta orientación de sus componentes lo cual le imparte un aspecto foliado a la roca y que según se observa al microscopio es debido a efectos cataclásticos de intensidad variable. Orientada y paralela a la foliación se observan inclusiones de una roca oscura que parecen corresponder a fragmentos de las rocas encajantes (basalto? diorita?) parcialmente asimilados por el magma cuarzdiorítico.

La textura es hipidiomórfica granular con variaciones a textura cataclástica, especialmente en las cercanías a las fallas de Murindó y Amparradó. Los minerales dominantes (Tabla 1) son plagioclasa, cuarzo y máficos (hornblenda y biotita); estos últimos en su mayor parte han sido alterados a clorita, epidota y/o calcita. Feldespato de potasio está generalmente ausente o se presenta principalmente como reemplazamiento de plagioclasa y en escasos cristales anhedralmente en cantidades inferiores al 5%.

Los minerales accesorios más comunes son esfena, apatito, zircón y minerales opacos; los tres primeros constituyen en conjunto menos del 0,5%. Los minerales opacos, generalmente están asociados a clorita y constituyen entre el 0,5% y el 1,5% siendo el más común magnetita y en menor proporción piritita y calcopiritita.

La plagioclasa se presenta en cristales subhedrales a anhedralmente ligeramente alterados a sericita y calcita, de composición oligoclásica a andesina-sódica y generalmente mostrando zonación normal. Efectos de deformación se evidencian por rotura y doblamiento de cristales en algunas rocas.

El cuarzo ocurre en cristales anhedralmente mostrando efectos de deformación que varían desde ligera extinción ondulatoria hasta textura de mortero bien desarrollada y elongación de los cristales en la dirección de los esfuerzos.

La hornblenda constituye el máfico más abundante pero en la mayor parte de las rocas ha sido alterada a clorita, epidota, calcita y esfena; en las pocas muestras donde se encontró fresca presenta pleocroísmo de color amarillo verdoso a verde oliva. Biotita con pleocroísmo de amarillo pálido a pardo oscuro, se presenta como restos de cristales subhedrales a anhedralmente alterados a clorita y esfena.

ROCAS PORFIRITICAS

Después de la cuarzdiorita, las rocas porfiríticas consideradas en conjunto constituyen el tipo de roca más abundante en el área cartografiada.

Se trata de rocas hipoabisales de composición dacítica que han intruido la cuarzdiorita; aunque en muy pocos sitios están expuestos los contactos, los cambios bruscos de cuarzdiorita a rocas porfiríticas y viceversa a lo largo de quebradas, indican la existencia de contactos agudos entre los dos tipos de roca.

Diferentes criterios podrían usarse para efectuar una separación entre las rocas porfiríticas, pero se han considerado como los más apropiados, al menos para diferenciación de las rocas en el campo, las variaciones texturales y el contenido de minerales máfi-

No. Muestra	IGM 80017	IGM 80020	IGM 80029	IGM 80043	IGM 80106	IGM 80720
Cuarzo	24,7	23,3	28,4	27,3	21,5	25,7
Plagioclasa	46,5	52,6	56,2	56,6	66,7	56,5
Feldespatos de K		3,4	tr.	0,9	tr.	1,0
Hornblenda				8,8		8,4
Biotita				4,8	1,3	2,4
Clorita	14,1	16,5	9,7	0,8	8,5	2,8
Epidota	9,6	2,7	4,2	0,2	Tr.	0,7
Calcita	2,2					1,3
Minerales Opacos *	2,8 p>cp>m	1,5 m, il	1,5 m, il, p	0,5 m	2 m>p>cp	1,1 m>p
Esfena	tr.	tr.		tr.	tr.	tr.
Apatito	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.

*m = magnetita; il = ilmenita; p = pirita; cp = calcopirita.

TABLA 1. Análisis Modal de la Cuarzodiorita (porcentaje por volumen).

cos. Con base a estos criterios se han establecido tres clases de pórfidos, denominados tipos A, B y C, cuya distribución se indica en el mapa geológico (fig.5).

La relación clara entre los tres tipos de pórfidos no fue observada en el campo y tal vez se trata sólo de diferentes fases de una misma intrusión, siendo posible que en algunos casos las diferencias puedan deberse a fenómenos de contaminación del magma con las rocas encajantes o a variaciones en el tipo e intensidad de alteración hidrotermal sufrida por los pórfidos.

Los tres tipos de pórfidos presentan una matriz afanítica a fino granular compuesta esencialmente por feldespato no maclado y cuarzo en la cual resaltan fenocristales de cuarzo, plagioclasa y clorita pseudomorfa según hornblenda y/o biotita. Los pórfidos A y B se caracterizan por tener una matriz afanítica compuesta predominantemente por feldespato no maclado; macroscópicamente se diferencian entre sí por la presencia de fenocristales de hornblenda y/o clorita pseudomorfa según hornblenda en el pórfido tipo B. El pórfido tipo C se caracteriza por presentar una matriz finogranular en contraste con la matriz afanítica de los tipos A y B, por un mayor contenido de cuarzo en la matriz y por presentar, aunque no siempre, cristales de biotita fresca posiblemente producidos por alteración hidrotermal.

Pórfido Tipo A.- El pórfido tipo A ocurre hacia la parte central del área cartografiada (fig.5), presentando sus mejores afloramientos sobre la quebrada Lanito.

Este pórfido tiene color gris claro en los afloramientos más frescos, y adquiere color blanco que en ocasiones presenta un tinte verdoso por la presencia de malaquita en los afloramientos que han sufrido más intensa alteración y/o meteorización. La matriz es afanítica y rodea a fenocristales de plagioclasa y escasos fenocristales euhedrales de clorita pseudomorfa según biotita.

Los minerales dominantes son plagioclasa y cuarzo; accesorios más comunes son zircón, apatito, esfena y minerales opacos; los minerales secundarios sericita, calcita, epidota, feldespato de potasio, clorita, limonita generalmente están presentes como producto de alteración de plagioclasa, biotita

y minerales opacos. Los fenocristales de cuarzo y plagioclasa constituyen más del 50% de la roca (Tabla 2) lo que de acuerdo con los criterios indicados por Stringham (1971, p.37) permiten clasificar al pórfido tipo A como pórfido cuarzodiorítico. La matriz de este pórfido generalmente es afanítica equigranular y está compuesta predominantemente de feldespato no maclado (plagioclasa sódica?) parcialmente alterado a sericita; cuarzo hasta donde se puede reconocer en la matriz, se presenta en proporción muy inferior a la del feldespato.

Los fenocristales de cuarzo constituyen del 15 al 30% de la roca y varían en forma desde perfectos cristales hexagonales hasta cristales anhedrales cuyo diámetro mayor oscila entre 0,1 y 10 mm; por lo general tienen bordes rectos bien definidos, aunque en algunas secciones delgadas se presentan entradas o proyecciones de la matriz dentro de los fenocristales de cuarzo las cuales están rellenas con mica blanca. Los fenocristales de plagioclasa constituyen del 30 al 45% de la roca y varían de anhedrales a subhedrales y en tamaño de 0,5 a 3,5 mm en su diámetro mayor; por lo general se presentan débilmente maclados, no zonados y ocurren desde levemente empolvados con sericita hasta completamente reemplazados por sericita y calcita. Su composición varía de oligoclasa cálcica a andesina sódica.

Los minerales máficos originales (hornblenda y biotita) han sido reemplazados completamente por clorita y ésta a su vez reemplazada por mica blanca, la cual generalmente presenta minerales opacos asociados.

Los minerales opacos constituyen del 0,3 al 1,0% de la roca y en orden decreciente de abundancia son calcopirita, piritita, magnetita e ilmenita.

Pórfidos Tipo B.- El pórfido tipo B aflora en la parte este del área cartografiada y ocurre en cuerpos alargados de dirección este-oeste (fig. 5).

En general este tipo de pórfido se presenta menos alterado que el pórfido tipo A y debido al mayor contenido de minerales ferromagnesianos tiene color gris más oscuro que aquel. Los fenocristales de cuarzo son menos abundantes y menos notorios que en el pórfido tipo A.

No. Muestra	IGM 80021	IGM 80023	IGM 80024	IGM 80041	IGM 80115	IGM 80123
Matriz	35,4	35,2	43,0	45,9	65,4	57,2
Fenocristales :						
Cuarzo	18,1	29,7	18,0	17,6	10,6	7,2
Plagioclasa	43,5	33,9	39,0	35,0	20,3	30,1
Mica Blanca (según máficos)	2,1	—	tr.	0,3	—	3,5
Clorita	—	0,8	—	0,2	3,2	1,2
Minerales Opacos *	0,8 cp	0,4 cp	tr.	0,9 cp, b.	0,5 m>p	0,8 cp>p

* cp = calcopirita; b = bornita; p = pirita; m = magnetita.

TABLA 2. Análisis Modal de Pórfido Tipo A (porcentaje por volumen).

Los minerales componentes dominantes (Tabla 3) son cuarzo y plagioclasa; hornblenda rara vez ocurre fresca y en su mayor parte ha sido alterada a clorita y epidota con segregación de minerales opacos. Otros minerales accesorios, normalmente presentes, son magnetita, pirita, calcopirita, apatito y esfena. Los minerales secundarios más comunes son clorita, epidota, calcita, sericita y feldespato de potasio.

Fenocristales de cuarzo, plagioclasa y hornblenda alterada, ocurren dentro de una matriz afanítica a finogranular compuesta por feldespato no maclado (plagioclasa sódica) y algo de cuarzo. Los fenocristales constituyen más del 50% de la roca, lo cual permite la clasificación del pórfido tipo B como un pórfido cuarzodiorítico (Stringham, 1971, p. 37).

Los fenocristales de cuarzo constituyen del 7 al 15% de la roca, son anhedrales a subhedrales con borde redondeado y en algunos casos ondulado con proyecciones de la matriz dentro de los mismos. Su tamaño varía de 0,5 a 4 mm; los cristales mayores presentan una aureola de sericita hasta de 0,7 mm de espesor. En algunas de las secciones delgadas estudiadas los fenocristales de cuarzo aparecen fracturados y como fragmentos angulares que imparten a la roca una textura brechoide.

Los fenocristales de plagioclasa constituyen del 30 al 55% de la roca, son subhedrales a euhedrales, con tamaño variable, de 0,3 a 4,5 mm en su dimensión mayor, generalmente maclados y mostrando zonación normal. En su mayor parte presentan reemplazamiento por feldespato de potasio el cual aparece en forma de venas que se entrecruzan y muy incipiente alteración a sericita y material arcilloso; en algunas de las muestras estudiadas (IGM-80031-80032 y 80033) la plagioclasa aparece alterada principalmente a sericita, calcita y epidota. Su composición promedio es andesina (An 36 - 46) presentando generalmente un núcleo ligeramente más cálcico.

El componente máfico original fue hornblenda, el cual constituía del 2 al 5% de la roca pero se encuentra reemplazada en su totalidad por epidota, clorita y magnetita; clorita a su vez, en algunas secciones delgadas, aparece alterada a sericita; se observan además escasos cristales de biotita reemplazados por clorita.

Los minerales opacos constituyen del 0,2 al 1% de la roca, siendo la magnetita el más abundante entre éstos, seguida por pirita, ilmenita y calcopirita, los cuales en parte aparecen asociados a los componentes máficos alterados.

No. Muestra	PORFIDO TIPO B					PORFIDO TIPO C		
	IGM 80012	IGM 80031	IGM 80034	IGM 80700	IGM 9275	IGM 80124	IGM 80725	IGM 80128
Matriz	35,1	49,8	37,8	43,4	39,5	42,7	54,8	52,8
Fenocristales								
Cuarzo	8,3	11,5	13,9	23,0	7,3	4,5	8,0	17,2
Plagioclasa	53,4	33,6	42,8	26,3	50,4	50,2	34,3	26,9
Clorita (según máficos)	1,4	2,2	0,9	6,7	1,3	tr.	—	1,8
Epidota (según máficos)	1,0	2,5	3,9	—	0,9	—	—	0,5
Biotita	—	—	—	—	—	2,4	2,1	—
Minerales Opacos*	0,7 m>p>cp	0,4 il.	0,7 m, p	0,6 m	0,6 m, p	0,2 m	0,8 m>cp	0,9 m

* m = magnetita; p = pirita; cp = calcopirita; il = ilmenita.

TABLA 3. Análisis Modal de Pórfidos Tipo B y C (porcentaje por volumen).

La matriz del pórfido tipo B es afanítica a finogranular compuesta predominantemente por feldespato no maclado (plagioclasa sódica) levemente empolvada con sericita y pequeñas laminitas de clorita; cuarzo está también presente en la matriz pero en proporción muy subordinada al feldespato y debido al tamaño de grano tan pequeño es muy difícil de diferenciar claramente de aquel. En algunas de las secciones delgadas estudiadas se observan proyecciones de la matriz dentro de los fenocristales de cuarzo y plagioclasa los cuales han sido parcialmente asimilados por aquella.

Pórfido Tipo C. - El pórfido tipo C aflora en la parte noroccidental del área cartografiada (fig. 5), presentando sus mejores afloramientos sobre las quebradas tributarias de la quebrada Pegadorcito.

Como se dijo previamente, este tipo de pórfido se caracteriza por tener una matriz de grano más grueso que la matriz afanítica de los pórfidos A y B y por presentar en algunos de sus afloramientos pequeños cristales de biotita que no han sufrido alteración y que se pueden considerar como de origen hidrotermal. La relación de este pórfido con

el pórfido tipo A no se encuentra claramente expuesta en superficie y por tanto los contactos que se indican en el mapa geológico son sólo aproximados y en gran parte asumidos.

Este pórfido presenta una matriz que varía en color de gris claro a gris oscuro dentro de la cual resaltan fenocristales de plagioclasa, cuarzo y pequeñas laminitas de biotita.

Los minerales dominantes (Tabla 3) son cuarzo y plagioclasa, pero en una de las secciones delgadas analizadas (IGM-80124) el feldespato de potasio se hace presente como granos anhedrales y constituye el mineral más dominante de la matriz. En las demás rocas analizadas la matriz está constituida por feldespato no maclado, ligeramente sericitizado y en menor proporción por cuarzo. Biotita constituye el principal mineral accesorio; los minerales accesorios menores son magnetita, pirita, calcopirita y zircón; los minerales secundarios son sericita, feldespato de potasio y clorita.

