

# BOLETIN GEOLOGICO



RECONOCIMIENTO REGIONAL PARA MINERALIZACIONES DE ORO DISEMINADO  
EN TRES ZONAS DE LOS DEPARTAMENTOS DE  
CALDAS, QUINDIO Y TOLIMA

Oscar H. Pulido U.

GEOLOGIA Y GEOQUIMICA DEL AREA DE SAN ANTONIO, CAJAMARCA, TOLIMA

Oscar H. Pulido U.

NOTA PRELIMINAR SOBRE LA EDAD DE LOS SEDIMENTOS TERCIARIOS  
DE LA ZONA DE ARARACUARA (AMAZONAS)

Carina Hoorn

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

INDICE GENERAL

	<u>Página</u>
O. Pulido U. Reconocimiento regional para mineralizaciones de oro diseminado en tres zonas de los departamentos de Caldas, Quindío y Tolima . . . . .	5 - 35
O. Pulido U. Geología y geoquímica del área de San Antonio, Cajamarca, Tolima.	37 - 84
C. Hoorn Nota preliminar sobre la edad de los sedimentos terciarios de la zona de Aracuara (Amazonas) . . . . .	85 - 95

Derechos Reservados por:  
INGEOMINAS: Instituto Nacional de Investigaciones Geológico - Mineras  
Diagonal 53 No. 34-53, Apartado Aéreo 4865  
Bogotá, 2, D.E., Colombia S.A.

El Boletín Geológico se publica en tres (3) número cada año.  
Formato de Publicación: 17 x 24 cm

Editor

ALBERTO VILLEGAS BETANCOURT

Geólogo

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

PROYECTO ORO DISEMINADO  
FASE I

RECONOCIMIENTO REGIONAL PARA MINERALIZACIONES DE ORO  
DISEMINADO EN TRES ZONAS DE LOS DEPARTAMENTOS DE  
CALDAS, QUINDIO Y TOLIMA, COLOMBIA

Informe 1947

Por :

OSCAR H. PULIDO U.  
Geólogo

1985

## CONTENIDO

	<u>Página</u>
RESUMEN . . . . .	7
ABSTRACT . . . . .	7
1. INTRODUCCION . . . . .	7
1.1. LOCALIZACION . . . . .	8
1.2. METODOS DE TRABAJO . . . . .	8
1.2.1. METODO DE CAMPO . . . . .	9
1.2.2. METODOS DE LABORATORIO . . . . .	9
1.3. AGRADECIMIENTOS . . . . .	10
2. ZONA NORTE . . . . .	10
2.1. SECTOR ARANZAZU - SALAMINA . . . . .	10
2.2. SECTOR VILLAMARIA . . . . .	14
3. ZONA SUR . . . . .	18
3.1. SECTOR SALENTO . . . . .	18
3.2. SECTOR CAJAMARCA . . . . .	18
4. ZONA ORIENTE . . . . .	22
5. CONCLUSIONES . . . . .	23
6. RECOMENDACIONES . . . . .	25
7. BIBLIOGRAFIA . . . . .	25

## FIGURAS

1. Proyecto oro diseminado. Fase I. Localización de zonas seleccionadas . . . . .	8
2. Proyecto oro diseminado. Fase I. Zona Norte: Mapa Geológico. . . . .	11
3. Proyecto oro diseminado. Fase I. Zona Norte: Principales mineralizaciones de Au - Ag - Hg conocidas. . . . .	12
4. Proyecto oro diseminado. Fase I. Zona Norte: Sector Aranzazu - Salamina. Anomalías de Hg - As - Sb en sedimentos activos, fracción fina . . . . .	13
5. Proyecto oro diseminado. Fase I. Zona Norte: Sector Aranzazu - Salamina. Localización de esquirlas de rocas . . . . .	15
6. Proyecto oro diseminado. Fase I. Zona Sur. Geología y localización de las mineralizaciones visitadas . . . . .	19
7. Proyecto oro diseminado. Fase I. Zona Oriente: Geología y localización de las mineralizaciones visitadas . . . . .	24

## TABLAS

1. Número de muestras de esquirlas de rocas analizadas y número de análisis realizados. Zona Norte. Sector Aranzazu - Salamina . . . . .	14
2. Localización geográfica de las mineralizaciones visitadas. Zona Norte. Sector Villamaría . . . . .	14

Página

3. Número de análisis solicitados para muestras de esquirlas de rocas. Zona Norte. Sector Villamaría . . . . .	16
4. Localización geográfica de las mineralizaciones visitadas. Zona Sur. Sector Salento . . . . .	20
5. Número de análisis solicitados para muestras de esquirlas de rocas. Zona Sur. Sector Salento . . . . .	20
6. Localización geográfica de las mineralizaciones visitadas. Zona Sur. Sector Cajamarca . . . . .	21
7. Número de análisis solicitados para muestras de esquirlas de rocas. Zona Sur. Sector Cajamarca . . . . .	21
8. Localización geográfica de las mineralizaciones visitadas. Zona Norte . . . . .	23

## ANEXOS

1. Datos estadísticos correspondientes a la Fase I del proyecto oro diseminado . .	27
2. Resultados analíticos: Zona Norte . . . . .	28
3. Resultados analíticos: Zona Sur . . . . .	32

\* \* \*

## RESUMEN

Tres zonas, localizadas en distintas regiones de los Departamentos de Caldas, Quindío y Tolima, se seleccionaron para adelantar en ellas una prospección regional (Fase I) orientada a detectar áreas específicas de interés para mineralizaciones de oro diseminado. Con base en la identificación de características geológicas favorables (ej: alteración hidrotermal, mineralización, fracturamiento) y en los resultados analíticos de 107 muestras de esquirlas de rocas, se determinaron varios sitios, aparentemente atractivos, que justifican la realización de estudios de detalle (Fase II).

San Antonio (Zona Sur, Sector Cajamarca), que corresponde a una brecha hidrotermal, y Gallinazo (Zona Norte, Sector Villamaría), relacionado a un stock subvolcánico argilizado, son los dos sitios que ofrecen mejores perspectivas. Otras localidades que presentan algunas posibilidades de éxito son: La Julia y San José (Zona Sur, Sector Cajamarca), Toldafría - California (Zona Norte, Sector Villamaría), y El Edén, Cuba y El Cóndor (Zona Sur, Sector Salento). Tanto en la Zona Oriente como en el Sector Aranzazu - Salamina (Zona Norte) no se detectaron áreas de alguna importancia para el propósito de este proyecto.

Se formulan recomendaciones generales, para la programación de los estudios detallados de superficie en el área de San Antonio.

## ABSTRACT

Three zones, located in different regions of Caldas, Quindío, and Tolima Departments, were selected to develop, on them, a reconnaissance program (Phase I), oriented to detect smaller areas of specific interest for disseminated gold ore deposits.

Based on identification of favorable geological features (e.g., hydrothermal alteration, mineralization, fracturing) and on analytical results of 107 rock-chip samples,

several interesting areas were encountered. The two most important localities are: San Antonio (South Zone, Cajamarca Sector), which is related to an hydrothermal breccia, and Gallinazo (North Zone, Villamaría Sector), which is related to an argillized subvolcanic stock. Other areas with some good possibilities are: La Julia and San Jose (South Zone, Cajamarca Sector), Toldafría-California (North Zone, Villamaría Sector), and El Edén, Cuba and El Cóndor (South Zone, Salento Sector).

General recommendations, for a detailed surface exploration program at San Antonio area, are mentioned.

## 1. INTRODUCCION

Dentro de las regiones productoras de oro en el territorio Colombiano, el Departamento del Tolima ha desempeñado un papel de relativa importancia, que se remonta a la época pre-colombina y a la llegada de los españoles. Desde ese entonces hasta nuestros días, el oro extraído en territorio tolimense proviene esencialmente de dos clases de mineralizaciones: de filón y de aluvión, que con pocas excepciones, han sido explotadas de manera rudimentaria y antitécnica.

Durante la última década, los precios halagadores del oro y los progresos en los métodos de exploración, explotación y beneficio de metales preciosos, han llevado a numerosas compañías mineras en otros países, a concentrar esfuerzos en la búsqueda de ciertos depósitos de oro, diferentes a los tradicionales de filón y de aluvión, conocidos como de "bajo tenor - gran tonelaje" o de "oro diseminado". Estos depósitos generalmente ofrecen condiciones favorables para ser trabajados por medio de métodos masivos de explotación, con las ventajas obvias que representa.

Aunque en la Cordillera Central de Colombia, no se han reportado hasta la fecha depósitos de oro diseminado, el marco geológico de varias regiones de dicha cordillera ofrece excelentes perspectivas para prospec-

tarlos con éxito. Pulido (1984) menciona algunas de estas regiones, ubicadas en los Departamentos de Tolima, Huila, Quindío, Caldas y Risaralda.

Conscientes de la importancia que para el país representaba detectar áreas promisorias específicas, para prospectar en ellas depósitos de metales preciosos de bajo tenor-gran tonelaje, se presentó a las directivas del INGEOMINAS, a través de la División de Geología Regional de la Oficina Regional de Ibagué, un proyecto para prospectar mineralizaciones de oro diseminado, en regiones de los Departamentos de Tolima, Caldas, Quindío y Risaralda (PULIDO, 1983). Este proyecto recibió la aprobación del Instituto.

El proyecto comprende dos fases: Fase I ó de reconocimiento, y Fase II ó de detalle. El propósito principal de la Fase I era detectar, dentro de las regiones aparentemente favorables, zonas con características de alteración hidrotermal y de mineralización, que justificasen estudios más avanzados. La Fase II tiene como objetivo principal, investigar en detalle la información geológica y geoquímica de superficie, en las zonas de interés encontradas durante la Fase I, para determinar si se justifica programar etapas de exploración geofísica y de perforación.

En este informe se describen los trabajos realizados y los resultados obtenidos en la Fase I —Reconocimiento— del proyecto oro diseminado, al tiempo que se plantean las recomendaciones generales para la programación de la Fase II —Detalle— del mismo proyecto. Los principales datos estadísticos correspondientes a la Fase I, se presentan en el Anexo 1.

### 1.1. LOCALIZACION

Las regiones seleccionadas para visitar durante la Fase I, se encuentran localizadas en los Departamentos de Caldas, Quindío y Tolima, dentro de tres zonas denominadas informalmente: norte, sur y oriente (Fig. 1). Para la selección de estas zonas se tuvo en cuenta la existencia previa de: mapa geológi-

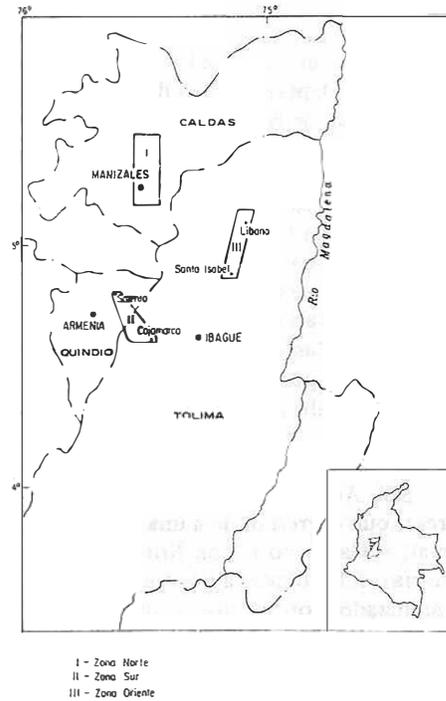


FIG. 1: Proyecto oro diseminado. Fase I. Localización de zonas seleccionadas.

co, conjunto litológico-estructural favorable, anomalías geoquímicas de metales preciosos o de sus elementos guías —pathfinders— y descripciones geológicas de minas activas y abandonadas de oro, plata, antimonio, arsénico y mercurio. Desafortunadamente, limitaciones de diversa índole impidieron cubrir los sitios seleccionados en su totalidad.

### 1.2. METODOS DE TRABAJO

Radtke and Dickson (1974), Berger and Eimon (1982), Bonham Jr. (1983), Jones (1983) y Sillitoe (1983) son, entre otros, autores que describen los principales rasgos geológicos de alteración hidrotermal y de mineralización de los depósitos auríferos de bajo tenor-gran tonelaje, al tiempo que proponen clasificaciones y subdivisiones según su posible génesis y recomiendan algunas guías para su exploración.

## 1.2.1. METODO DE CAMPO

Una vez analizada la información geológica, geoquímica y de mineralizaciones disponible para la mayor parte de las regiones escogidas, se seleccionaron y visitaron diferentes áreas, con el propósito de identificar criterios favorables de mineralización y adelantar un muestreo de esquirlas de rocas.

La observación en el campo se concentró en reconocer los diferentes tipos de roca, la existencia de fallas mayores, la intensidad del fracturamiento, la clase e intensidad de alteración hidrotermal (silicificación, argilización, sericitización, cloritización, potásica, etc.), y la presencia de ciertos minerales típicos de depósitos de oro diseminado (pirita, estibina, rejalgar, oropimente y óxidos de hierro entre otros).

Cada muestra de esquirlas de rocas cobre, en promedio, 5 a 8 m<sup>2</sup> de afloramiento y consiste en 4 a 5 kg de esquirlas, cuyo tamaño oscila entre 1 y 4 cm de diámetro. Ocasionalmente se tomaron muestras de micas y arcillas, para ser identificadas por medio de análisis de Rayos X.

## 1.2.2. METODOS DE LABORATORIO

Un total de 107 muestras de esquirlas de rocas fueron analizadas en el Laboratorio Químico del INGEOMINAS en Bogotá. De acuerdo con el químico A. Espinosa (comunicación escrita, 1984), las muestras, una vez tamizadas a malla -80 y cuarteadas, se sometieron a análisis para determinar oro-plata - arsénico - antimonio y en algunos casos análisis espectrográfico.

Para ellos, se decidió adoptar la técnica normalizada por Thomas (1976), de agua regia a 90°C, que sirve para solubilizar el contenido metálico, de interés geoquímico, presente en la muestra y permite cuantificar, entre otros elementos, la plata y el arsénico.

La plata se determina, en la solución de agua regia, empleando un equipo de absorción atómica Perkin Elmer, modelo 306 y llama de acetileno-aire, de acuerdo a las con-

diciones de funcionamiento recomendadas por el fabricante Elmer (ELMER, 1971).

El arsénico se cuantifica, en la solución de agua regia, siguiendo el procedimiento colorimétrico de Gutzeit, descrito por Stanton (1968), basado en la reacción de la arsina con el cloruro mercúrico para producir una una coloración amarilla.

La determinación de oro se efectúa utilizando un ataque modificado por Thomas (1976), del tradicional método descrito por Thompson, et al (1968), que consiste en añadir una pequeña cantidad de bromato potásico, para conseguir bromuro, que facilita el ataque y la extracción del oro en la Fase MIBK. Las muestras fueron calcinadas previamente a una temperatura de 700°C para descomponer los sulfuros. El oro se valora en la fase orgánica empleando un equipo de absorción atómica modelo 306 y llama de acetileno-aire de acuerdo con las condiciones instrumentales recomendadas por Elmer (1971).

El antimonio se determinó usando la técnica colorimétrica recomendada por Stanton (1968), que se basa en la reacción del antimonio pentavalente con Rodamina-B para formar un complejo de color rojo-violeta.

Los métodos para el control de los resultados analíticos se basan en:

1. Análisis duplicados por el mismo método.
2. Utilización de patrones internacionales.
3. Análisis de control para laboratorios exteriores.

Un total de 30 muestras de esquirlas de rocas y 3 de sedimentos activos fueron analizadas por espectrografía completa. El análisis espectrográfico es un método semicuantitativo que permite la determinación de elementos mayores y trazas. Su fundamento teórico se basa en la radiación producida por los elementos químicos, al ser excitados por un arco voltaico, la cual es impresa en una placa fotográfica, y medida y valora-

da de acuerdo con patrones debidamente establecidos.

Cinco muestras fueron analizadas por difracción de Rayos X e interpretadas en el Laboratorio Químico de la Oficina del INGEOMINAS en Medellín.

Los resultados analíticos correspondientes a las muestras analizadas, se presentan en los Anexos 2 y 3.

### 1.3. AGRADECIMIENTOS

El autor manifiesta sus agradecimientos a las Directivas del Instituto Nacional de Investigaciones Geológico - Mineras INGEOMINAS, por su aprobación para adelantar este proyecto.

Los análisis químicos fueron elaborados en la Subdirección de Investigaciones Químicas del INGEOMINAS, por los químicos Alvaro Espinosa y Alvaro Barato. Los análisis por difracción de Rayos X fueron realizados por el químico Antonio Gutiérrez, del INGEOMINAS, en Medellín.

Se agradece al geólogo Alberto Nuñez T., Director de la Oficina Regional de INGEOMINAS en Ibagué, su constante apoyo durante la realización de este proyecto y sus comentarios e insinuaciones durante la redacción del presente informe. También se agradece al auxiliar Rodrigo Marín T. su eficiente colaboración, durante las labores de campo.

Para la elaboración del presente informe, se contó con la cooperación de la dibujante Nora Hernández y de la Secretaria Argelia de Hoyos.

## 2. ZONA NORTE

La Zona Norte (I en Figura 1), cubre aproximadamente 825 km<sup>2</sup> del Departamento de Caldas y se extiende, en forma rectangular, desde unos 5 km al norte de la población de Salamina hasta unos 10 km al sur de la ciudad de Manizales (Fig. 2).

La geología regional generalizada de esta zona (Fig. 2), tomada de Mosquera (1978) y González et al. (1980), muestra dos ambientes favorables para prospeccionar, en ellos, mineralizaciones de oro diseminado: a) Depósitos asociados a rocas sedimentarias y metasedimentarias, carbonoso-calcáreas de la Formación Quebradagrande, preferencialmente cerca a donde estas rocas son afectadas por fallas de gran ángulo (Sector Aranzazu - Salamina), y b) Depósitos asociados a stocks subvolcánicos dacítico-andecíticos y sus rocas encajantes, principalmente al este y sureste de Manizales (Sector Villamaría).

Dentro de la Zona Norte se conocen varias minas, activas y abandonadas, de oro de filón y de venillas, principalmente al este y sureste de Manizales, y la mina abandonada de mercurio de la Nueva Esperanza, al norte de Aranzazu (Fig. 3).

### 2.1. SECTOR ARANZAZU -SALAMINA

La Formación Quebradagrande (BOTERO, 1963) está compuesta por dos miembros, uno esencialmente sedimentario y otro volcánico; su edad va del Cretáceo inferior al Cretáceo superior (GONZALEZ, 1980). Mosquera (1978), en la descripción de la litología del Cuadrángulo K-8, utiliza el nombre de "Complejo Metasedimentario Volcánico de Aranzazu - Manizales", dado por Lozano et al. (1976), para la misma secuencia, al norte de Salento (Quindío). En este trabajo se utiliza el nombre de Formación Quebradagrande, concentrando la atención en el miembro sedimentario.

El miembro sedimentario de la Formación Quebradagrande, de acuerdo con los autores citados presenta, por zonas, un dominio de shales y lutitas carbonosas, líticas y bancos de caliza negra y chert negro. Los shales y las lutitas son rocas ricas en materia orgánica y en su mayor parte presentan efectos de metamorfismo dinámico. Numerosas fallas de gran ángulo afectan estas rocas, especialmente en los alrededores de la población de Aranzazu (MOSQUERA, 1978).