Los fenocristales de cuarzo constituyen del 4 al 10 % de la roca, son subhedrales y en algunos casos tienen forma de fragmen-

tos sub - angulares que con los fragmentos de plagioclasa imparten a la roca una textura microbrechoide.

Los fenocristales de plagioclasa son subhedrales a euhedrales, ligeramente sericitizados y mostrando reemplazamiento por feldespato de potasio que en algunas muestras le imparten a la roca un aspecto micropeperítico; su composición varía de oligoclasa cálcica a andesita sódica y por lo general no presentan zonación.

Biotita, aunque no siempre presente, ocurre en láminas finas, subhedrales a anhedrales, con pleocroismo X = amarillo pálido, Y = Z = pardo verdusco. Su carácter fresco, en contraste con la sericitación y alteración a feldespato de potasio de la plagioclasa, sugiere que sea secundaria y de origen hidrotermal. En las muestras donde no se presenta biotita, se observan laminillas anhedrales y agregados de clorita que posiblemente corresponden al producto de alteración de los máficos originales.

Los minerales opacos constituyen menos del 1% de la roca siendo el más común magnetita, la cual en algunos casos aparece tan finamente diseminada que le imparte un color gris oscuro a la matriz; en orden decreciente de abundancia le siguen piritita y calcopiritita, esta última presenta generalmente un borde de alteración a calcocina.-

BRECHAS INTRUSIVAS

Este tipo de roca tiene su mayor desarrollo en la parte este del área cartografiada donde se presenta en cuerpos alargados de dirección general este-oeste, estrechamente relacionados con el pórfido tipo B. Cuerpos menores fueron cartografiados dentro del pórfido tipo A en la parte sur-central del área y en el sector de Pegadorcito (fig.5).

La brecha intrusiva está compuesta por fragmentos redondeados a sub-angulares de cuarzodiorita y pórfido tipo A preferencialmente, rodeados por una matriz porfirítica de color gris verdoso a gris oscuro. Los fragmentos de roca presentan generalmente bordes definidos hacia los contactos con la matriz, observándose que su composición y proporción con respecto a ella, depende de las rocas encajantes y de la proximidad a los contactos; el tamaño de los fragmentos de

roca varía desde unos pocos milímetros hasta 80 centímetros en su dimensión mayor.

La ocurrencia de varios diques y cuerpos irregulares de brecha que en forma de digitaciones se proyectan dentro de los afloramientos de pórfido tipo A y de cuarzodiorita en el río Amparradó, indican que la brecha es de origen intrusivo. Los contactos entre los cuerpos de brecha y el pórfido tipo B que se encuentran íntimamente relacionados al este del área cartografiada, están muy pobremente expuestos y parecen ser contactos gradacionales.

Aunque localmente se puede observar abundante piritita asociada a la brecha, de las unidades cartografiadas ésta es la unidad más pobremente mineralizada en sulfuros de cobre.

Bajo el microscopio se observa que la matriz de la brecha intrusiva es muy similar en composición a los pórfidos ya descritos pero ésta presenta una textura brechoide debido al aspecto angular de los fragmentos de cristales de cuarzo y plagioclasa. Los fragmentos de cuarzodiorita presentan generalmente aspecto cataclástico, indicando que la formación de la brecha fue posterior a la cizalladura y al desarrollo de algunas de las fallas reconocidas en el área.

ROCAS CATACLASTICAS

Dentro del área cartografiada son comunes los afloramientos en los cuales se observa intensa cataclasis produciendo pequeñas zonas de trituración, cataclasitas y milonitas, varias de ellas indicadas en el mapa geológico con el símbolo de cizalladura.

Paralela a la falla de Murindó se presenta, sin embargo, una franja de rocas cataclásticas que por alcanzar un espesor hasta de 200 m y por ser claramente diferenciables de las rocas descritas previamente, fueron cartografiadas como una unidad diferente.

Se caracteriza este tipo de roca por su grano fino, color gris oscuro a casi negro y por presentar generalmente una fina estructura bandeada que le da el aspecto de una roca sedimentaria débilmente metamorfoseada. Las relaciones de campo y el estudio al microscopio indican, sin embargo, que son rocas ígneas que por intensa cataclasis han perdido

su textura original y que en algunos casos han sufrido recristalización.

Variaciones texturales permiten clasificar estas rocas cataclásticas preferencialmente como milonitas, con cambios locales a ultramilonitas y cataclasitas. Localmente se observan milonitas estratificadas ("layered mylonites") producidas por procesos de diferenciación metamórfica (Spry, 1969, p.236) en las cuales se presentan láminas alternas de minerales félsicos y máficos y que por su composición pueden en algunos casos ser clasificados como anfibolitas. La foliación dominante de las rocas cataclásticas varía de $N10^{\circ}E$ a $N20^{\circ}W$ con buzamiento hacia el oeste de 55 a 90° .

Aunque generalmente es casi imposible reconocer la textura ígnea en muestras de mano, el estudio de secciones delgadas permite reconocer porfiroclastos que aparecen rodeados por cristales elongados o agregados finos de cuarzo.

La roca original de la mayor parte de las secciones delgadas estudiadas es cuarzo-diorita pero en unas pocas es aún posible reconocer una textura porfirítica original.

Los mayores cambios en composición observados en estas rocas cataclásticas son un aumento en el contenido de cuarzo, el cual en parte ha sufrido recristalización, y la división de los minerales opacos (especialmente magnetita) en granos finos que aparecen ampliamente diseminados en la roca y en parte contribuyen a impartir el color oscuro a la mayor parte de las milonitas y cataclasitas. Cortando la foliación cataclástica se observan venitas de piritita y calcopiritita lo cual sugiere que la mineralización, al menos en parte, fue posterior a la formación de estas rocas cataclásticas.

RASGOS ESTRUCTURALES

Todas las rocas descritas previamente se encuentran altamente fracturadas, variando en intensidad desde fallas de carácter regional a microfracturas que en algunos sitios forman amplias zonas de fracturamiento, permitiendo una mayor mineralización de las rocas afectadas.

Durante los programas de cartografía geológica se presentó especial atención al re-

conocimiento de diaclasas y a su relación con la mineralización, diferenciándolas de aquellas fracturas que por la presencia de material triturado indicaran la ocurrencia de movimiento; estas últimas se representan en el mapa geológico con el símbolo de cizalladura.

El diagrama rosa (Fig. 7) construido con 264 direcciones de diaclasamiento registradas en el campo, indica el predominio de diaclasas con dirección $N 60^{\circ} W$ a E-W; comúnmente las diaclasas son verticales pero se presentan variaciones a buzamientos entre 60 y 90° tanto al este como al oeste. En el grupo de diaclasas mineralizadas las siguientes direcciones son predominantes: $N10-20^{\circ}E$, $N70-80^{\circ}E$, $N70-80^{\circ}W$ y E-W.

Aunque se observan numerosas zonas de cizalladura y trituración (fig. 5), no es posible correlacionarlas todas con las fallas mayores y bien pudieron ser producidas por movimientos pequeños a lo largo de fracturas. El diagrama de rosas de 87 direcciones de cizalladura tomadas en el campo (fig. 7A) indica un predominio de cizalladuras con dirección general N-S y variación de $N20^{\circ}W$ a $N20^{\circ}E$; aproximadamente un 40% de estas zonas de cizalladura y trituración se presentan mineralizadas especialmente con piritita, predominando en este grupo aquellas con dirección $N30-40^{\circ}W$ y $N50-60^{\circ}W$.

Dos fallas de carácter regional, reconocidas previamente en fotografías aéreas (Kassem, 1972), fueron identificadas en el campo y provisionalmente se les ha denominado fallas de Murindó y Amparradó (figs. 5 y 6) por estar en parte controlando el cauce de dichos ríos. Debido a lo pequeño del área estudiada no es posible establecer una clasificación precisa de estas fallas, excepto que se trata de fallas con dirección general nortesur, verticales o con fuerte buzamiento. La continuidad de la falla de Murindó por 40 km hacia el norte, determinada en fotografías aéreas y su posible continuación hacia el sur de Pantanos, sugieren que es una gran falla de rumbo.

La falla de Murindó presenta en la parte norte del área cartografiada una zona de rocas cataclásticas que alcanzan hasta 200 m de espesor pero hacia su parte sur la zona cataclástica se hace más delgada (fig. 5). Aun-

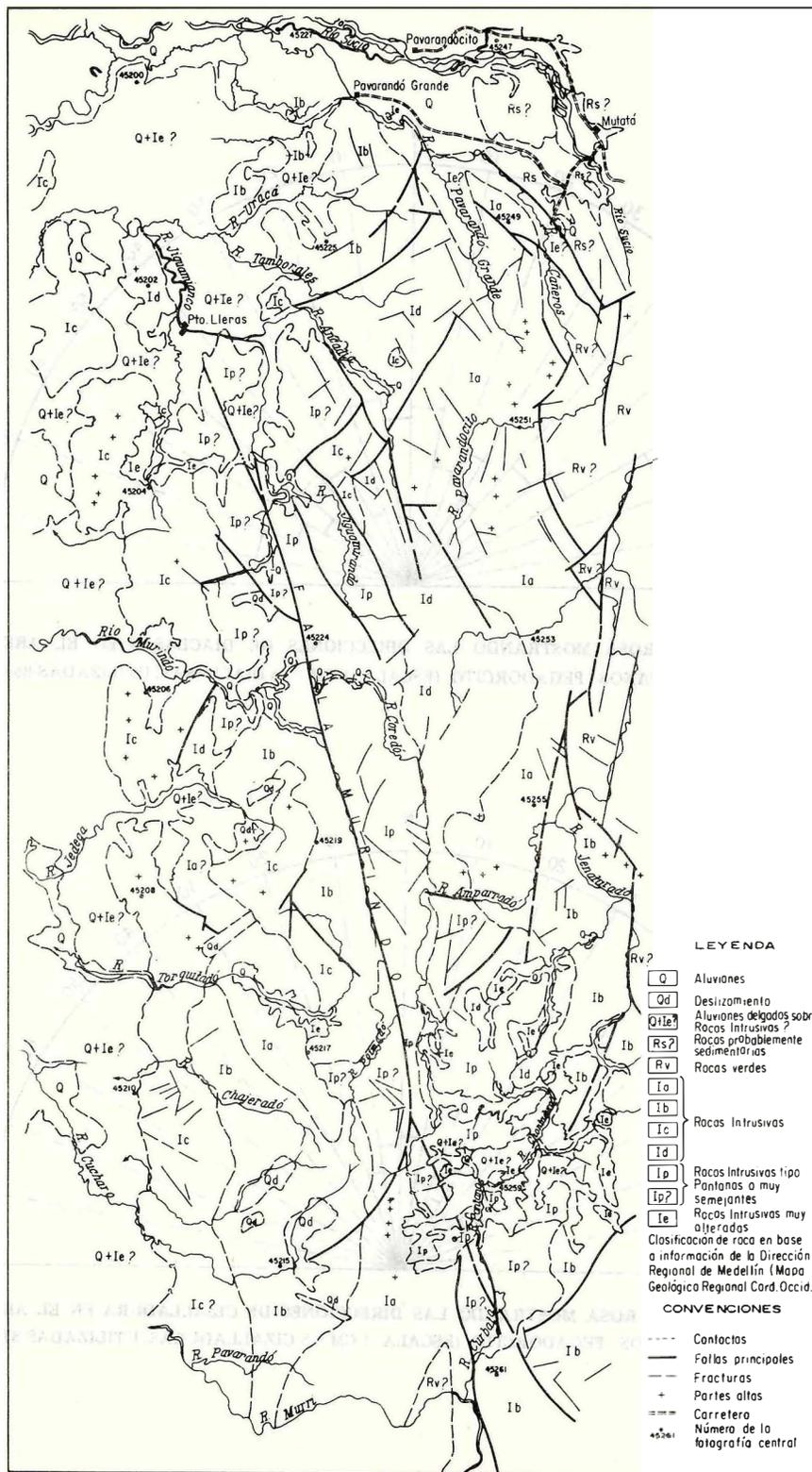


FIGURA 6.