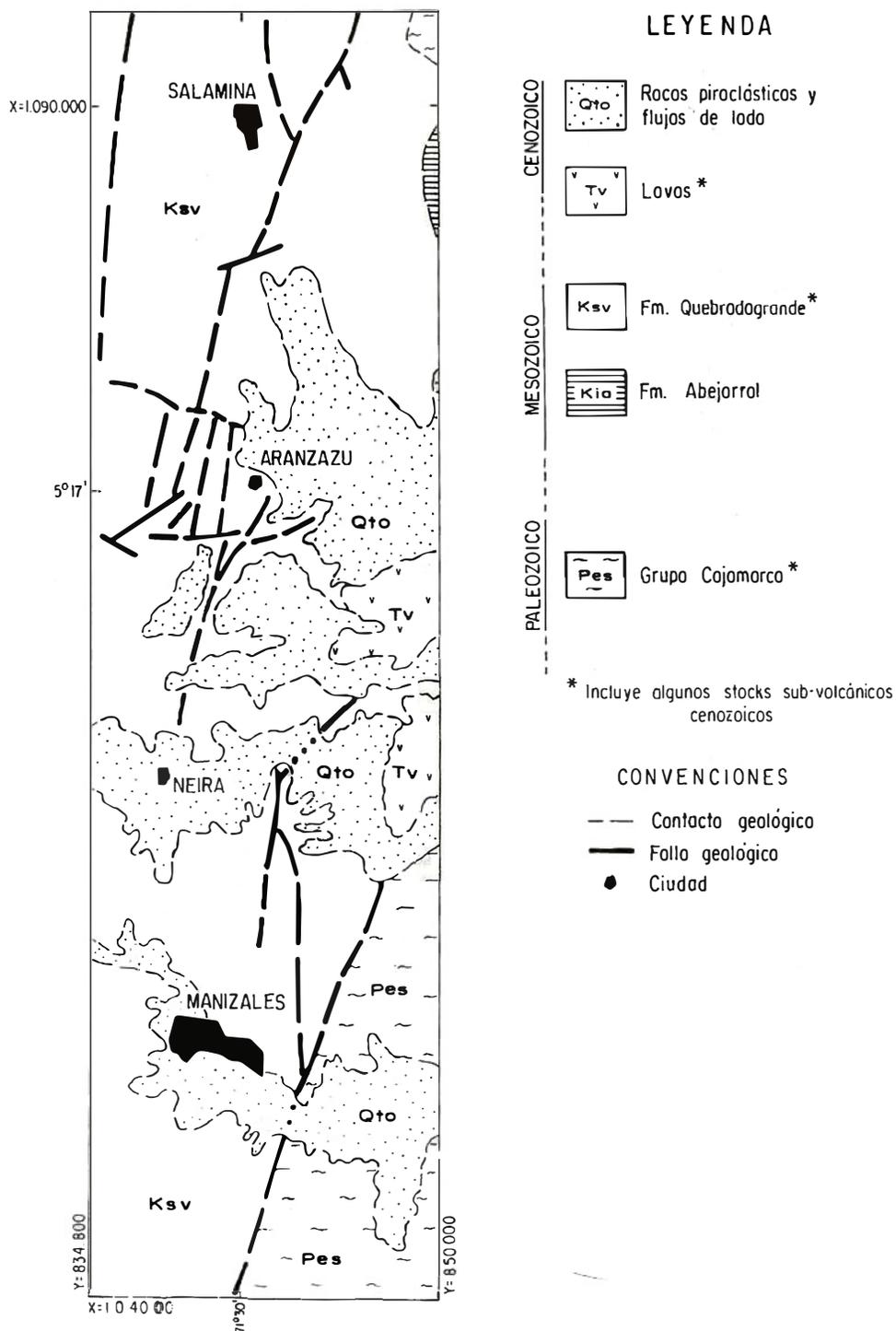
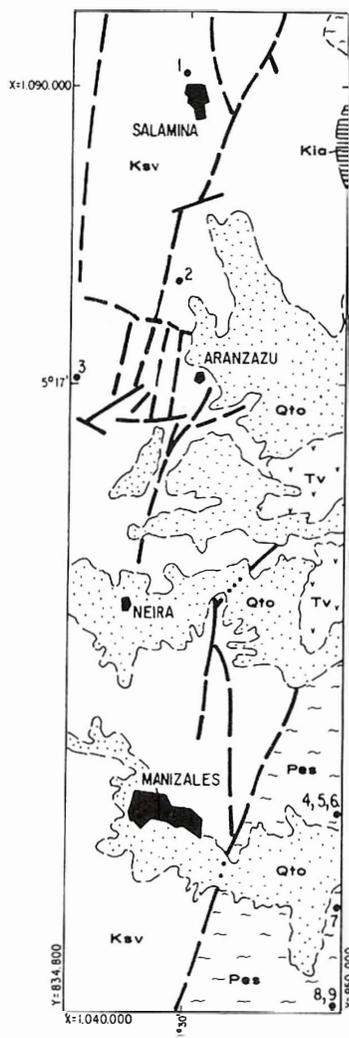


FIG. 2: Proyecto oro diseminado. Fase I Zona Norte: Mapa Geológico. Simplificado de MOSQUERA (1978) y GONZALEZ et al. (1980).



- 1 - El Corozo, Ag (Prospecto, filón)
  - 2 - Nuevo Esperanza, Hg (Mina abandonada relleno de fracturas)
  - 3 - Balmoral, Hg (Prospecto, relleno de fracturas)
  - 4 - Cascada, Au (Mina abandonada, filón)
  - 5 - La Coqueta, Au (Mina activa, filón)
  - 6 - Palmitas, Au (Mina activa, filón)
  - 7 - Gallinazo, Au (Mina activa, filón, stockwork, disseminación)
  - 8 - Toldafria, Au (Mina activa, filones)
  - 9 - California, Au (Mina activa, filones)
- Localización según López (1971)

Nota: Para la leyenda y convenciones ver la Figura 2

1. El Corozo, Ag (Prospecto, filón).
2. Nueva Esperanza, Hg (Mina abandonada, relleno de fracturas).
3. Balmoral, Hg (Prospecto, relleno de fracturas).
4. Cascada, Au (Mina abandonada, filón).
5. La Coqueta, Au (Mina activa, filón).
6. Palmitas, Au (Mina activa, filón).
7. Gallinazo, Au (Mina activa, filón, stockwork, disseminación).
8. Toldafria, Au (Mina activa, filones).
9. California, Au (Mina activa, filones).

NOTA: Para la leyenda y convenciones ver la Fig. 2.

FIG. 3: Proyecto Oro disseminado. Fase I. Zona Norte: Principales mineralizaciones de Au - Ag - Hg conocidos. Localización según LOPEZ (1971).

Estudios de geoquímica regional y detallada alrededor de la mina La Nueva Esperanza (LOZANO et al, 1979), detectaron anomalías positivas de mercurio, arsénico y antimonio, a partir de muestras de sedimentos activos, fracción fina (Fig. 4). Estos elementos son guías (pathfinders) típicos de mineralizaciones de oro disseminado tipo Carlin (Carlin type).

La descripción petrográfica, de 10 secciones delgadas, de los shales del miembro sedimentario de la Formación Quebradagrande, en los alrededores de las poblaciones de Salamina y Aranzazu, dice: "Estas rocas presentan concentraciones no mayores de 10% de cuarzo y plagioclasa en forma de granos pequeños embebidos erráticamente en una matriz compuesta esencialmente por arcilla y grafito, con cantidades variables de calcita. Como minerales accesorios se encuentran cristales de piritita" (LOZANO et al, 1979, p. 129).

Las características geológicas antes descritas permiten definir el miembro sedimentario de la Formación Quebradagrande, en el Sector Aranzazu - Salamina, como una unidad aparentemente favorable para prospectar depósitos de oro disseminado tipo Carlin. Estas características se pueden resumir así: presencia de rocas sedimentarias carbonoso-calcáreas, piritosas, de grano fino y afectadas por fallas de gran ángulo; existencia de mineralizaciones de Hg y de drenajes anómalos para Hg, As y Sb, en sedimentos