MAPA FOTOGEOLOGICO DETALLADO DEL AREA PANTANOS - PEGADORCITO

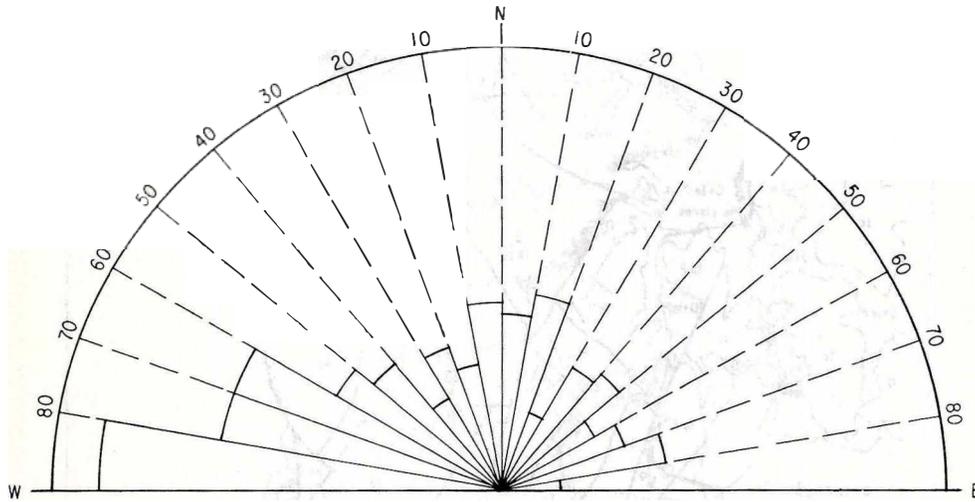


FIGURA 7. DIAGRAMA ROSA MOSTRANDO LAS DIRECCIONES DE DIACLASAS EN EL AREA DE PANTANOS - PEGADORCITO. (ESCALA: 1 CM = 5 DIACLASAS; UTILIZADAS 264)

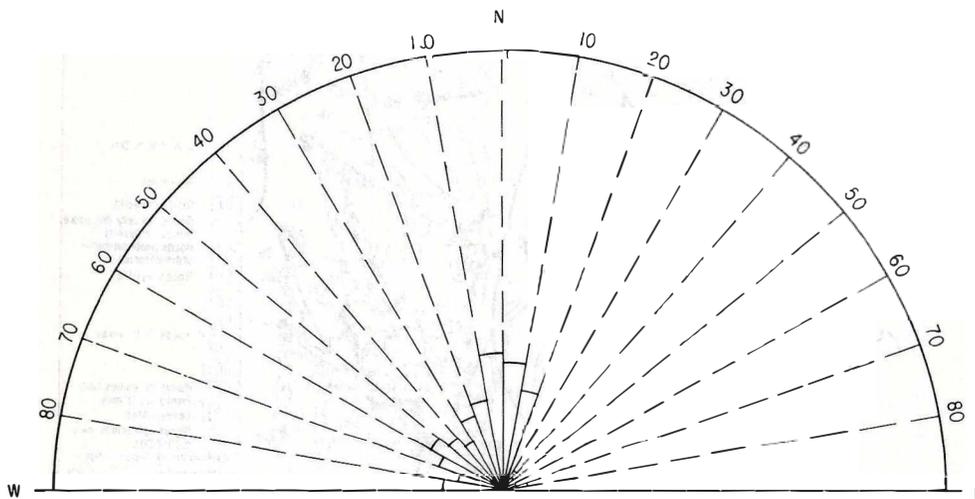


FIGURA 7A. DIAGRAMA ROSA MOSTRANDO LAS DIRECCIONES DE CIZALLADURA EN EL AREA DE PANTANOS - PEGADORCITO. (ESCALA: 1 CM = 5 CIZALLADURAS; UTILIZADAS 87).

que en el mapa geológico esta falla y su zona cataclástica aparecen interrumpidas por los pórfidos tipo A y C, debe anotarse que es necesario un mayor control de campo y quizás algunas perforaciones para establecer las verdaderas relaciones entre los pórfidos y la falla. Brock y Griffiths (comunicación escrita, 1973) han planteado la posibilidad de que la mineralización de Pegadorcito corresponda a una porción del cuerpo mineralizado de Pantanos que ha sido desplazado hacia el norte por la falla de Murindó. Sin embargo, no se encontraron evidencias claras para mantener dicha hipótesis, pues aunque algunas rocas cataclásticas preservan restos de textura porfirítica, en la quebrada Pegadorcito se observaron afloramientos en los cuales los pórfidos sin evidencias de deformación cortan las rocas cataclásticas y por tanto podría pensarse que la cataclasis observada en algunos afloramientos de pórfido sea debida a fallas más recientes.

La falla de Amparradó, aunque es menos notoria que la falla de Murindó, ha sido identificada por pequeñas zonas de cataclasis y ultracataclasis observadas en las quebradas tributarias del río Amparradó por su margen occidental; su continuación hacia el norte del área cartografiada aparece muy clara en las fotografías aéreas, siendo posible seguirla por aproximadamente 10 kilómetros donde se une a la falla de Murindó; su continuación hacia el sur es desconocida debido a la carencia de fotografías aéreas.

MINERALIZACION Y ALTERACION

La intensa meteorización y alteración supergénica prevaeciente en el área, han limitado la cantidad de afloramientos a menos del 1 % del área cartografiada y constituyen un factor limitante para una evaluación en superficie de la intensidad, extensión y modelos de mineralización y alteración. Por este motivo, y aunque se prestó especial atención a estos dos factores, en esta etapa de la investigación no es posible aún presentar mapas de mineralización y alteración y nos limitaremos por tanto a indicar las observaciones más importantes y sus relaciones con los diferentes tipos de roca cartografiados.

MINERALIZACION

Los sulfuros ocurren como disseminaciones y asociados a fracturas y planos de cizalladura, observándose un mayor contenido

de sulfuros en las zonas de mayor fracturamiento; ocasionalmente se observan venitas (1 a 2 mm) y algunas venas de cuarzo hasta de 60 cm de espesor que contienen abundante pirita y calcopirita.

Aparte del control estructural, la mineralización está controlada por diferentes tipos de rocas. De las diferentes unidades cartografiadas en el área, la brecha intrusiva es la menos mineralizada (véanse figs. 8 y 15), pues solo localmente se observan altas concentraciones de pirita con trazas de calcopirita. Dentro del grupo de los pórfidos, el tipo A se presenta como el mejor mineralizado, aunque no siempre, y el tipo C el menos mineralizado; debe anotarse, sin embargo, que lo anterior se establece con base sólo a las observaciones en superficie complementadas con los resultados del muestreo geoquímico, ya que no se perforó ningún pozo en los pórfidos tipo B y C, en tanto que el pórfido tipo A fue perforado en los pozos Nos. 3, 4, 5 y 8. La cuarzodiorita generalmente se presenta mineralizada cerca al contacto con el pórfido, observándose que la mineralización se hace menos notoria a medida que se aleja del contacto o cuando el pórfido, que la intruye no está mineralizado. Las rocas cataclásticas normalmente se presentan mineralizadas, ocurriendo los sulfuros disseminados y en venitas cortando la foliación, lo cual sugiere que la mineralización, al menos en parte, fue posterior a las etapas de mayor deformación.

En la figura 8 se muestra la relación entre los tipos de rocas dentro del área cartografiada y su contenido de cobre determinado espectrográficamente.

Los sulfuros constituyen en promedio el 1 % del volumen de la roca, siendo entre estos la pirita el más abundante, que bajo condiciones favorables se presenta acompañada por calcopirita y bornita, las cuales sobrepasan a la pirita en las zonas de mayor contenido de cobre. Magnetita generalmente está presente, observándose que su contenido disminuye a medida que aumenta el de calcopirita, y junto con pirita se presentan comúnmente asociadas a los restos de componentes ferromagnesianos en la roca, sugiriendo un posible reemplazamiento de magnetita por calcopirita. Molibdenita se presenta como trazas, según lo indican los análisis espectrográficos de muestras de roca; sólo fue observada macroscópicamente en una muestra del sector de Pegadorcito y en núcleos de

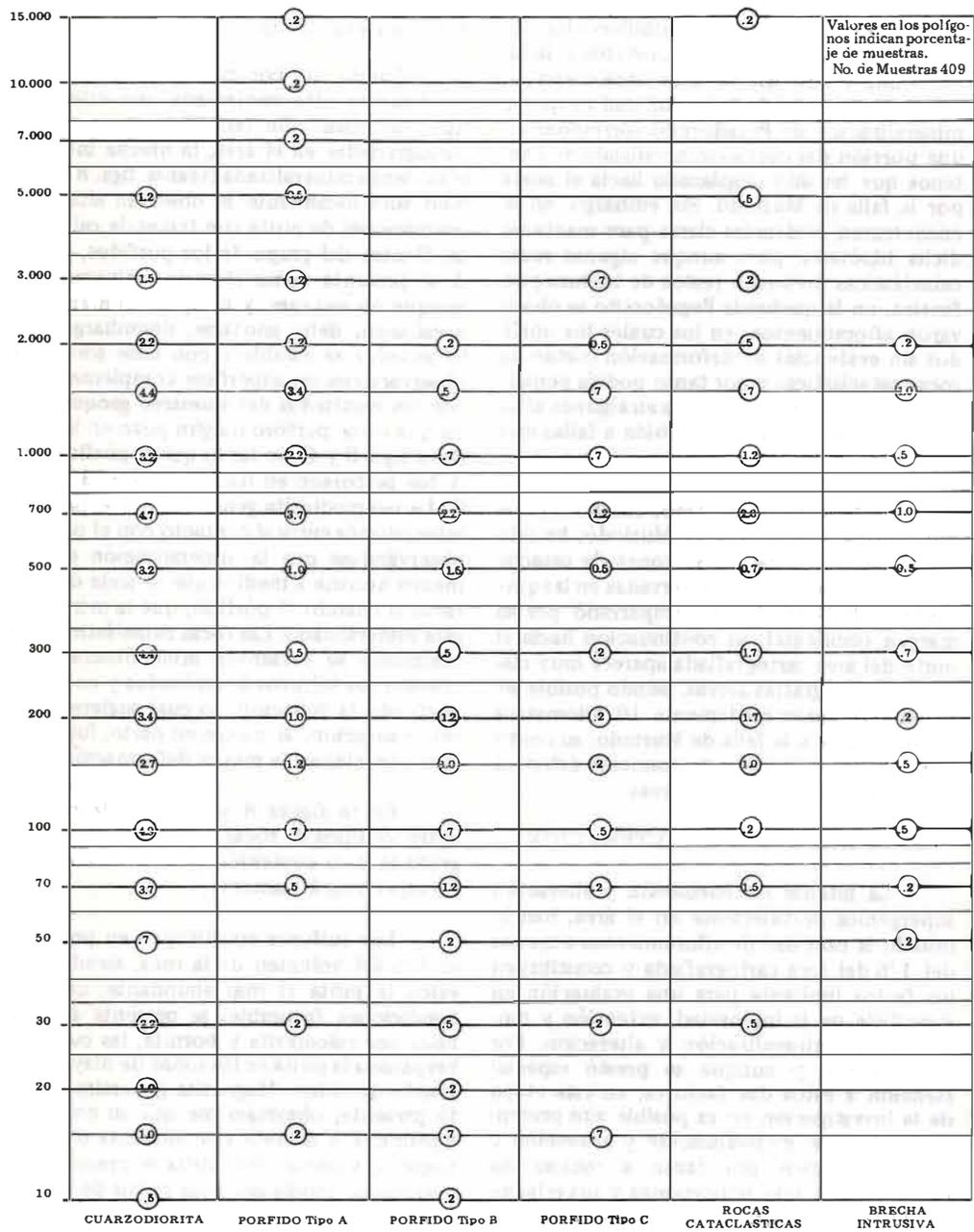


FIGURA 8. RELACION ENTRE LOS TIPOS DE ROCA EN EL AREA CARTOGRAFIADA Y SU CONTENIDO DE COBRE DETERMINADO ESPECTROGRAFICAMENTE

los pozos Nos. 3, 4 y 11. Esfalerita se observó en la sección delgada de una muestra (IGM-80038) pero su presencia como trazas en otras áreas está sugerida por los resultados de los análisis espectrográficos de las muestras de rocas.

La capa o cobertura de material lixiviado tiene un espesor variable desde prácticamente cero en el cauce de las quebradas (véanse figs. 18 y 21), hasta 38 m en la parte alta del Cerro Pantanos (véase fig. 19). Se observa además que la lixiviación varía de un lugar a otro, bajo condiciones topográficas similares, pues en el sector Pegadorcito ha sido más intensa y ha llevado a la desaparición casi total de los sulfuros primarios en superficie.

Los minerales de oxidación reconocidos en el área son principalmente malaquita, crisocola y trazas de azurita, los cuales fueron observados más comúnmente en la quebrada Lanito y en tributarias de la quebrada Pegadorcito. Abundante limonita como relleno en bloques de brecha de fractura ("crackle breccia") se observó en el sector Pegadorcito y se presenta igualmente abundante en la parte superior (20 a 25 m) de los núcleos de los pozos Nos. 4 y 5.

De la información obtenida en las perforaciones y de las observaciones en superficie, parece que el proceso de enriquecimiento supergénico ha tenido poco desarrollo en el área Pantanos - Pegadorcito. Calcocina y covelina en forma de películas sobre los cristales de calcopirita y piritita se observan esporádicamente en afloramientos del sector de Pegadorcito y en núcleos y muestras de lodo de los pozos Nos. 3, 4, 5, 7 y 11; sin embargo, sólo se presentan en una zona más o menos continua en el pozo No. 3 hasta los 17 m y en el pozo No. 4 hasta los 20 m de profundidad.

ALTERACION

Siguiendo la nomenclatura comúnmente usada por varios autores (Meyer and Hemley, 1967; Lowell and Guilbert, 1970; Creasey, 1971) para definir las zonas de alteración asociadas con pórfidos cupríferos, en el área Pantanos-Pegadorcito se han reconocido alteraciones sericitica, argílica, propilitica y silicificación. La alteración potásica está muy pobremente desarrollada y sólo se ob-

servó en algunas rocas del pórfido tipo C en el sector Pegadorcito; la ocurrencias de venas de feldespato de potasio en el pozo No. 11 sugiere la presencia de este tipo de alteración a profundidad.

La alteración sericitica y en menor intensidad la argílica, ha afectado los pórfidos y preferencialmente al pórfido tipo A, presentándose en las zonas con más alto contenido de cobre. Se caracteriza por el reemplazamiento parcial a casi total de la plagioclasa por agregados finos de sericitita y minerales del grupo de las arcillas y reemplazamiento de los ferromagnesianos originales por mica blanca, la cual generalmente presenta piritita o calcopirita asociada. Donde esta alteración ha sido más intensa, los fenocristales de plagioclasa se confunden con la matriz y la roca se presenta como una mosaico de cuarzo y sericitita generalmente acompañados de sulfuros. Silicificación es más comúnmente observada en los pórfidos en los cuales se presentan venas de cuarzo que varían desde fracción de milímetro hasta varios centímetros de ancho; en núcleos de los pozos Nos. 3, 5 y 7 se observa además que la sericitización es más intensa cerca a las venas de cuarzo tanto mineralizadas como no mineralizadas.

La alteración propilitica ha afectado preferencialmente a la cuarzodiorita y al pórfido tipo B; se caracteriza por la alteración de los componentes máficos (hornblenda y biotita) a clorita, epidota y calcita; minerales del grupo de la epidota asociados con calcita se observan comúnmente en venas que cortan la cuarzodiorita.

PROSPECCION GEOQUIMICA

El muestreo geoquímico se efectuó a lo largo de quebradas y trochas las cuales fueron levantadas a paso y brújula debido a la carencia de un mapa base adecuado. Las transversas muestreadas en cada comisión se dibujaron sobre un plano escala 1:10.000. Las estaciones de muestreo quedaron marcadas sobre árboles con su correspondiente número de campo.