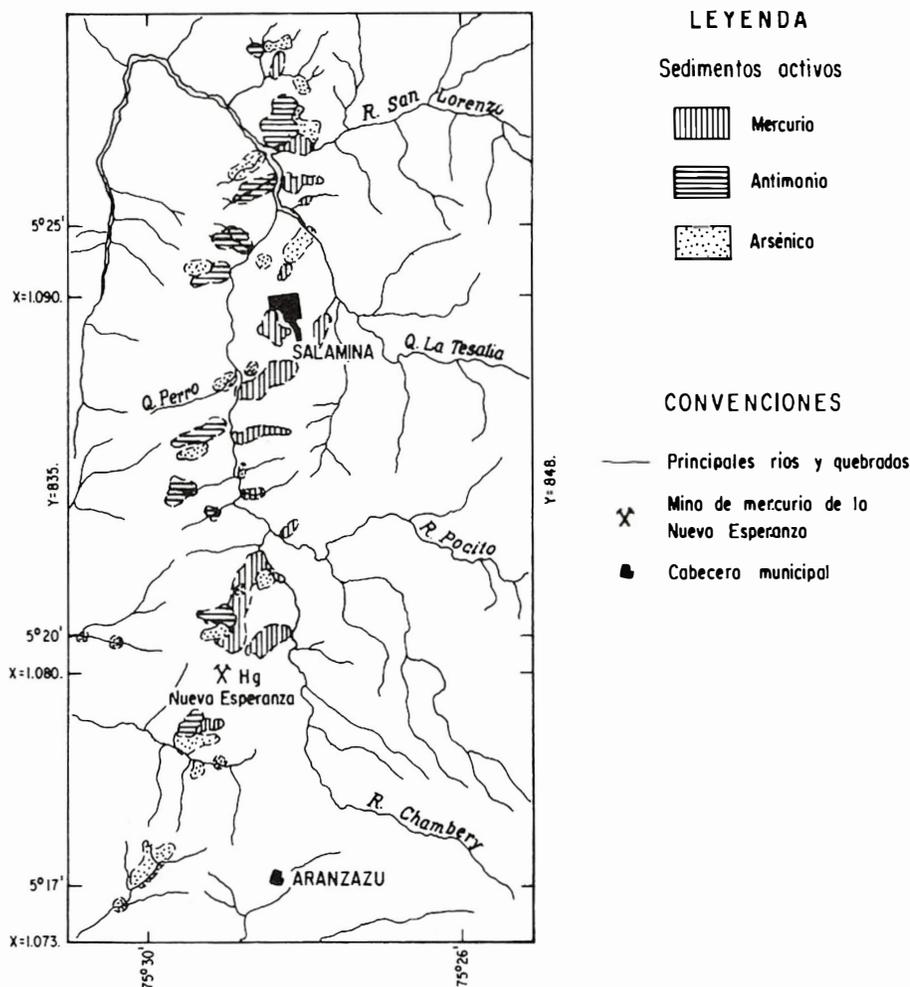


FIG. 4: Proyecto oro diseminado. Fase I. Zona Norte, sector Aranzazu - Salamina. Anomalías de Hg - As - Sb en sedimentos activos, fracción fina. Simplificado de LOZANO et al. (1979).

activos; y presencia de stocks subvolcánicos cenozoicos relativamente cerca.

En el muestreo de esquirlas de rocas, se dio especial importancia a afloramientos en o cerca de las zonas de falla, con rocas que presentasen pirita diseminada, algo de silicificación, presencia de carbonatos, algún contenido de material carbonoso, y anomalía de color debida principalmente a óxidos de hierro.

De las 55 muestras de esquirlas de rocas colectadas, 44 fueron enviadas al laboratorio, obteniéndose 97 análisis según se explica en la Tabla 1.

La Figura 5 indica la localización de las muestras analizadas, dentro del miembro sedimentario de la Formación Quebradagrande, en el Sector Aranzazu - Salamina. Debido a la ausencia de buenos afloramientos y a la existencia de rocas aparentemente no favorables para la mineralización buscada, 15 sitios más, previamente seleccionados, no fueron investigados.

Debido al reducido número de análisis realizados para Au - As - Sb, y a los bajos valores reportados, no se justificó adelantar cálculos estadísticos, para determinar valores normal (background) y umbral (threshold). El Anexo 2-I presenta los resultados analíticos correspondientes.

TAB. 1: Número de muestras de esquirlas de rocas analizadas y número de análisis realizados. Zona Norte, Sector Aranzazu - Salamina.

ANÁLISIS SOLICITADO	No. DE MUESTRAS	No. DE CAMPO*
Espectrografía completa	5	1 al 5
Abs. Atómica (Au), colorimetría (As, Sb)	19	6 al 24
Abs. Atómica (Au), colorimetría (As)	14	25 al 38
Abs. Atómica (Au), colorimetría (Sb)	1	39
Ab. Atómica (Au)	<u>5</u>	40 al 44
Total muestras analizadas	44	

TIPO DE ANÁLISIS	No. DE ANÁLISIS REALIZADOS	LÍMITE DE DETECCIÓN (EN ppm)
Espectrografía completa	5	—
Abs. Atómica para Au	39	0,01
Colorimetría para As	33	1,00
Colorimetría para Sb	<u>20</u>	1,00
Total	97	

NOTA: No se analizó Hg por falta de método analítico confiable.

\* Para su localización, ver Fig. 5.

Los valores detectados, en ppm, oscilan así: para oro, entre  $< 0,01$  (15 muestras) y 0,1 (1 muestra); para arsénico, entre  $< 1,0$  (2 muestras) y 32 (1 muestra); y para antimonio, entre 1,0 (3 muestras) y 7,0 (1 muestra). Estos valores se consideran de poca importancia y no justifican estudios adicionales; por tanto, se descarta la posibilidad de encontrar en este Sector, al menos en los alrededores de los sitios muestreados, áreas específicas de interés para prospectar depósitos de oro diseminado tipo Carlin.

## 2.2. SECTOR VILLAMARIA

Al este y sureste de Manizales, rocas metamórficas del Grupo Cajamarca y stocks subvolcánicos, de composición ácida a intermedia, hospedan mineralizaciones de oro en filón y en venillas. Las mineralizaciones visitadas en este sector y que, junto con otras, son descritas por López (1971), se conocen con los nombres de Cascada, La Coqueta, Palmitas, Gallinazo, Toldafría y California (Tabla 2 Figura 3, No. 4 a 9). Algunos afloramientos

TAB. 2: Localización geográfica\* de las mineralizaciones visitadas. Zona Norte, Sector Villamaría.

MINA	COORDENADAS ( m )		ALTURA s.n.m. ( m )
	X	Y	
Cascada	1.050.400	852.250	2.695
La Coqueta	1.050.150	852.100	2.710
Palmitas	1.049.320	852.550	2.810
Gallinazo	1.046.400	850.930	2.380
Toldafría	1.038.140	849.090	2.940
California	1.039.500	850.250	2.790
Termales <sup>†</sup>	1.041.100	855.700	3.450

\* Tomada de López (1971)

<sup>†</sup> Manifestación

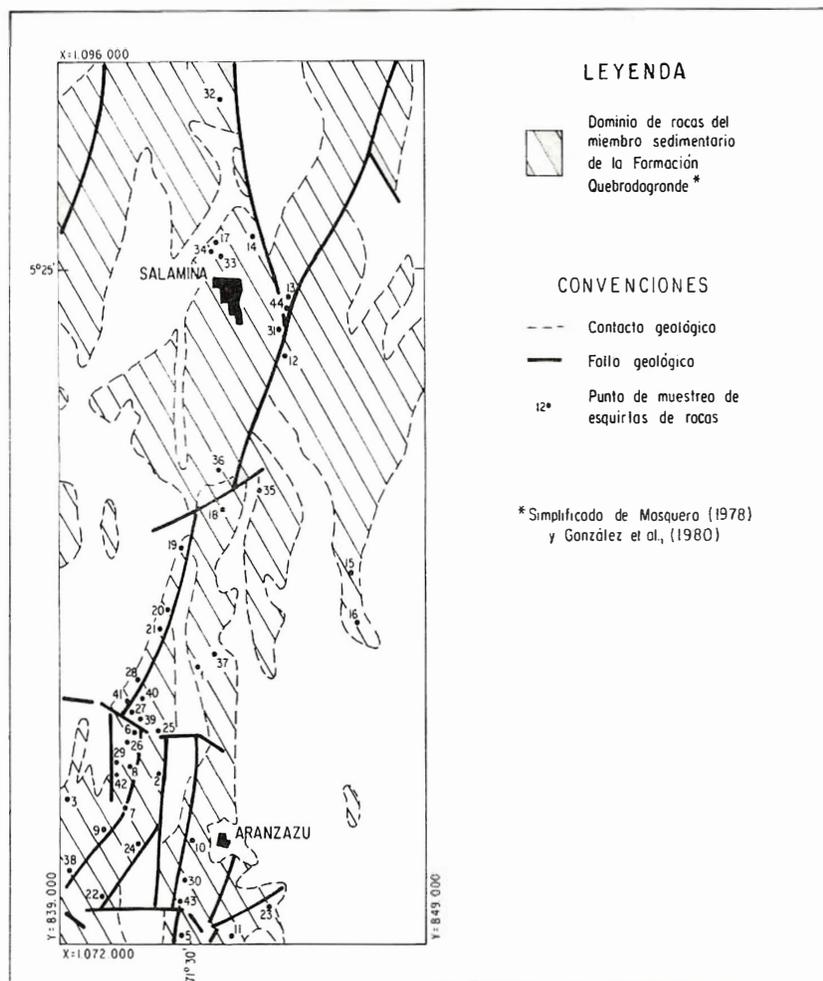


FIG. 5: Proyecto oro diseminado. Fase I. Zona Norte, Sector Aranzazu - Salamina. Localización de muestras de esquirlas de rocas. Simplificado de MOSQUERA (1978) y GONZALEZ et al. (1980).

ramientos de sinters silíceos piritizados, en los alrededores del Hotel Termales, cerca al Nevado del Ruiz, fueron también visitados.

En esta oportunidad, la observación y el muestreo se concentraron en las rocas encajantes de las mineralizaciones, especialmente en zonas entre filones relativamente cercanos, tratando siempre de encontrar indicios de diseminación de oro. La Tabla 3 indica los diferentes análisis solicitados; los resultados analíticos correspondientes, se presentan en el Anexo 2-II.

Las mineralizaciones de Palmitas, La Coqueta y Cascada, junto con las de Farallones y Volcanes, conforman un complejo filoniano localizado en el borde oriental del Municipio de Manizales, que se caracteriza por presentar filones de cuarzo, con espesores entre 0,40 y 1,80 m, y por contener cantidades significativas de metales preciosos, íntimamente relacionados a los sulfuros presentes (LOPEZ, 1971).

De acuerdo con lo observado, los efectos de fracturamiento, alteración hidroter-

T.A.B. 3: Número de análisis solicitados para muestras de esquirlas de rocas. Zona Norte, Sector Villamaría.