Con el fin de obtener la mayor información y un mejor control del área anómala, se tomaron cuatro tipos de muestras: roca en afloramientos, suelos de horizonte B, sedimentos finos y concentrados en batea. En las primeras etapas del muestreo se efectua-

ron varias transversas en las cuales se tomaron muestras de suelo hasta 2,4 m de profundidad y se colectaron muestras de agua de los arroyos para determinación de pH.

Todas las muestras colectadas fueron analizadas en los laboratorios centrales del INGEOMINAS para 33 elementos por el método espectrográfico semi-cuantitativo de seis etapas (Grimes y Marranzino, 1968). Se efectuó análisis para mercurio a 548 muestras de suelo empleando técnicas de absorción atómica (Vaughn, 1967).

En las primeras etapas del muestreo se efectuaron en el campo análisis de cobre extraíble en medio ácido frío (Canney and Hawkins, 1958) a muestras de roca triturada, suelos y sedimentos finos. Posteriormente solo las muestras de sedimentos finos continuaron siendo analizadas en el campo y sus resultados usados para la selección de los arroyos y quebradas que debían ser muestreadas en mayor detalle.

SEDIMENTOS FINOS

Las muestras fueron tomadas sobre quebradas mayores a intervalos de 200 a 500 m y en sus afluentes a una distancia de 10 a 20 metros aguas arriba de la confluencia, con lo cual se obtuvo una densidad promedio de 15 muestras por km².

Las muestras se tomaron en el canal activo de la quebrada y se tamizaron en mallas 10 ó 18. La gran mayoría de las muestras fueron analizadas en el campo para cobre extraíble en frío. Posteriormente se realizó el análisis espectrográfico de la fracción menos malla 80.

CONCENTRADOS DE BATEA

Las muestras de concentrados de batea se tomaron en las intersecciones de trochas con quebradas y en transversas a lo largo de quebradas mayores con espaciamiento aproximado de 500 m; en las confluencias se tomaron muestras tanto en la corriente principal como en las tributarias.

En el laboratorio, a las muestras colectadas se les removió la fracción magnética con imán de mano. Al resto se les hizo separación por bromoformo y la fracción pesada se analizó espectrográficamente.

ROCAS

En las partes planas del área se tomaron muestras de todos los afloramientos encontrados. Hacia los nacimientos de las quebradas, donde los afloramientos son en general más continuos, se colectaron muestras de esquiras a intervalos de 20 a 50 metros. Esporádicamente se tomaron muestras de rodados de roca, especialmente en las etapas iniciales del muestreo.

No se incluye en esta publicación el mapa de sitios de muestreo; éste se puede consultar en el Informe de Progreso No.1633 del INGEOMINAS.

Todas las muestras fueron estudiadas macroscópicamente para tratar de determinar el grado de meteorización, alteración y tipo de mineralización. Se seleccionaron muestras de roca para sección delgada y de cada una se conservó un fragmento como referencia. El resto de la muestra fue enviada a los laboratorios centrales donde, luego de trituradas y pulverizadas, la fracción menos malla 150 fue sometida a análisis espectrográficos.

SUELOS

Las muestras se tomaron del horizonte B a una profundidad de 50 a 70 cm, aunque en algunas transversas se tomaron muestras de suelo hasta 2,4 m de profundidad. Se colectaron un total de 1.190 muestras de suelo del horizonte B y 66 muestras de horizontes inferiores.

Las muestras fueron colectadas a intervalos de 100 a 200 metros a lo largo de trochas y quebradas. En este último caso, la muestra de suelo se tomó sobre una de las márgenes de la quebrada y a unos 10 m. del sitio de la muestra de sedimentos finos, tratando de evitar en esta forma cualquier contaminación con material fluvial.

RESULTADOS GEOQUÍMICOS

Los resultados geoquímicos para los cuatro tipos de muestras colectadas se presentan en la Tabla 4. Para la interpretación de los diferentes datos geoquímicos se utilizaron métodos estadísticos, y se calcularon los valores normal ("background") y umbral ("threshold") con base en las distribuciones de frecuencia.

ELEMENTO Y TIPO DE MUESTRA	VALORES EN PPM EN LOS DIFERENTES NIVELES DE DISTRIBUCION ⁽¹⁾				
	2%	5%	20%	50%	80%
Cu/Sedimentos Finos	1000	700	300	100	50
Cu/Concen. de Batea	1500	1000	200	70	30
Cu/Rocas	3000	2000	700	150	50
Cu/Suelos	1500	1000	500	150	70
Mo/Sedimentos Finos	10	7	N ⁽²⁾	N	N
Mo/Concen. de Batea	15	L5	N	N	N
Mo/Rocas	30	15	N	N	N
Mo/Suelos	20	10	N	N	N
Ag/Concen. de Batea	7	1,5	N	N	N
Ag/Rocas	1,5	0,7	N	N	N
Pb/Sedimentos Finos	15	10	L10 ⁽³⁾	N	N
Pb/Concen. de Batea	30	L10	N	N	N
Pb/Rocas	15	10	L10	N	N
Pb/Suelos	20	15	10	L10	N
Zn/Sedimentos Finos	200	N	N	N	N
Zn/Concen. de Batea	L200		N	N	N
Zn/Rocas	200	L200	N	N	N
Zn/Suelos	N	N	N	N	N

- 1) Un "nivel de distribución del 2%" significa que 2% del total de muestras contiene la cantidad que se indica, o más, del elemento en consideración.

Los valores indicados se han aproximado a los valores de detección usados en el análisis espectrográfico.

- 2) N indica no detectado.
3) L indica menor que.

TABLA 4. Distribuciones geoquímicas en el área de Pantanos - Pegadorcito.

La mediana o nivel distribución del 50% de cualquier conjunto de datos se consideró como el valor normal para ese conjunto. El valor umbral se consideró equivalente a 2,5 veces el valor normal y corresponde en general para el área Pantanos-Pegadorcito a un nivel de distribución cercano al 20%. Los valores que exceden al valor umbral se consideraron anómalos.

Para molibdeno, plata, plomo, y zinc se tomaron como anómalos los valores espectrográficos obtenidos ya que tales elementos fueron detectados sólo en un pequeño porcentaje (5 a 20%) de las muestras colectadas.

Los valores individuales de cobre en sedimentos finos, concentrados de batea, roca y suelo y los de molibdeno en roca y suelo fueron ploteados en mapas a escala 1:10.000, los cuales pueden ser consultados en el Informe de Progreso No. 1633 del INGEOMINAS.

DISTRIBUCION DEL COBRE

En el área Pantanos-Pegadorcito la mayor evidencia de anomalía se presenta en la distribución del cobre; este elemento se detectó en todos los tipos de muestras colectadas, encontrándose que su contenido es alto en gran parte de ellas.

ROCA

Se colectaron un total de 981 muestras de roca y en ellas se presenta el contenido más alto de cobre y el mayor rango de variación (fig. 9,A).

Las muestras con valores anómalos iguales o mayores de 700 ppm se presentan en dos zonas definidas (fig.10). La zona mayor está relacionada con el Cerro Pantanos y se encuentra entre el río Chontaduro (al este de la figura 10) y el río Amparradó, con longitud aproximada de 5,0 km y ancho promedio de 0,5 km; sin embargo la concentración de valores más elevados (mayores o iguales a 3.000 ppm) se encuentran en las cercanías del río Amparradó en la parte oeste y suroeste del Cerro Pantanos.

La segunda zona se encuentra al oeste del río Amparradó y aproximadamente 2 km al noroeste de la primera. Está localizada en las cabeceras de la quebrada Pegadorcito y tiene una longitud aproximada de 1 km en dirección noroeste-sureste y ancho de 500 m.

En esta zona los valores de cobre alcanzan hasta 10.000 ppm. La continuidad entre las dos zonas no es visible debido a la carencia de afloramientos, siendo necesario posteriores trabajos de campo para probar esta posibilidad.

Fuera de las dos zonas indicadas solo se encuentran algunos valores anómalos en la quebrada Aguasclaras y su tributaria, localizada al oeste de la quebrada Pegadorcito, y en quebradas que drenan el flanco norte del Cerro Pantanos.

SUELOS

Las muestras fueron tomadas en el horizonte B y analizada la fracción menos malla 80. Los resultados del análisis espectrográfico mostraron un rango de variación entre 5 y 2.000 ppm. En el histograma de la figura 9,B se muestra la distribución de estos valores y se observa un modo en 70 ppm.

En la distribución en superficie de los valores anómalos (fig. 11), iguales o mayores de 500 ppm, se observa que la zona de Cerro Pantanos es semejante a la resultante del muestreo de sedimentos finos, con los valores más altos concentrados hacia la parte sur del cerro. Esos valores (1000 a 2000 ppm) fueron detectados en la zona plana localizada en los alrededores del Pozo No. 1. La zona de la quebrada Pegadorcito es semejante a la resultante de rocas, encontrándose algunos valores anómalos en el afluente este de la quebrada Aguasclaras.

SEDIMENTOS FINOS

Se analizó espectrográficamente la fracción menos malla 80 de 1.502 muestras, detectándose cobre en el 99,5% de ellas. En este caso el rango de variación fue entre 5 y 2.000 ppm. En el histograma de la figura 9,C se observan modos en 70 y 300 ppm.

Considerando los valores iguales o mayores de 500 ppm como anómalos, la distribución en superficie difiere un poco de la que se observa en las rocas ya que en este caso los valores más altos se encuentran ligeramente desplazados hacia el sur en la parte correspondiente al Cerro Pantanos; en la quebrada Pegadorcito la anomalía coincide en términos generales con la dada por rocas, aunque como era de esperarse algunos valores altos aparecen desplazados aguas abajo.

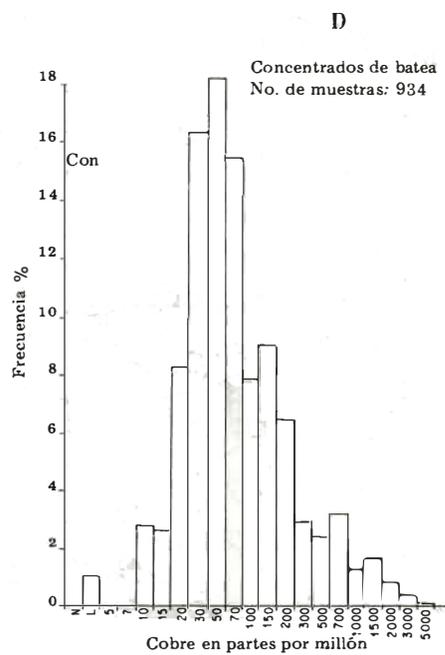
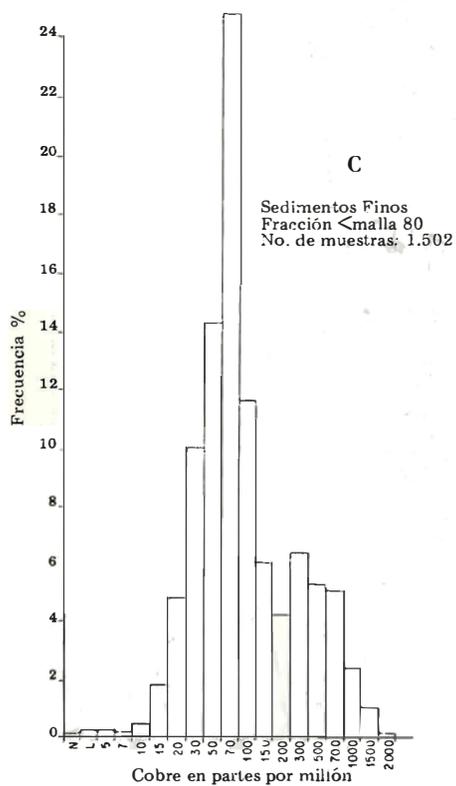
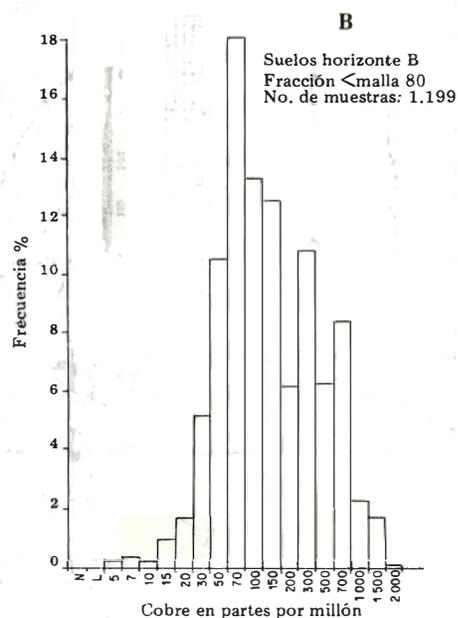
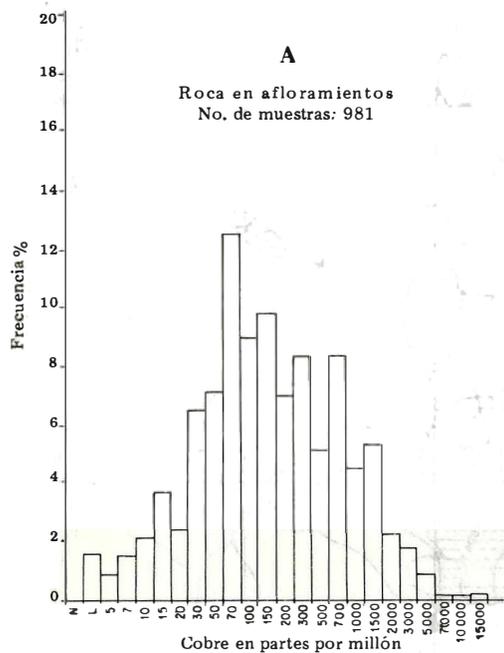