Mina	Espectrografía Completa	Absorción Atómica		Colorimetría	
		Au	Ag	As	Sb
Cascada	—	1	1	1	1
La Coqueta	—	1	1	—	—
Palmitas	—	1	1	1	1
Gallinazo	4	7	3	2	2
Toldafría	3	3	2	2	2
California	1	2	1	1	1
Termales <sup>+</sup>	4	4	4	4	4
Totales	12	19	13	11	11

<sup>+</sup> Manifestación

mal (principalmente sericitación y argilización), y piritización, se restringen a 20-30 cm de los respaldos de los filones, dejando el resto de la roca de caja prácticamente fresca. Los análisis realizados, en muestras de las rocas encajantes que mostraban algún indicio de piritización, no reportaron ningún valor de importancia (Anexo 2-II-B, muestras Nos. 57-58-59).

Al parecer, la mineralización de interés en esta región se restringe tan sólo a la zona de influencia de los filones, descartando así la posibilidad de encontrar disseminaciones de importancia, en las rocas encajantes.

Las minas de California y Toldafría, localizadas al sur del Municipio de Villamaría y separadas entre sí 1.500 m, aparentemente corresponden a un mismo sistema de filones y venillas de cuarzo, emplazados dentro de esquistos negros del Grupo Cajamarca. En esta región, además de oro libre, se reporta oro íntimamente asociado a los sulfuros, principalmente a piritita (LOPEZ, 1971).

A diferencia del complejo filoniano del Municipio de Manizales, antes mencionado, este sistema se caracteriza por contener filones mucho más angostos (0,10 - 0,40 cm) y más numerosos: en Toldafría se conocen 8 y en California 9 (mineros de la región, co-

municación oral). Algunas zonas, entre los filones muestran venillas de cuarzo con piritita, formando estovercas (stockworks). La muestra No. 60, tomada en una de estas zonas, ubicada en el frente de trabajo de la guía Muñoz, al momento de visitar la mina de Toldafría, arrojó los siguientes valores: 0,46 ppm en Au, 27 ppm en Ag, 200 ppm en As y 19 ppm en Sb (Anexo 2-II-B).

Al parecer, la región de las minas de Toldafría y California ofrece buenas perspectivas para desarrollar allí una exploración y un muestreo sistemáticos, que permitan delinear mineralizaciones de metales preciosos asociados a estovercas (stockworks), con posibilidades de ser explotadas masivamente.

Desafortunadamente, los dueños de estas minas, al no poder emprender una investigación detallada por los costos que ella implica, se limitan a recuperar el oro libre de los filones sin aprovechar el oro contenido en los sulfuros, y mucho menos el de las zonas potenciales de estovercas.

Los dueños de las minas de Toldafría y California, de otro lado, no tienen ningún inconveniente en facilitar sus minas para adelantar estudios de detalle. Obviamente, los resultados no sólo serían de utilidad en dichas minas sino que podrían ser proyectados hacia las regiones vecinas.

La mineralización de Gallinazo, ubicada al oriente del Municipio de Villamaría, presenta características diferentes a las de las minas antes tratadas, que se pueden resumir como sigue:

- a) Roca huésped: roca intrusiva de textura porfirítica con fenocristales de plagioclasa alterada y, en menor proporción, fenocristales de cuarzo, en una matriz argilizada. La roca original no se observó en los afloramientos visitados; al parecer se trata de un pórfido andesítico-dacítico.
- b) Alteración hidrotermal: intensa; afecta masivamente la roca huésped oscureciendo su textura original. Macroscópicamente se observa silicificación y argilización. Análisis por difracción de Rayos X del material argilizado reportaron, en orden de importancia, los siguientes minerales: cuarzo + caolinita + sericita + feldespato potásico + pirita.
- c) Tipo de mineralización: venillas de cuarzo menores de 3 cm de espesor y abundantes fracturas con pirita y óxidos de hierro como principales minerales, conforman zonas irregulares de estovercas (stockwork). Brechas hidrotermales piritizadas, también de forma irregular, se observan ocasionalmente.
- d) Mineralización: pirita es el sulfuro más abundante (2 - 3 % en volumen).  
Se encuentra diseminada en la roca, en las venillas de cuarzo y rellenando fracturas. El oro, de tamaño muy fino, se presenta en estado libre, aleado con la plata, y posiblemente combinado con la pirita. Se observan trazas de esfalerita (marmatita), calcopirita, arsenopirita (?) y galena (?).
- e) Forma del cuerpo mineralizado: la zona de alteración-mineralización, parece tener en superficie una forma semi-circular, con un radio aproximado de 300 m.

En el pasado, la mina Gallinazo fue explotada a cielo abierto por medio de monitores. Al arrancar el material masivamente, lo hacían pasar por canales en donde se concentraban las jaguas y el oro libre, para luego extraer el metal con batea (LOPEZ, 1971). Posiblemente tal explotación se limitó a la zona de oxidación, en donde el oro, contenido en los sulfuros, se concentró al descomponerse estos últimos. En el momento de la visita, tan sólo dos barequeros de la región trabajaban en las colas de la mina.

La mineralización de Gallinazo está íntimamente relacionada a un stock dacítico-andesítico cenozoico. Cuerpos subvolcánicos similares son relativamente abundantes en los alrededores de Gallinazo, especialmente hacia el este y sureste, en dirección al Nevado del Ruiz. Por tanto, toda esta región ofrece buenas posibilidades para prospectar en ellas depósitos de oro y plata diseminados, con características similares a las observadas en Gallinazo. Posibles depósitos del tipo "Hot Spring", genéticamente relacionados al volcanismo Cenozoico y reciente que se presenta en esta misma región, hacen aún más interesante la zona. Muestras de sinter silíceo, en cercanías del Hotel Termal, reportan algunos valores interesantes de As, Sb, Ba, Mo, Pb y Ni (Anexo 2-II, muestras Nos. 53 - 54 - 55 - 56 - 74 - 75).

En el Sector Villamaría se presentan dos regiones que justifican una exploración detallada, conducente a detectar mineralizaciones de oro diseminado; éstas son, en orden de importancia, Gallinazo y Toldafría - California.

Los alrededores del Hotel Termal, y en general la región volcánica del Nevado del Ruiz, deberían tenerse en cuenta para prospectar depósitos de metales preciosos, del tipo "Hot Spring".

La región de las minas de Palmitas, Coqueta y Cascada se considera de poco interés para los depósitos de este proyecto.

### 3. ZONA SUR

La Zona Sur abarca aproximadamente 160 km<sup>2</sup> de los Departamentos de Quindío y Tolima (II en Figura 1). Allí, la prospección se concentró principalmente en los alrededores de mineralizaciones auríferas tipo estoverca (stockwork), reportadas por Mosquera y Buitrago (1971) en el Municipio de Salento (Quindío), y por Buitrago y Buenaventura (1975) en el Municipio de Cajamarca (Tolima) (Figura 6). Algunas regiones consideradas de interés para oro por Lozano et al. (1976), también fueron visitadas durante esta fase.

A diferencia de la Zona Norte, todas las minas visitadas en la Zona Sur se encuentran abandonadas, con la mayoría de los túneles derrumbados y los tajos abiertos emmontados. Este hecho limitó la observación y el muestreo a los afloramientos de los alrededores.

#### 3.1. SECTOR SALENTO

Al sureste del Municipio de Salento (Quindío) se presentan varias mineralizaciones de oro, asociadas con zonas de veñas y venillas de cuarzo, localizadas en o cerca a la zona de influencia de fallas y en su mayoría emplazadas dentro de rocas metamórficas esquistosas del Grupo Cajamarca (MOSQUERA y BUITRAGO, 1971).

En el Sector Salento se visitaron 6 minas: La Sierra, La María, La Morena, Cuba, El Cóndor y El Edén (Fig. 6 y Tab. 4). Afloramientos, en los nacimientos del río Boquerón, también fueron visitados.

Nuevamente, el muestreo se concentró en los afloramientos en donde se reconocieron criterios, aparentemente favorables, para mineralizaciones de oro diseminado; en este caso, a zonas de estovercas (stockworks). Desafortunadamente, la escasez de afloramientos en los alrededores de las minas visitadas, junto con la falta de acceso a los túneles, limitó el muestreo de esquirlas de rocas (Tab. 5). Los resultados analíticos correspondientes se presentan en el Anexo 3-F.

En los alrededores de la mina La María y en la región comprendida entre las minas Cuba, El Edén y El Cóndor, afloran esquistos negros y esquistos verdes, en los cuales se observan, ocasionalmente zonas irregulares de estovercas (stockworks), definidas por la presencia de fracturas y microfracturas ( $\approx 20$  por m<sup>2</sup>), y venillas de cuarzo con espesores entre 0,2 y 4 cm ( $\approx 10$  por m<sup>2</sup>); el contenido de pirita en estas zonas varía entre 0,5 y 3% en volumen, observándose también algo de sericitización.

En los alrededores de las minas antes mencionadas, se presentan bloques y rodados de pórfidos dacítico-andesíticos, frescos a algo propilitizados.

Los afloramientos alrededor de las minas La Sierra y La Morena, no presentan desarrollo de estovercas. Aparentemente éstas corresponden a mineralizaciones filonianas típicas, sin formación de zonas de venillas ni de fracturas piritizadas, al menos en los sitios observados.

Aunque los valores para oro, en la mayoría de las muestras colectadas en el Sector Salento, no son alentadores, la presencia de zonas irregulares de estovercas en inmediaciones de las minas La María, Cuba, El Edén y El Cóndor, junto con sus antecedentes de producción y los motivos por los cuales se dejaron de explotar (MOSQUERA y BUITRAGO, 1971), hacen de la región correspondiente a estas cuatro mineralizaciones, una zona de relativa importancia para adelantar, dada la escasez de afloramientos, un muestreo sistemático de suelos con el propósito de detectar y delimitar posibles anomalías para oro, relacionadas con áreas de estovercas (stockworks).

#### 3.2. SECTOR CAJAMARCA

Al oeste del Municipio de Cajamarca (Tolima), Buitrago y Buenaventura (1975) informan de la existencia de varias manifestaciones, prospectos y minas abandonadas de oro, asociadas con zonas de venillas, estovercas y suelos, estos últimos conocidos con el nombre de "moles" por los mineros de la

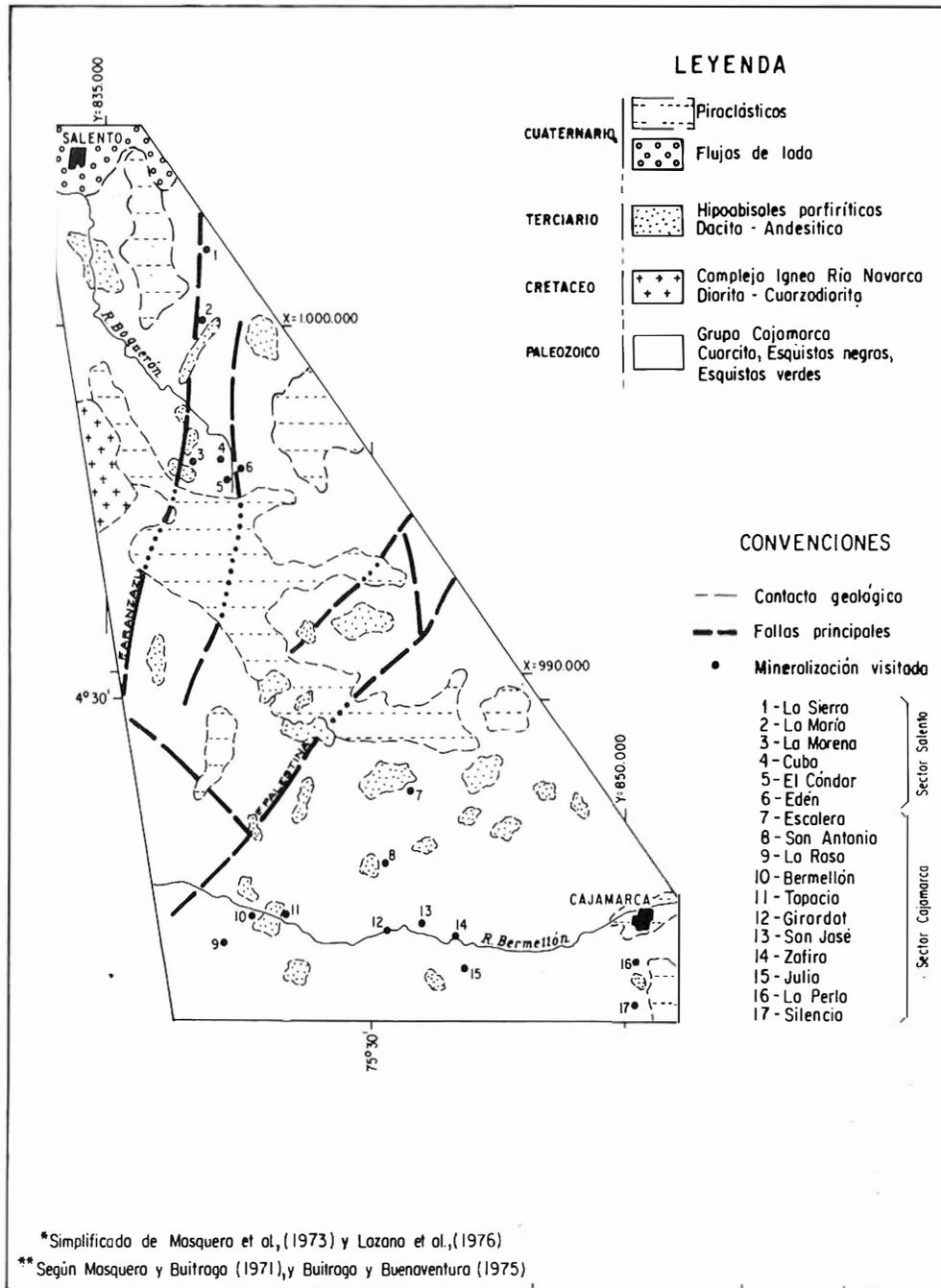


FIG. 6: Proyecto oro diseminado. Fase I, Zona Sur. Geología simplificada de MOSQUERA et al. (1976) y localización según MOSQUERA y BUITRAGO (1971) y BUITRAGO y BUENAVENTURA (1975) de las mineralizaciones visitadas.

TAB. 4: Localización geográfica\* de las mineralizaciones visitadas. Zona Sur, Sector Salento.

MINA	COORDENADAS (m)		ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR (m)
	X	Y	
La Sierra	1.004.080	838.120	2.350
La María	1.000.610	836.640	2.580
La Morena	974.600	821.500	2.730
Cuba	995.840	837.340	2.900
El Cóndor	995.530	837.830	3.000
El Edén	995.610	838.500	3.020

\* Tomado de Mosquera y Buitrago (1971) y Mosquera et al. (1973).

TAB. 5: Número de análisis solicitados para muestras de esquirlas de rocas. Zona Sur, Sector Salento.

Mina	Espectrografía Completa	Absorción Atómica		Colorimetría	
		Au	Ag	As	Sb
La Sierra	1	—	—	—	—
La María	1	3	—	3	—
La Morena	—	1	—	1	—
Cuba	—	1	1	1	1
El Cóndor	1	2	—	2	—
El Edén	—	2	—	2	—
Totales	3	9	1	9	1

región. Estas mineralizaciones se encuentran dentro de esquistos negros (cuarzo-sericíticos) y esquistos verdes (clorítico-actinolíticos) del Grupo Cajamarca, generalmente cerca a diques o stocks de pórfidos dacítico-andesíticos.

Con el propósito de detectar posibles concentraciones de oro diseminado en los alrededores, se visitaron 11 de esas mineralizaciones: Escalera, San Antonio, La Rosa, Cristales o Bermellón, Topacio, Girardot, San José, Zafiro, La Julia, La Perla, El Silencio (Figura 6 y Tabla 6). Dos mineralizaciones, La Holanda y El Agrado, localizadas en el corregimiento de Anaime (Cajamarca), no se lograron ubicar con exactitud y por tanto no fueron visitadas. Los análisis solicitados se indican en la Tabla 7; los resultados correspondientes se presentan en el Anexo 3-II.

La mina San Antonio fue explotada a "tajo abierto rudimentario" en la zona de oxidación, y abandonada en 1947 por problemas diferentes al agotamiento del mineral (mineros de la región, comunicación oral).

En la zona de explotación, completamente cubierta por maleza en la actualidad, se destaparon afloramientos correspondientes a esquistos (?) y pórfidos dacíticos "mezclados", completamente argilizados, con abundantes óxidos de hierro y restos de pirita dentro de drusas y otros espacios abiertos. Al parecer la zona explotada corresponde a una brecha hidrotermal. Las muestras analizadas indican contenidos interesantes de oro (Anexo 3-II-B, muestras Nos. 101 - 102 - 103).

Aunque los resultados analíticos de las muestras tomadas en las minas La Julia y

TAB. 6: Localización geográfica\* de las mineralizaciones visitadas. Zona Sur, Sector Cajamarca.

MINA	COORDENADAS (m)		ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR (m)
	X	Y	
Escalera <sup>+</sup>	949.400	844.200	3.000
San Antonio	949.300	843.700	2.820
La Rosa	983.000	837.800	2.850
Bermellón <sup>++</sup>	983.440	839.710	2.500
Topacio <sup>+</sup>	983.640	839.880	2.500
Girardot	983.320	843.320	2.300
San José	983.140	843.970	2.200
Zafiro	983.020	844.320	2.150
La Julia	981.750	845.260	2.360
La Perla	981.720	850.230	1.820
El Silencio	981.440	850.410	1.950

\* Tomada de Buitrago y Buenaventura (1975)

<sup>+</sup> Manifestación  
<sup>++</sup> Prospecto

TAB. 7: Número de análisis solicitados para muestras de esquistos de rocas. Zona Sur, Sector Cajamarca.

Mina	Espectrografía Completa	Absorción Atómica		Colorimetría	
		Au	Ag	As	Sb
San Antonio	2	3	3	3	3
La Julia	—	2	2	2	2
San José	1	1	1	1	1
La Rosa	—	1	1	1	1
Bermellón	2	1	1	1	1
Escalera	5	2	2	2	2
Totales	10	10	10	10	10

San José, no son tan interesantes como los de San Antonio, las zonas explotadas en el pasado parecen corresponder a suelos auríferos, producto del desarrollo de placeres residuales y eluviales, formados a partir de rocas portadoras de oro (brechas hidrotermales y estovercas?), localizadas en las vecindades. Si esta apreciación es correcta, los alrededores de las minas La Julia y San José adquirirían importancia, como áreas potencialmente importantes para prospectar mineralizaciones de oro diseminado.

Algunos afloramientos en las inmediaciones de la mina La Rosa y el prospecto Bermellón o Cristales presentan, dentro de esquistos negros, un desarrollo débil de estovercas constituido por unas pocas venillas de cuarzo y calcita, conteniendo algo de piritita diseminada ( $\leq 1\%$  en volumen) y ocasionalmente, trazas de estibina. En la quebrada Cristales y en el paraje del mismo nombre, sobre la carretera Cajamarca - Armenia, aflora un intrusivo subvolcánico de composición dacítica y textura porfirítica que presenta

zonas de intenso fracturamiento, alteración propilítica y piritita diseminada ( $\approx 1\%$  en volumen).

Los análisis de las áreas de La Rosa y Bermeilón no reportan valores significativos para oro; las muestras correspondientes al intrusivo dacítico de la quebrada Cristales tan sólo reportan un contenido bajo de Cu y Mo (Anexo 3-II-A, muestras Nos. 95-96).