FIGURA 9. HISTOGRAMAS DE DISTRIBUCION DE COBRE EN EL AREA PANTANOS-PEGADORCITO.
RESULTADOS ESPECTROGRAFICOS

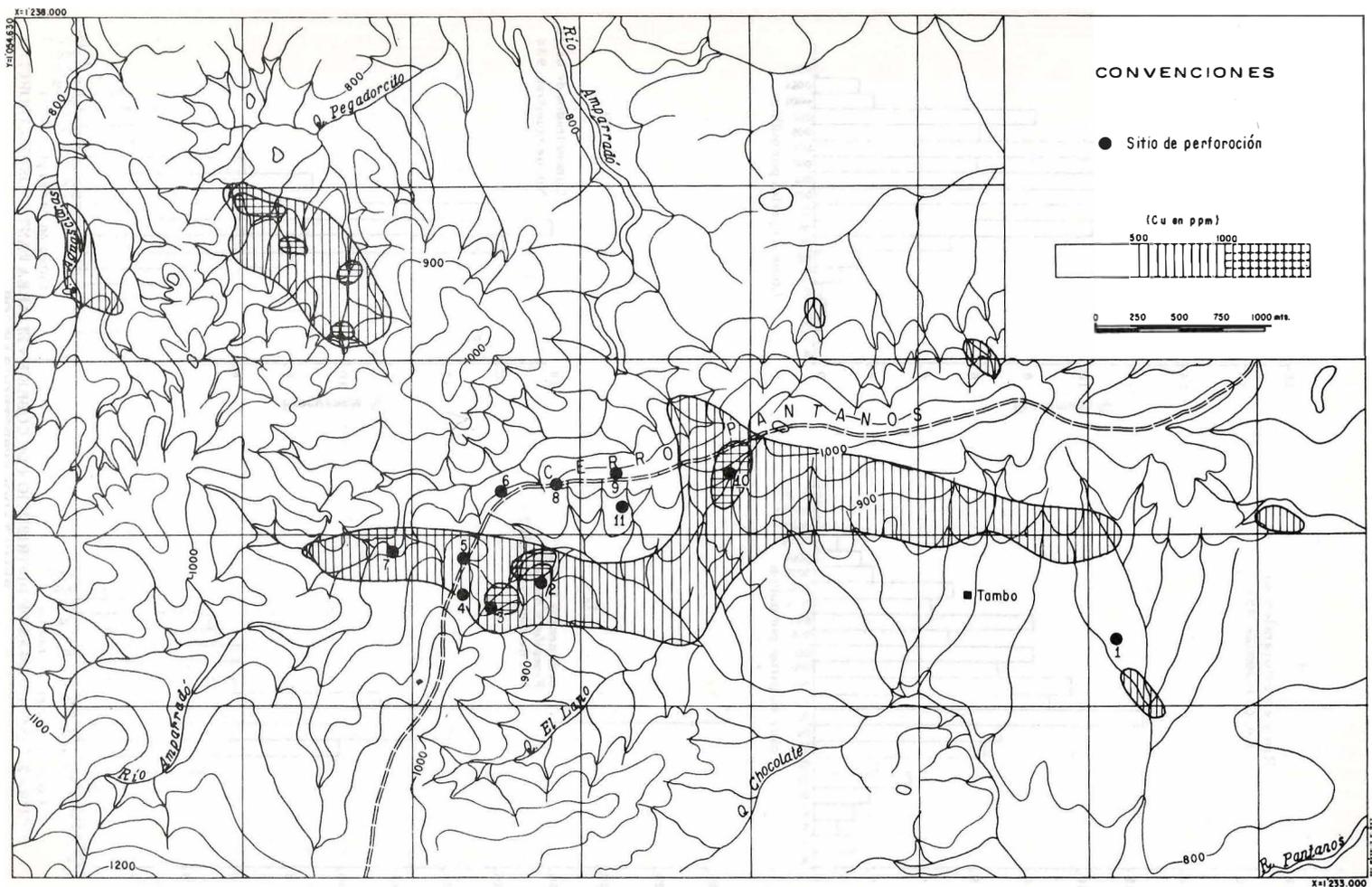


FIGURA 10. ANOMALIAS DE COBRE EN ROCAS

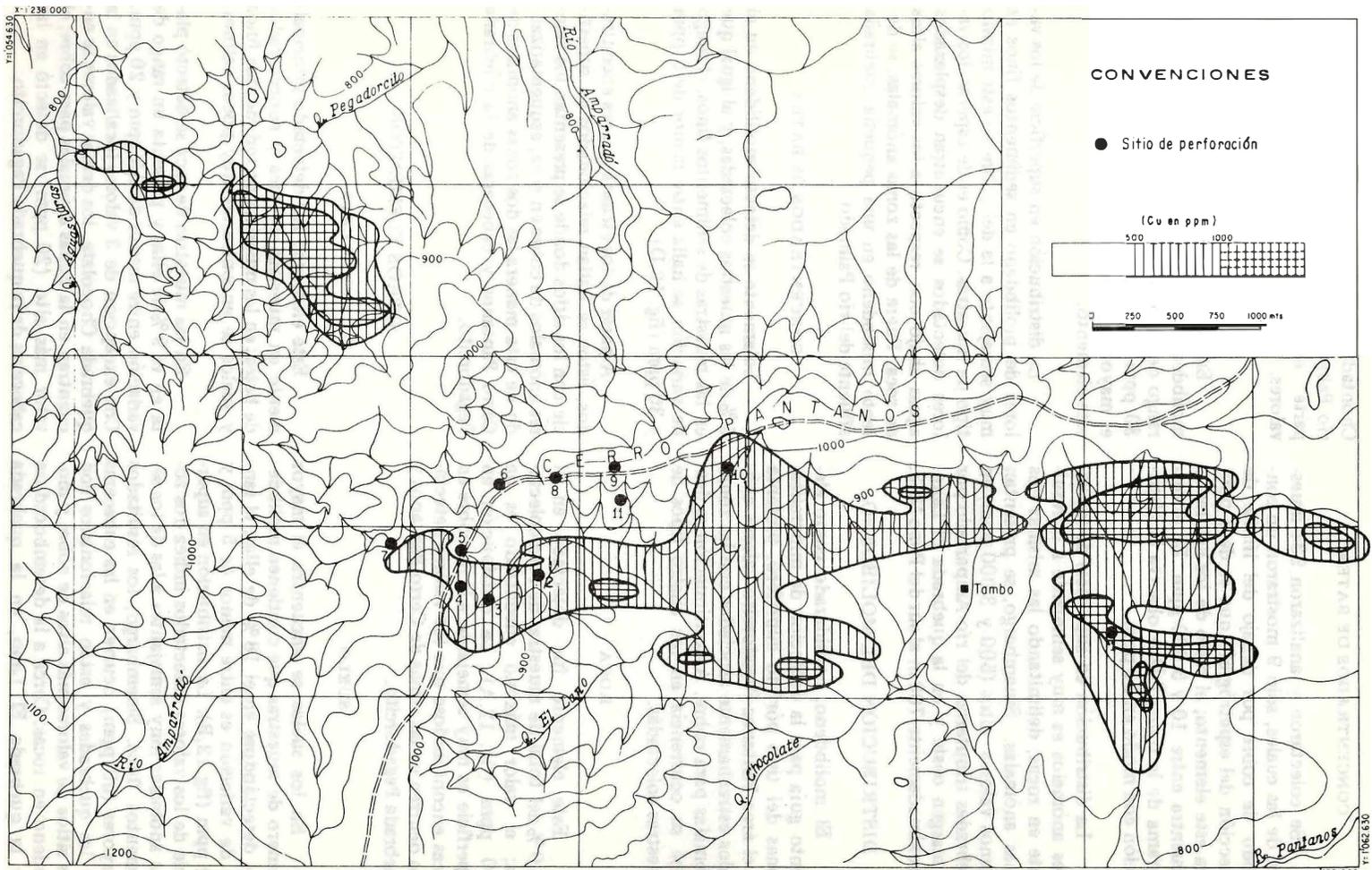


FIGURA 11. ANOMALIAS DE COBRE EN SUELOS

CONCENTRADOS DE BATEA

Se colectaron y analizaron 934 muestras, de las cuales, sólo 9 mostraron un contenido de cobre por debajo del límite de detección del espectrógrafo que es de 5 ppm para este elemento; el resto de los valores se encuentra entre 10 y 5.000 ppm. En el histograma de la figura 9,D se observa la distribución con modo en 50 ppm.

La distribución en superficie de los valores anómalos es muy semejante a la resultante en rocas, delimitando las mismas dos zonas anómalas. Sin embargo, se presentan algunos valores altos (500 y 3.000 ppm) en quebradas tributarias del río Amparradó por su margen oeste y en la quebrada El Lano, aproximadamente 700 m al sur del Pozo No.3.

DISTRIBUCION DEL MOLIBDENO

El molibdeno, considerado como elemento guía para la detección de mineralizaciones del tipo pórfido cuprífero, presenta en el área Pantanos-Pegadorcito valores anómalos estrechamente asociados con las zonas anómalas para cobre. A continuación se describe su ocurrencia en los cuatro tipos de muestras colectadas.

ROCA

Este elemento fue detectado en el 16,0% del total de muestras de roca colectadas; el valor máximo encontrado es de 300 ppm (fig. 12,A). La distribución en superficie es muy semejante a la de cobre en rocas encontrándose que los valores detectados ocurren en las zonas de Cerro Pantanos y quebrada Pegadorcito.

SUELO

En los suelos se encuentra el mayor número de muestras que contienen molibdeno, detectándose en el 18% de ellas; el rango de variación es entre menor de 5 ppm y 50 ppm (fig.12,B). La distribución en superficie de los valores detectados indica dos zonas anómalas muy semejantes a las de los sedimentos finos. Sin embargo, los resultados mayores (50 ppm) ocurren en las cabeceras de las quebradas y están relacionados con los sitios de valores más altos de cobre y molibdeno en rocas. Cerca a la desembocadura de la quebrada El Lano, en la quebrada

Chontaduro y en una quebrada afluyente del río Paimadó (por fuera de las figuras) en la parte este del área, se detectaron algunos valores.

SEDIMENTOS FINOS

En sedimentos finos sólo se detectó molibdeno en el 3% de las muestras con un rango de variación entre menor de 5 ppm y 30 ppm (fig. 12,C). En 5 ppm se encuentra el mayor número de muestras que contienen este elemento.

La distribución en superficie de los valores de molibdeno en sedimentos finos es muy semejante a la del cobre en este mismo tipo de muestras. Como es de esperar, los valores detectados se encuentran desplazados aguas abajo con respecto a los valores altos en roca. Fuera de las zonas anómalas, se detectó molibdeno en una pequeña quebrada afluyente del río Paimadó.

CONCENTRADOS DE BATEA

Solamente se detectó molibdeno en el 5% de las muestras colectadas, y al igual que en las muestras de sedimentos finos, el rango de variación se halla entre menor de 5 ppm y 30 ppm (fig. 12,D).

A pesar de los escasos valores encontrados, éstos se hallan relacionados en superficie con los sitios donde se presentan los valores anómalos de cobre en roca, esquematizando de esta manera las dos zonas anómalas de Cerro Pantanos y cabeceras de la quebrada Pegadorcito.

OTROS ELEMENTOS

PLATA

Este elemento fue detectado principalmente en muestras de roca y concentrados de batea; en las muestras de sedimentos finos y suelos se encontraron muy pocos valores.

En las muestras de roca se detectó plata en el 9% de ellas y presenta un rango de variación entre menor de 0,5 ppm y 20 ppm. Con excepción de 3 valores localizados en la quebrada Chocolate, los demás valores se encuentran en las zonas anómalas para cobre; el valor más alto (20 ppm) se detectó en las cabeceras de la quebrada Pegadorcito.

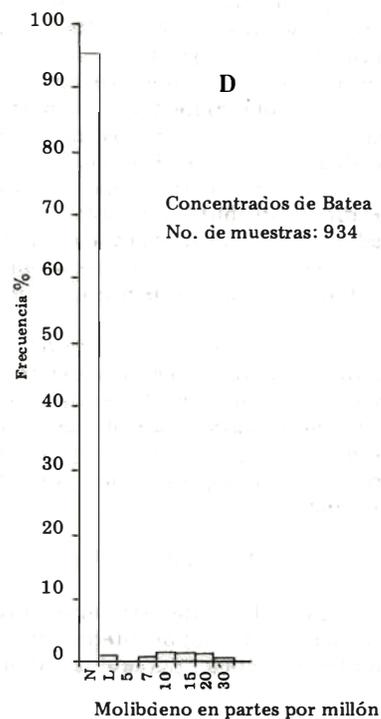
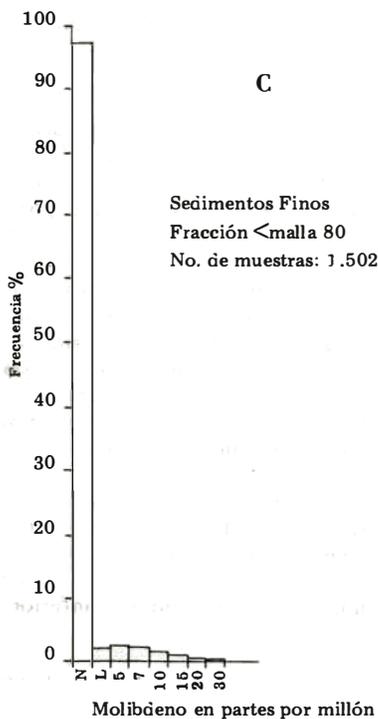
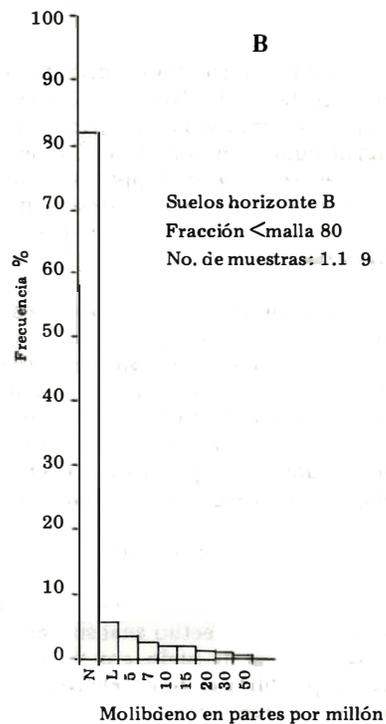
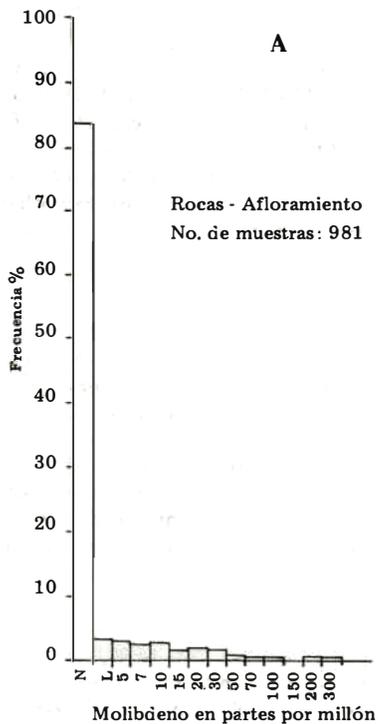


FIGURA 12. HISTOGRAMAS DE DISTRIBUCION DE MOLIBDENO EN EL AREA PANTANOS - PEGADORCITO. RESULTADOS ESPECTROGRAFICOS

En los concentrados de batea se encontró la plata en el 6% de las muestras y con el rango más amplio, entre 1 ppm y 30 ppm; el mayor número de valores (1,8% de las muestras) se presenta en 5 ppm. La distribución en superficie de estos valores es muy semejante a la del cobre en este mismo tipo de muestras.