En la región de La Escalera, parte alta de la quebrada La Plancha, se adelantó un reconocimiento en las cercanías de un cuerpo de dacita porfirítica piritizado y localmente sericitizado o argilizado. Allí no se reportan valores significativos de oro; sin embargo dos muestras, una de esquirlas y otra de sedimentos activos, fracción fina, presentan respectivamente, valores de 20 y 50 ppm de Mo (Anexo 3-II-A, muestras Nos. 90-91).

Cinco de las mineralizaciones visitadas: Girardot, El Zafiro, El Silencio, Topacio y La Perla, se descartaron por corresponder todas a filones típicos sin ninguna evidencia, al menos en los afloramientos observados, de formación de zonas de estovercas (stock-works).

La zona de San Antonio es la más importante de las visitadas en el Sector Cajamarca y debe ocupar lugar de privilegio en la siguiente fase de este proyecto. Las zonas de las minas San José y La Julia, distantes de San Antonio 2,0 y 3,2 km respectivamente, ocupan segundo lugar en importancia.

Aunque el área correspondiente a la Zona Sur (Salento - Cajamarca, Figura 6) no se ha considerado de interés para prospectar mineralizaciones del tipo pórfido cuprífero (Cu-Mo), el hecho de presentar cuerpos subvolcánicos porfiríticos de composición dacítica, piritizados, con algo de alteración hidrotermal y con trazas de molibdenita, podría considerarse como un criterio favorable, quizás no muy importante, pero que no debe pasar desapercibido.

#### 4. ZONA ORIENTE

La Zona Oriente (III en Figura 1) cubre aproximadamente 400 km<sup>2</sup> de los Municipios de Líbano y Santa Isabel, en el Departamento del Tolima. En el norte de este departamento se conocen 61 minas de oro de filón (BUENAVENTURA, 1975 y BUITRAGO y BUENAVENTURA, 1975), 17 de las cuales se localizan en el Municipio del Líbano, dentro de esquistos negros del Grupo Cajamarca, y 17 en el Municipio de Santa Isabel, en su mayoría dentro de rocas intrusivas de composición intermedia del Stock de Santa Isabel.

Con el propósito de buscar criterios geológicos favorables que permitieran seleccionar áreas promisorias para mineralizaciones de oro diseminado, en o cerca de algunas de esas minas, se visitaron 12 de ellas; 6 en el municipio de Santa Isabel: La Miscelánea, Las Animas, Palmita, La Pava, Berlín y El Pencil, y 6 en el municipio de Líbano: Santa Cruz, Cirpe, Sur Cirpe, El Porvenir, El Vergel y El Toro (Tabla 8 y Figura 7). En el momento de la visita, únicamente las minas de Cirpe, Las Animas y Berlín se encontraban en explotación.

En la Zona Oriente ninguna de las mineralizaciones visitadas presenta características geológicas favorables, que justifiquen estudios adicionales conducentes a detectar depósitos de oro diseminado. Como mineralizaciones de oro de filón la mayoría parece ofrecer, debido a sus antecedentes de producción, buenas perspectivas para justificar una exploración sistemática. Desafortunadamente, los costos que dicha exploración demanda están fuera del alcance de los mineros locales.

Aunque no es el propósito de este proyecto analizar en detalle las características filonianas, algunas generalidades se pueden comentar. Básicamente, las mineralizaciones observadas en el municipio del Líbano corresponden a un grupo de 3 a 5 (?) filones lenticulares de cuarzo, aproximadamente paralelos entre sí, al parecer controlados por un sistema de fracturas de rumbo N10-40°E

TAB: 8: Localización geográfica\* de las mineralizaciones visitadas. Zona Norte.

MINA	COORDENADAS (m)		ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR (m)
	X	Y	
La Miscelánea	1.013.800	887.600	1.900
Las Animas	1.013.800	888.530	1.900
Palmita	1.013.840	888.540	1.900
La Pava	1.013.830	888.960	1.900
Berlín	1.013.450	889.050	2.100
El Pencil	1.012.480	888.770	2.150
Santa Cruz	1.044.400	895.100	950
Cirpe	1.044.000	894.950	1.230
Sur Cirpe	1.043.600	894.730	1.350
El Porvenir	1.043.050	894.470	1.600
El Vergel	1.042.625	894.050	1.700
El Toro	1.042.400	893.700	1.700

\* Tomada de Buenaventura (1975) y Buitrago y Buenaventura (1975).

y expuestos, en forma discontinua por casi 3 km, entre las cotas 950 y 1.700 m sobre el nivel del mar. Estos filones, con espesores variando entre 0,30 y 1,50 m, se caracterizan por presentar crustificación, pocas drusas, efectos de alteración hidrotermal (silicificación, sericitización, argilización) restringidos a los primeros 10-40 cm de la roca encajante, y por contener, junto con Au y Ag, algo de Pb y Zn.

Las mineralizaciones en el Municipio de Santa Isabel corresponden a filones de cuarzo, al parecer independientes entre sí; tienen espesores entre 0,50 y 3,00 m, rumbos, buzamientos e intensidad de alteración hidrotermal muy variables, algo de crustificación, relativa abundancia de drusas y, rara vez algo de Cu-Pb-Zn acompañando Au y Ag.

## 5. CONCLUSIONES

De las conclusiones obtenidas en cada una de las tres zonas tratadas en este informe, se resume lo siguiente:

1. De todas las áreas visitadas, la de San Antonio (Zona Sur, Sector Cajamarca) y la de Gallinazo (Zona Norte, Sector Villamaría) ofrecen las mejores posibilidades para prospectar en ellas, mineralizaciones de oro diseminado. En su orden, éstas ocupan lugares de privilegio, para continuar las investigaciones correspondientes a la Fase II -detalle- del presente proyecto.
2. Otras regiones que ofrecen algunas perspectivas y que no deben descartarse sin antes adelantar en ellas alguna prospección adicional son, en orden de importancia, las siguientes: La Julia y San José (Zona Sur, Sector Cajamarca), Toldafría - California (Zona Norte, Sector Villamaría), y El Cóndor, Cuba y El Edén (Zona Sur, Sector Salento).
3. En los alrededores del Hotel Termales (al oriente del Sector Villamaría, Zona Norte) se presentan buenas perspectivas para detectar depósitos de metales preciosos del tipo "Hot Spring".
4. El resto de las localidades visitadas en la primera fase de este proyecto no ofrecen mayores posibilidades. Mientras el precio del oro se mantenga alto, la mayoría de las mineralizaciones de oro de filón de la Zona Oriente, como tales, quizás justifiquen más exploración.

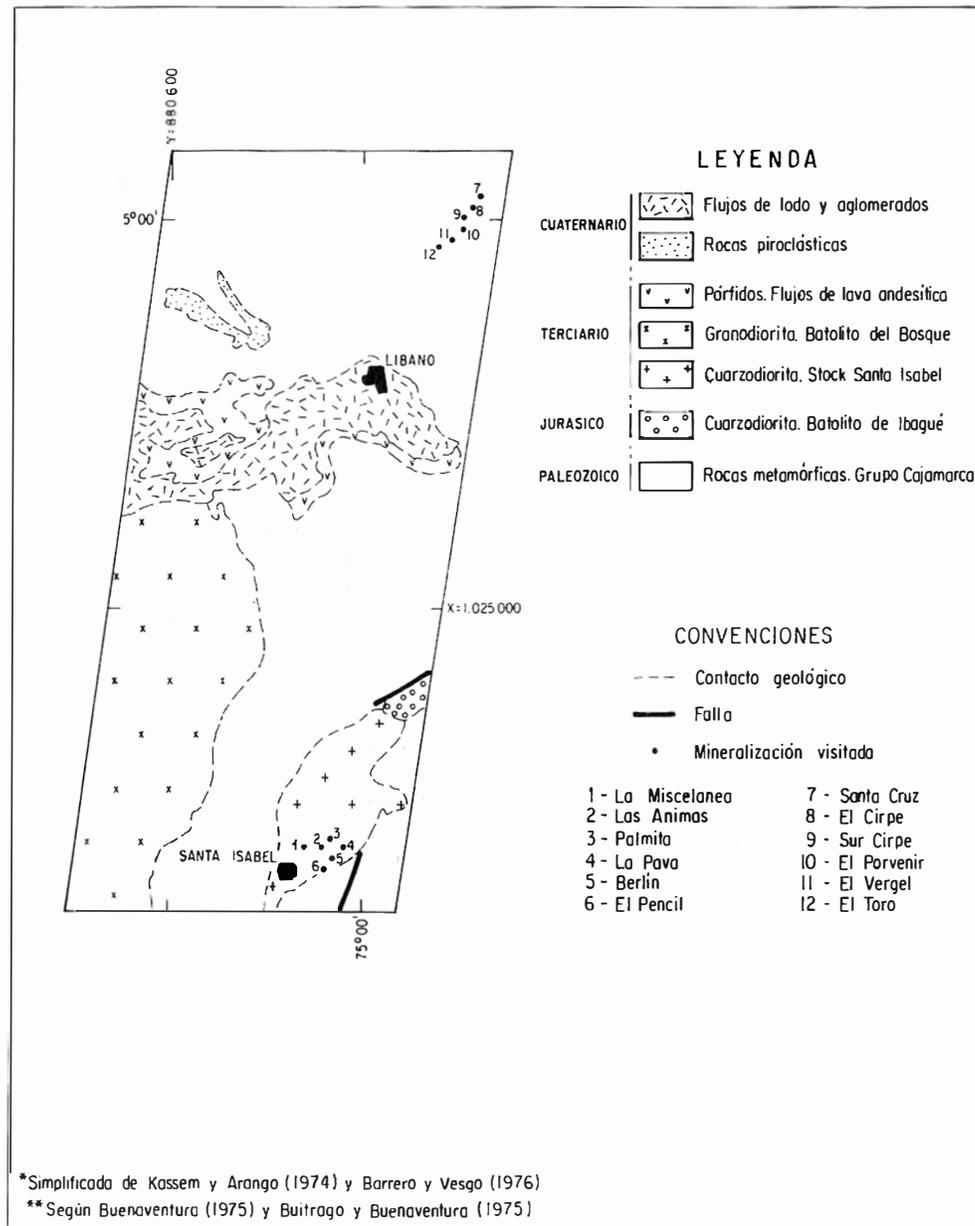


FIG. 7: Proyecto oro diseminado. Fase I, Zona Oriente. Geología simplificada de KASSEM y ARANGO (1974) y BARRERO y VESGA (1976) y localización según BUENAVENTURA (1975) y BUITRAGO y BUENAVENTURA (1975) de las mineralizaciones visitadas.