En los sedimentos finos, la plata sólo fue detectada en el 0,5% de las muestras colectadas y presenta un rango de variación entre 0,5 ppm y 3 ppm. En el horizonte B de los suelos se detectó en el 1,8% de las muestras, con un rango de variación entre menor de 0,5 ppm y 7 ppm. Estos valores se hallan distribuidos irregularmente en toda el área.

MERCURIO

En las etapas iniciales del muestreo geoquímico se efectuó análisis para mercurio a las muestras de suelo, con miras a determinar su posible uso como elemento indicador de mineralizaciones.

Se analizaron 482 muestras de suelo correspondientes al horizonte B, las cuales mostraron un rango de variación entre menor de 0,06 y 0,55 ppm. De acuerdo con los resultados obtenidos no se encontró evidencia de halo de mercurio asociado con la mineralización del área Pantanos - Pegadorcito. En la parte sur-central se hicieron 24 perfiles de suelo (66 muestras) hasta una profundidad de 2,4 m en los cuales se nota un descenso abrupto en el contenido de mercurio a medida que es mayor la profundidad.

Se cree que el contenido relativamente "alto" de mercurio en las muestras de suelo más superficiales, puede ser debido a una interferencia causada por el mayor contenido de materia orgánica que es obvio en el horizonte B con respecto a los horizontes más profundos.

COBRE EXTRAIBLE EN FRÍO

Con el fin de establecer rápidamente los drenajes de mayor interés para ser muestreados en detalle, durante las labores iniciales de campo, se analizaron los sedimentos finos correspondientes a la fracción menos mallas 10 ó 18 por el método de cobre extraíble en frío (Canney and Hawkins, 1958). Los resultados obtenidos varían entre me or

de 1 y 240 ppm. En la figura 13 se observa que para el 99,1% de las muestras la relación entre cobre total determinado espectrográficamente y cobre extraíble en frío varía entre 100:1 y 10:1. La distribución de cobre extraíble en frío en sedimentos finos es similar a la del cobre total en rocas y en concentrados de batea.

PERFORACIONES

Debido a la intensa meteorización, combinada con los efectos de alteración y lixiviación, los afloramientos se encuentran restringidos a los cauces de las quebradas. En consideración a esta situación y con el fin de obtener información de aquellas zonas escasas en afloramientos y determinar la naturaleza y tenor de la mineralización en profundidad, se acordó adelantar un programa de perforaciones de exploración.

Las perforaciones con taladro de diamante se iniciaron en la zona de Pantanos en mayo de 1972 y se continuaron hasta agosto de 1973, cuando por cambios en la política del Ministerio de Minas debieron ser suspendidas. Se perforaron 11 pozos de ~~mediana~~ ^{superficial} profundidad para un total de 556 m (1822 pies) perforados.

Se empleó un taladro portátil Mark IX para la perforación de los pozos Nos. 1, 2, 3, 7, y 10, localizados en los cauces de las quebradas. Para la perforación de los pozos Nos. 4, 5, 6, 8, 9 y 11 se empleó un equipo Sprague & Henwood, modelo 37H. La localización de estos últimos pozos fue seleccionada con miras a determinar la posible presencia de mineralización en las partes altas del Cerro Pantanos, donde la intensa meteorización, lixiviación y ausencia de afloramientos hacían imposible su observación directa o su determinación por métodos geoquímicos.

La ubicación de los pozos se muestra en las figuras 5, 10 y 11. Debido a problemas técnicos y mecánicos, en los pozos Nos. 1 y 2 no se obtuvo recuperación de núcleos y fueron abandonados a profundidad inferior a los 5 m.

Los núcleos obtenidos fueron divididos en dos partes, una de las cuales se conserva como testigo en las oficinas del INGEOMINAS en Medellín y la otra fue analizada por espectrografía para 33 elementos. Los nú-

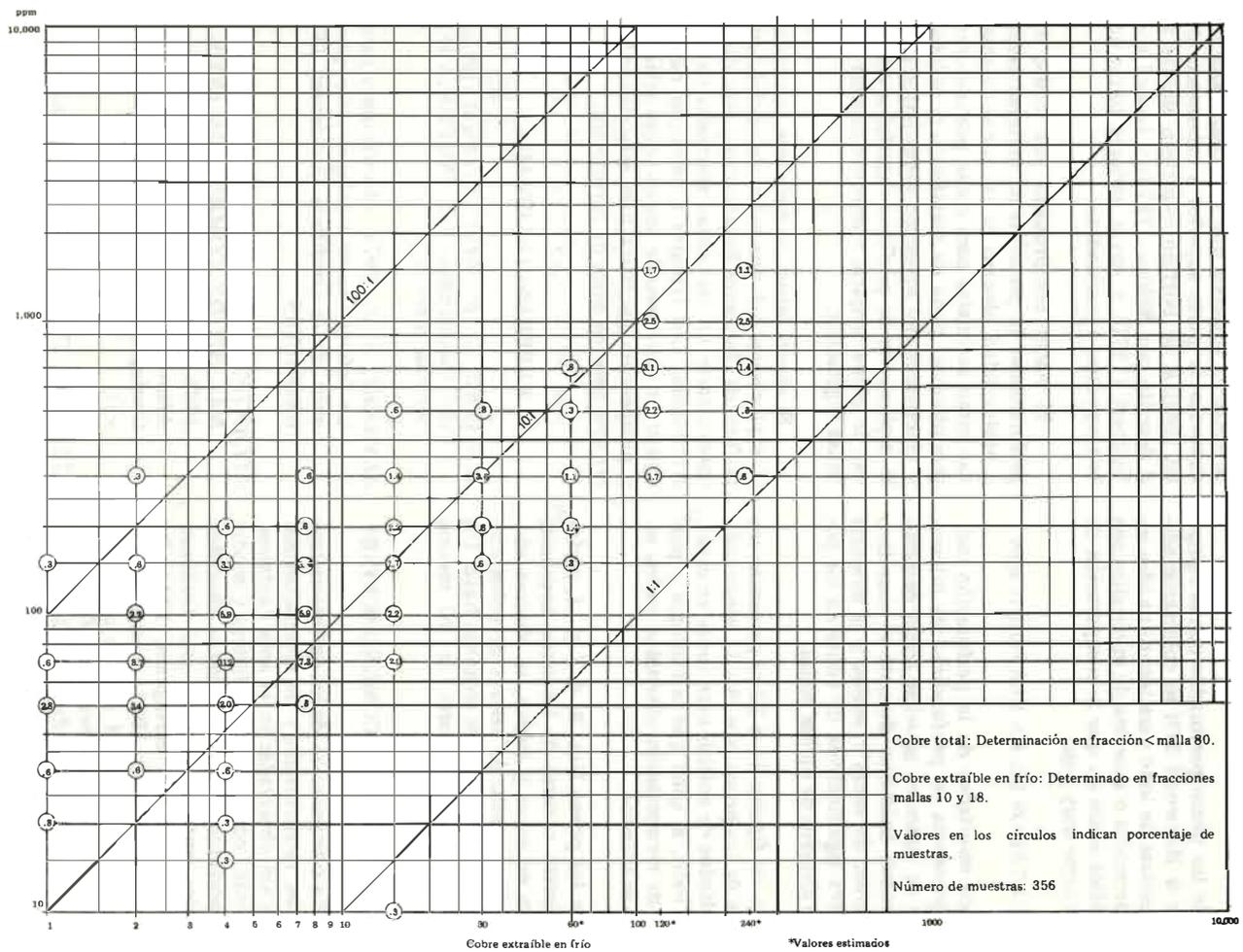


FIGURA 13. RELACION ENTRE EL CONTENIDO DE COBRE TOTAL Y COBRE EXTRAIBLE EN FRIO EN SEDIMENTOS FINOS

cleos que en este primer análisis mostraron valores de interés, fueron posteriormente analizados por absorción atómica para Cu, Pb, Zn, y por colorimetría para Mo.

En los pozos perforados con el equipo Sprague & Henwood 37H se colectaron además muestras de lodo para tener una idea sobre la presencia o ausencia de mineralización en aquellos casos en que la recuperación de núcleos fuese muy baja.

RESULTADOS DE LA PERFORACION

Los resultados de la perforación indican la presencia en profundidad de mineralización de cobre en aquellas zonas determinadas como anomalías durante el muestreo geoquímico e ocas y suelos y la ausencia de valores significativos de cobre en los pozos más alejados de dichas zonas.

En las figuras 14 a 22 se presentan los registros de los pozos Nos. 3 a 11 mostrando los resultados de análisis para cobre en muestras de lodo, al igual que la litología y porcentaje de recuperación obtenidos en los intervalos analizados.

En los pozos Nos. 3, 4, 7 y 11, perforados dentro o cerca de las zonas anomalías de cobre en rocas y suelos, se observa además un incremento de valores de cobre con la profundidad, los cuales alcanzan hasta 1% en profundidades menores de 90 metros (300 pies).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una comparación de las características litológicas, estructurales y de mineralización y alteración observadas en el área Pantanos-Pegadorcito, con las características y modelos de pórfidos cupríferos típicos descritos por varios autores (Lowell and Guilbert, 1970; Rose, 1970; Stringham, 1971; De Geoffroy and Wignall, 1972; Sillitoe, 1973) permiten concluir que el área en consideración presenta características muy favorables para el desarrollo de un depósito de pórfido cuprífero u o verdadero potencial queda aún por determinar.

Factores tales como la gran extensión de la anomalía geoquímica para cobre, presencia de piritita sobre una gran área, predominio de alteración sericitica, argilica y pro-

litica y la ausencia casi total de alteración potásica, desarrollo notable de brechas intrusivas y el aumento en el contenido de cobre con la profundidad en varios de los pozos perforados, sugieren que la erosión sólo ha expuesto la parte superior a intermedia de un sistema de pórfido cuprífero similar al descrito por Sillitoe (1973) y Lowell and Guilbert (1970) y cuyas mejores zonas deben esperarse a profundidad. 17)

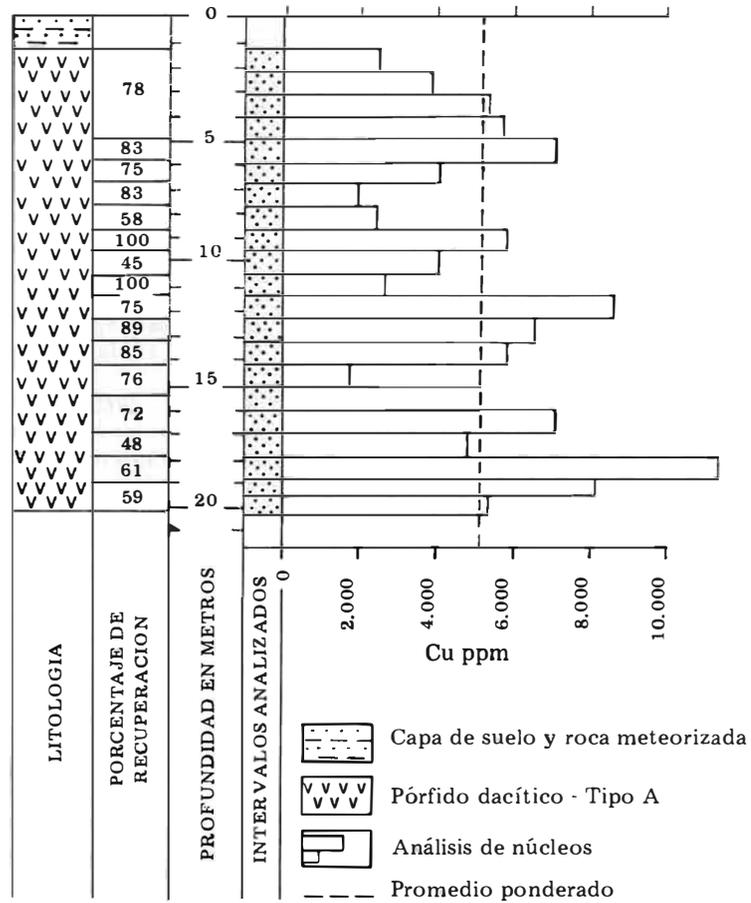
El haber comprobado por medio de perforaciones la presencia de mineralización a profundidad, dentro de las zonas detectadas como anomalías para cobre por métodos geoquímicos, pone de manifiesto la utilidad y efectividad del muestreo geoquímico para la exploración de pórfidos cupríferos en zonas de clima tropical húmedo cubiertas por densa vegetación.

Si en un futuro se decidiera continuar la exploración del prospecto de pórfido cuprífero de Pantanos-Pegadorcito, éste debe concentrarse en las zonas anomalías ya determinadas. Los trabajos a adelantar deben incluir un muestreo de suelos sobre retícula y prospección geofísica para seleccionar sobre esta base los sitios de perforación.

REFERENCIAS CITADAS

- ALVAREZ, G. E., 1971.- *Geología rcial del Cuadrángulo I-7. INGEOMINAS, Informe interno.*
- ALVAREZ, A. J., 1971.- *Anotaciones para un Informe sobre Geología y Geoquímica de la Cordillera Occidental. INGEOMINAS.*
- ATLANTIC-PACIFIC INTEROCEANIC CANAL STUDY COMMISSION (ICCS), 1968.- *Engineering Feasibility Studies, Atlantic-Pacific Interoceanic Canal, Geology, Final Report-route 25: Vol. I y II.*
- ATLAS DE COLOMBIA, 1967.- *Publicado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, p. 66.*
- BOTERO, A., G. y GARCES, G., H., 1935.- *Informe Geológico del Camino Bolívar-Quibdó: Minería, Vol. III, No. 28, p. 1884-1887.*

- CANNEY, F.C., and HAWKINS, D.B., 1958.- Cold Acid Extraction of Copper from Soils and Sediments, a Proposed Field Method: *Econ. Geol.*, Vol. 53, No. 7, p. 877-886.
- CASE, J.E., DURAN, S.L.G., LOPEZ, R.A., MOORE, W.R., 1971.- Tectonic Investigations in Western Colombia and Eastern Panama: *G.S.A., Bulletin*, Vol. 82, p. 2685-2712.
- CREASEY, S.C., 1971.- Hydrothermal Alteration: en *Titley & Hicks-Geology of the Porphyry Copper Deposits. South-Western North America: The University of Arizona Press, Tucson, Arizona*, p.51-74.
- DE GEOFFROY, J. and WIGNALL, T.K., 1972.- A Statistical Study of Geological Characteristics of Porphyry-Copper-Molybdenum Deposits in the Cordilleran Belt-Application to the Rating of Porphyry Prospects: *Economic Geology*, Vol. 67, p. 656-668.
- GRIMES, D.J., MARRANZINO, A.P., 1968.- Direc-Current Arc and Alternating Current Spark Emission Spectrographic Field Methods for the Semi-quantitative Analysis of Geologic Methods: *U.S. Geological Survey Circ. 591*, 6 p.
- IRVING, E.M., 1971.- La Evolución Estructural de los Andes más Septentrionales de Colombia: *Instituto Nacional de Investigaciones Geológico-Mineras, Boletín Geológico*, Vol. XIX, No. 2, p.48.
- KASSEM, T., 1972.- Mapa Fotogeológico Detallado - Area Pantanos, escala 1:50.000, INGEOMINAS.
- LEPELTIER, C., 1969.- A Simplified Statistical Treatment of Geochemical Data by Graphical Representation: *Econ. Geol.*, Vol. 64, p. 538-550.
- LOPEZ, R.A., CASE, J.E., DURAN, S.L.G., y ACOSTA, C.E., 1969.- Anomalías Gravimétricas y Magnetométricas en Correlación con la Sección Geológica Medellín-Quibdó (abs.): *Primer Congreso Colombiano de Geología, Bogotá, Agosto 1969*.
- LOWELL, J.D., and GUILBERT, J.M., 1970.- Lateral and Vertical Alteration-Mineralization Zoning in Porphyry Ore Deposits: *Economic Geology*, Vol. 65, p.373-408.
- MEYER, CH., and HEMLEY, J.J., 1967.- Wall Rock Alteration: Barnes, H.L., *Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits: New York, Holt, Rinehart and Winston, Inc.*, p. 166-235.
- MOSQUERA, M., F., ALVAREZ, E., 1971.- Informe Preliminar sobre la Geología de los Cuadrángulos I-7, J-7 y K-7: INGEOMINAS, Informe interno.
- NELSON, W.H., 1962.- Contribución al Conocimiento de la Cordillera Occidental. Sección Carretera Cali-Buenaventura: *Servicio Geológico Nacional, Boletín Geológico*, Vol. X, Nos.1-3, p. 81-108.
- ROSE, A.W., 1970.- Zonal Relations of Wall-rock Alteration and Sulfide Distribution at Porphyry Copper Deposits: *Economic Geology*, Vol.65, p.920-936.
- SILLITOE, R.,H., 1973.- The Tops and Bottoms of Porphyry Copper Deposits: *Economic Geology*, Vol. 68, p. 799-815.
- SPRY, A., 1969.- *Metamorphic Textures: Pergamon Press, Oxford*, p. 227-249.
- STANTON, R.L., 1972.- *Ore Petrology: McGraw Hill Book Company, New York*.
- STRINGHAM, B., 1971.- Igneous Rock Types and Host Rocks Associated with Porphyry Copper Deposits: en *Titley & Hicks - Geology of the Porphyry Copper Deposits. South Western North America: The University of Arizona Press, Tucson, Arizona*, p. 35-40.
- VAUGHN, W.W., 1967.- A Simple Mercury Vapor Detector for Geochemical Prospecting: *U.S. Geol. Survey Circ. 540*.
- WARD, F.N., NAKAGAWA, H.M., HARMS, T.F., and VANSICKLE, G.H., 1969.- Atomic Absorption Methods of Analysis Useful in Geochemical Exploration: *U.S. Geol. Survey Bull. 1289*, p.17.



Localización: Quebrada Lano. X = 1'234.550 Y = 1'057.450
 Elevación: 910 m
 Profundidad total: 20,2 m (Φ 9")
 Recuperación promedio de núcleos: 74 %

FIGURA 14. POZO No. 3 - PANTANOS. COBRE EN MUESTRAS DE NÚCLEOS. ANÁLISIS POR ABSORCIÓN ATÓMICA

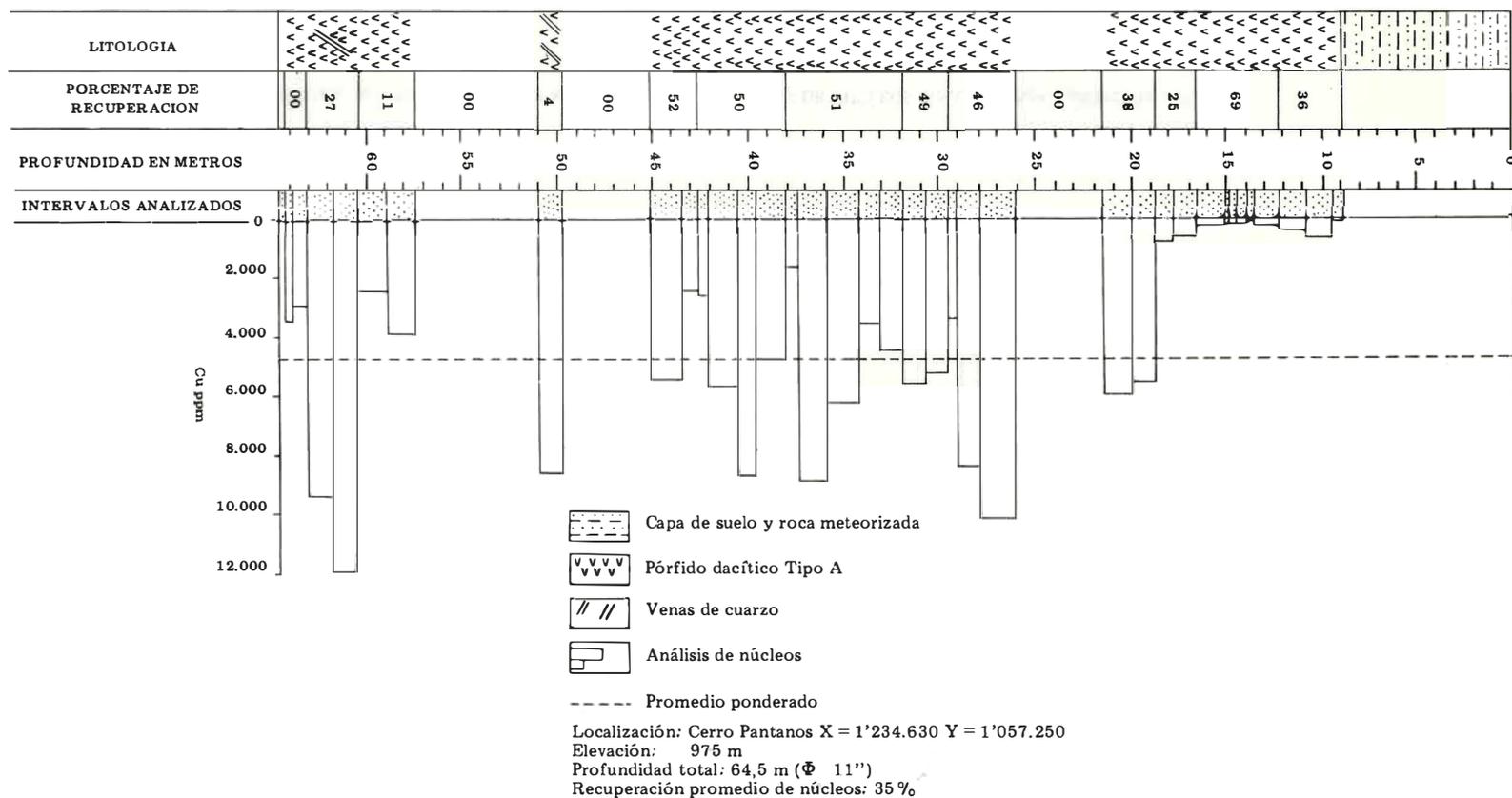


FIGURA 15. POZO No. 4 - PANTANOS. COBRE EN MUESTRAS DE NUCLEOS. ANALISIS POR ABSORCION ATOMICA.

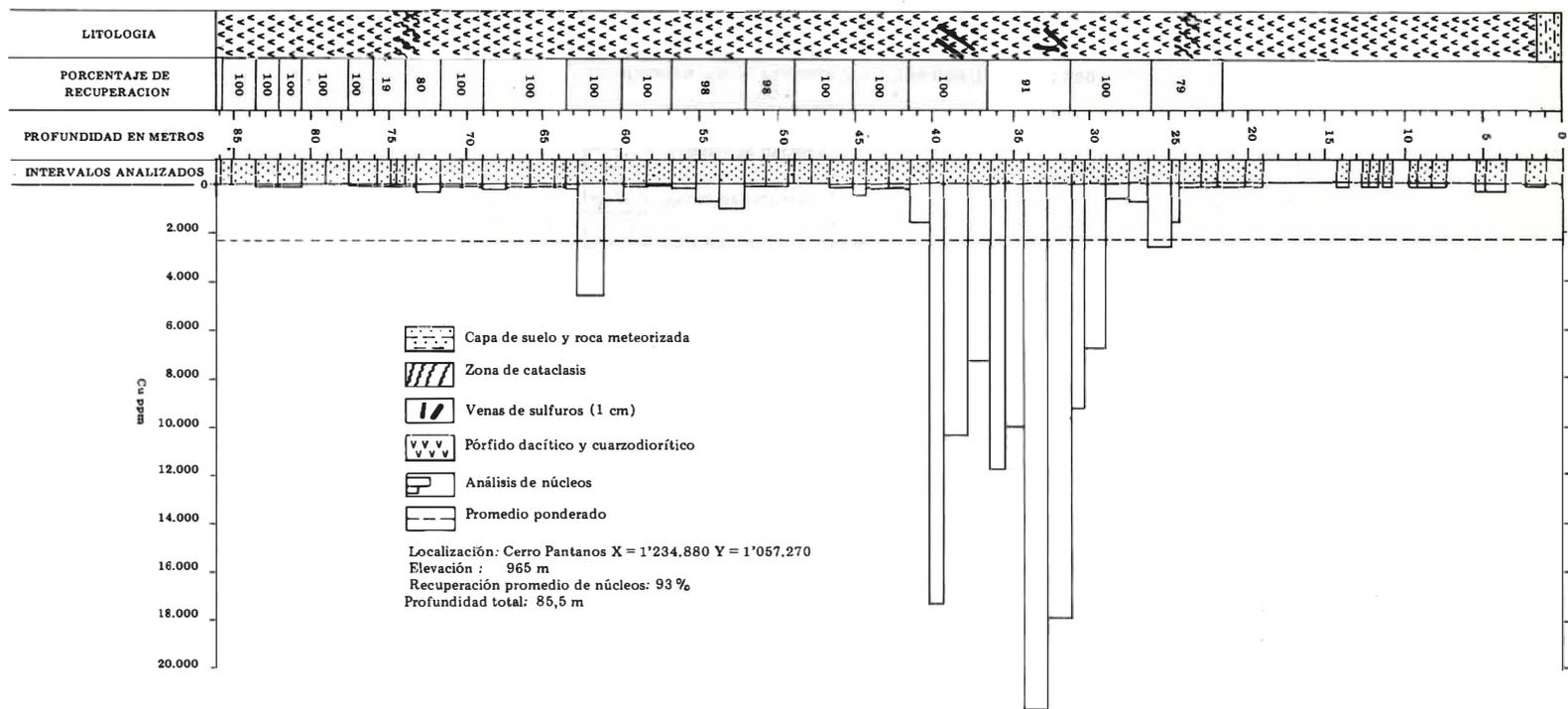
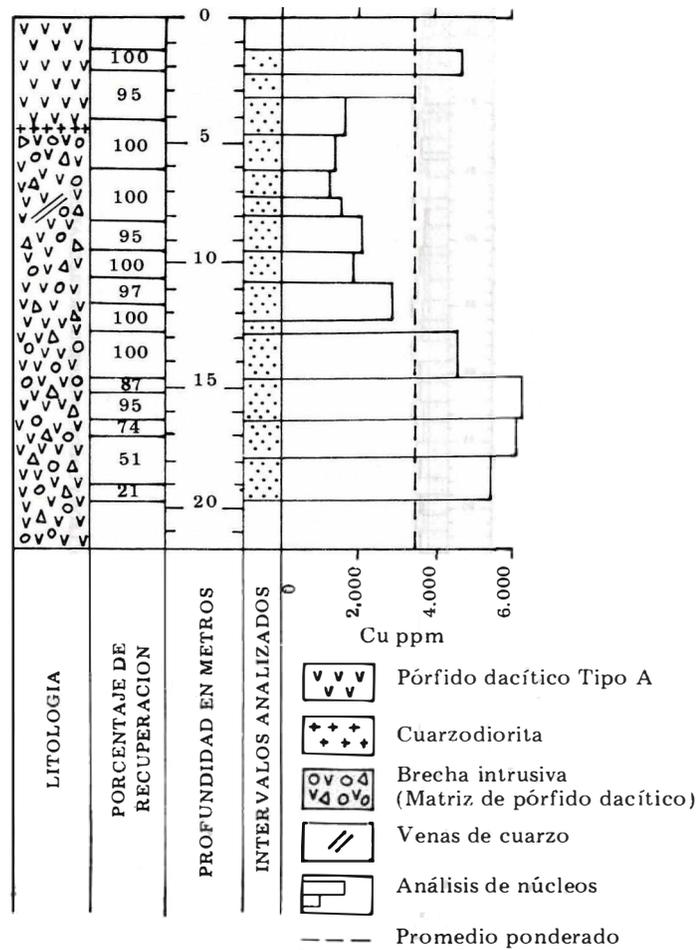


FIGURA 16. POZO No. 5 - PANTANOS. COBRE EN MUESTRAS DE NUCLEOS. ANALISIS POR ABSORCION ATOMICA.



Localización: Río Amparradó X = 1'234.950 Y = 1'056.870
 Elevación: 850 m
 Profundidad total: 19,5 m (Φ 5")
 Recuperación promedio de núcleos: 87%

FIGURA 18. POZO No. 7 - PANTANOS. COBRE EN MUESTRAS DE NUCLEOS. ANALISIS POR ABSORCION ATOMICA

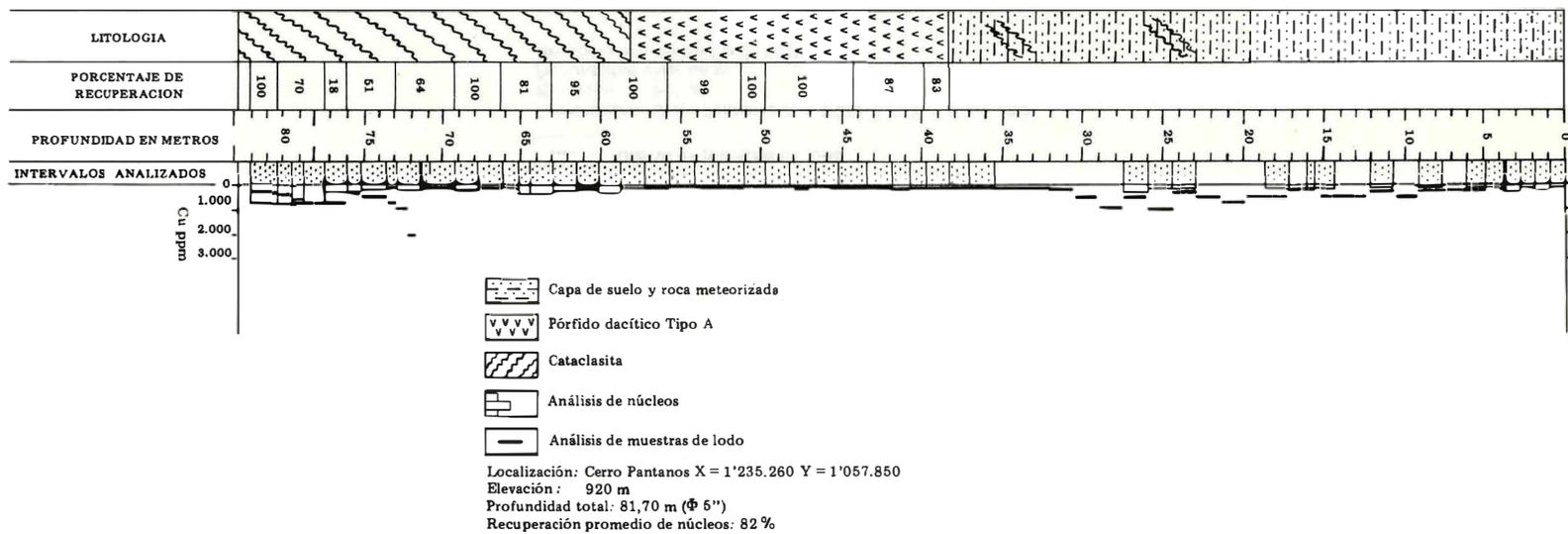


FIGURA 19.

POZO No. 8 - PANTANOS. COBRE EN MUESTRAS DE NUCLEOS Y LODOS.
ANÁLISIS ESPECTROGRÁFICOS

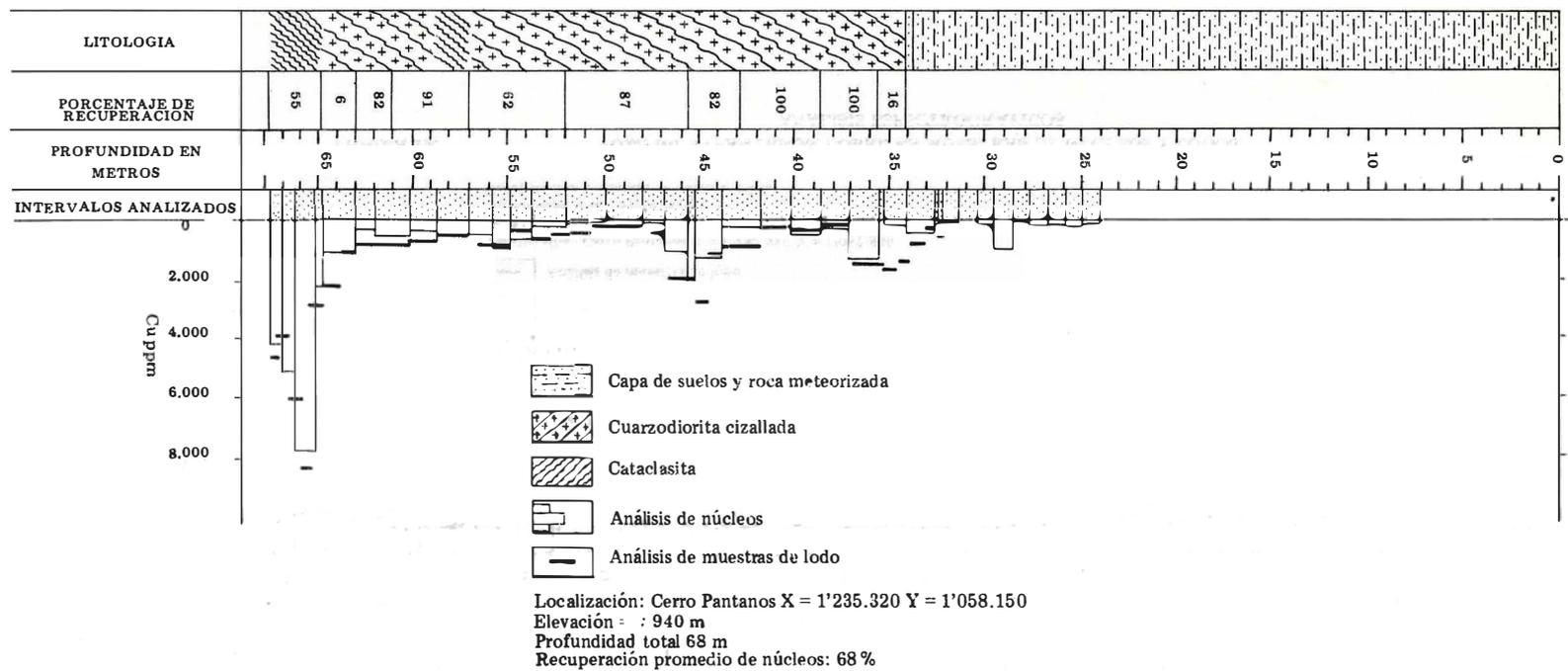
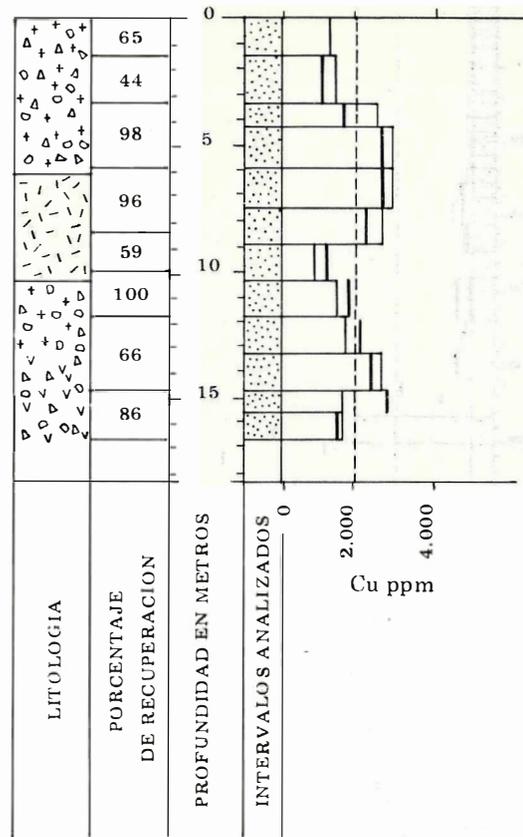


FIGURA 20.

POZO No. 9 - PANTANOS. COBRE EN MUESTRAS DE NUCLEOS Y LODOS.
ANÁLISIS POR ABSORCIÓN ATÓMICA



Localización: Tributaria de la Quebrada Lano
 X = 1'235.280 Y = 1'058.870
 Elevación: 900 m
 Profundidad total: 18 m (∅ 8")
 Recuperación de núcleos: 78

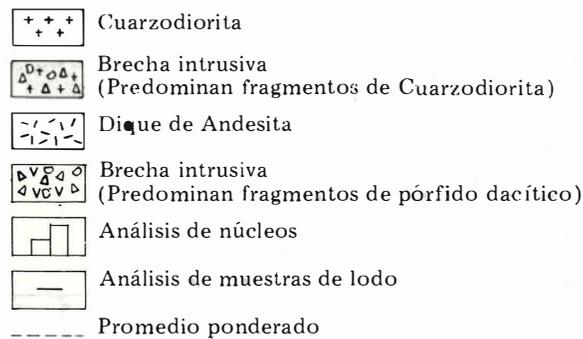


FIGURA 21. POZO No. 10 - PANTANOS. COBRE EN MUESTRAS DE NUCLEOS Y LODOS. ANALISIS POR ABSORCION ATOMICA.

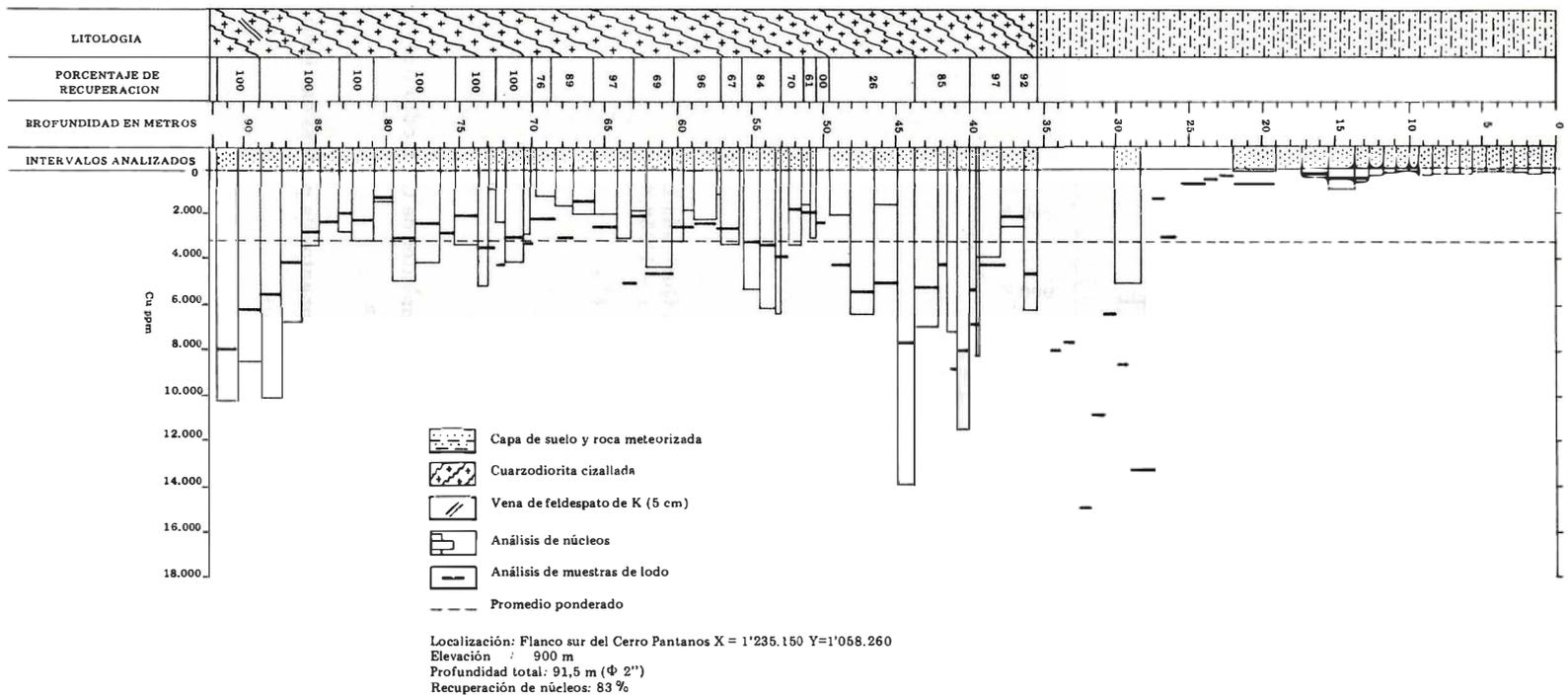


FIGURA 22.

POZO No. 11 - PANTANOS. COBRE EN MUESTRAS DE NUCLEOS Y LODOS
ANÁLISIS POR ABSORCIÓN ATÓMICA