## 6. RECOMENDACIONES

1. Adelantar la Fase II -detalle- en el área de San Antonio (Zona Sur, Sector Cajamarca), considerada la más importante de las prospectadas durante la Fase I -reconocimiento- del presente proyecto.
2. Básicamente, al elaborar la programación de la Fase II para el área de San Antonio, deben tenerse en cuenta los siguientes parámetros:
  - Elaboración de un mapa topográfico, escala 1:5.000 (2,5 - 3,0 km<sup>2</sup>)
  - Destape de antiguos frentes de trabajo (40-50 m).
  - Elaboración de trincheras y apiques (20 - 30).
  - Elaboración de secciones delgadas (15-20).
  - Elaboración de secciones pulidas (8-10).
  - Desarrollo de muestreo detallado de esquirlas de rocas (50-60 muestras).
  - Desarrollo de muestreo detallado de suelos (150 - 180 muestras).

- Análisis de muestras colectadas por absorción atómica (Au-Ag), colorimetría (As, Sb) y espectrografía completa (450-500 muestras).

- Análisis de Rayos X (8-10 muestras).

- Estudio e interpretación de la información colectada.

Con base a la información colectada se deberá producir:

- Mapa geológico y de alteración hidrotermal detallados, (escala 1:2.000; aproximadamente 1 km<sup>2</sup>).

- Interpretación geoquímica de los valores obtenidos a partir de las muestras de esquirlas de rocas y de suelos analizadas.

- Informe final con la descripción de los trabajos realizados, resultados obtenidos, conclusiones y recomendaciones.

3. El área de Gallinazo y sus alrededores (Zona Norte, Sector Villamaría) debe ser tenida en cuenta, como segunda opción, en futuras prospecciones para depósitos de oro diseminado.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- BARRERO, D. y VESGA, C. J., 1976.- *Mapa Geológico del Cuadrángulo K-9, Armero y parte sur del J-9, La Dorada*. Escala 1:100.000. Ingeominas. Bogotá.
- BERGER, B.R., and EIMON, P.I., 1982.- *Comparative models of epithermal silver-gold deposits*. AIME Preprint 82-13 SME-AIME mtg. Dallas, Texas.
- BONHAM, H.F. Jr., 1983.- *Characteristics of bulk-mineable gold-silver deposits in cordilleran and island arc setting*. Nevada Bureau of Mines. 16 p.
- BOTERO, A. G., 1963.- *Contribución al conocimiento de la geología de la zona central de Antioquia*. An. Fac. Min. Medellín, 57: 101 p.
- BUENAVENTURA, J., 1975.- *Ocurrencias minerales en la región norte del Departamento del Tolima*. Inf. 1688. Ingeominas, 397 p. Ibagué.
- BUITRAGO, C., y BUENAVENTURA, J., 1975.- *Ocurrencias minerales en la región central del Departamento del Tolima*. Inf. 1599. Ingeominas, 837 p. Ibagué.

- ELMER, P., 1971.- *Analytical methods for atomic absorption spectrometry*. Perkin Elmer Corp., Norwalk, Conn. U.S.A., 2 p.
- GONZALEZ, H., 1980.- *Geología de las Planchas 167 (Sonsón) y 187 (Salamina)*. Bol. Geol. 23 (1): 175 p. Bogotá.
- GONZALEZ, H. et al, 1980.- *Mapa Geológico de la Plancha 187 (Salamina)*. Escala 1:100.000. Ingeominas, Bogotá.
- JONES, M., 1983.- *Exploitation for bulk-mineable gold deposits in Eastern Australia and the South-West Pacific*. 16 p. mecanografiado (copia facilitada por H. Lozano, Ingeominas, Bogotá).
- KASSEM, T. y ARANGO, J.L., 1974.- *Mapa Geológico Generalizado del Departamento del Tolima*. Escala 1:250.000. Ingeominas, Bogotá.
- LOPEZ J.H., 1971.- *Ocurrencias minerales del Departamento de Caldas*, Inf. 1602. Ingeominas, 118 p. Bogotá.
- LOZANO, H., PEREZ, H. y MOSQUERA, D., 1976.- *Prospección geoquímica para oro, plata, antimonio y mercurio en los municipios de Salento, Quindío y Cajamarca, Tolima*. Inf. 1692. Bol. Geol. 27 (1):4-76, 1984. Bogotá.
- LOZANO, H., PEREZ, H. y VESGA, C.J., 1979.- *Prospección geoquímica y génesis del mercurio en el flanco occidental de la Cordillera Central de Colombia, Municipios de Aranzazu, Salamina y Pácora, Departamento de Caldas*. Inf. 1793. Bol. Geol. 27 (1): 77-169, 1984. Bogotá.
- MOSQUERA, D., 1978.- *Geología del Cuadrángulo K-8, Informe preliminar*. Inf. 1763. Ingeominas, 63 p. Ibagué.
- MOSQUERA, D., y BUITRAGO, C., 1971.- *Ocurrencias minerales del Departamento del Quindío*. Inf. 1599. Ingeominas, 67 p. Bogotá.
- MOSQUERA, D., CACERES, H. y PEREZ, V.E., 1973.- *Mapa Geológico del área entre los Municipios de Salento, Quindío y Cajamarca, Tolima*. Escala 1:50.000 (Inédito), Ingeominas, Ibagué.
- PULIDO, O.H., 1983.- *Prospección de mineralizaciones de oro diseminado en las regiones norte y centro occidental del Departamento del Tolima*. Ingeominas, 11 p. (Inédito). Ibagué.
- , 1984.- *Áreas promisorias para prospectar depósitos de metales preciosos, en los departamentos de Tolima, Huila y parte del Viejo Caldas (Colombia)*. Inf. 1934. Ingeominas, 33 p. Ibagué.
- RADTKE, A.S. and DICKSON, F.W., 1974.- *Genesis and vertical position of fine-grained disseminated replacement-type gold deposits in Nevada and Utah, U.S.A. in Problems of ore deposition*. Fourth IAGOD Symposium (Varna): 1: 71-78.
- SILLITOE, R.H., 1983.- *Styles of low-grade gold mineralization in volcano-plutonic arcs*. AIME Precious Metals Symposium, Reno, Nevada, 1980. Proceeding, report 36, Nevada Bureau of Mines: 52-68.
- STANTON, R.E., 1968.- *Rapid methods of trace analysis for geochemical application*. London, Edward Arnold, 96 p.
- THOMAS, W.K., 1976.- *Plan de exploración minera DP/UN/COL-72-001/10*. Preparado para el Gobierno de Colombia por las Naciones Unidas, como organismo de ejecución del programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 45 p.
- THOMPSON, C.E., NAKAGAWA, H.M. and VANSCKLE, G. H., 1968.- *Rapid analysis for gold in geologic materials*. U.S. Geol. Survey, Prof. paper 600B, B-130 a B-132.

## ANEXO 1

DATOS ESTADISTICOS CORRESPONDIENTES A LA FASE I DEL  
PROYECTO ORO DISEMINADO

## I - PERSONAL

Oscar H. Pulido U.	Geólogo
Alvaro Espinosa	Químico
Rodrigo Marín T.	Auxiliar-Conductor
Miguel Fuentes J.	Auxiliar
Argelia de Hoyos*	Secretaria
Nora Hernández*	Dibujante

\* Elaboración de informe

## II - DIAS DE COMISION

	Aranzazu Salamina	Villamaría	Salento	Cajamarca	Santa Isabel Líbano	Totales
Oscar H. Pulido	20	8	8	8	7	51*
Rodrigo Marín	12	8	8	8	7	43*
Miguel Fuentes	20	—	—	—	—	20+
						114

\* = Incluye 9 días de transporte

+ = Incluye 2 días de transporte

## III- MUESTRAS COLECTADAS

Esquirlas de roca	60	30	10	23	—	123
Roca de mano	36	5	5	7	13	66
Sedimentos activos	—	—	—	3	—	3
						192

## IV -ANALISIS SOLICITADOS

Absorción Atómica Au	39	19	9	10	—	77
Absorción Atómica Ag	—	13	1	10	—	24
Colorimetría As	33	11	9	10	—	63
Colorimetría Sb	20	11	1	10	—	42
Espectrog. completa	5	12	3	10	—	30
Difracción Rayos X	—	3	—	2	—	5
						241

## ANEXO 2

## RESULTADOS ANALITICOS: ZONA NORTE

## I SECTOR ARANZAZU-SALAMINA. (LOCALIZACION DE MUESTRAS EN FIGURA 5)

## A- ESPECTROGRAFIA COMPLETA (ESQUIRLAS DE ROCAS)

DETERMINACION	NUMERO DE MUESTRA				
	1	2	3	4	5
Fe %	2	5	5	5	5
Mg %	2	3	1,5	1,5	1
Ca %	0,15	1,5	3	1	0,5
Ti %	0,2	0,5	0,3	0,2	0,5
Mn ppm	700	700	700	1000	1500
Ag "	N	N	1	N	N
As "	N	N	N	N	N
Au "	N	N	N	N	N
B "	N	N	N	N	50
Ba "	300	N	500	2000	500
Be "	L 1	N	L 1	L 1	1,5
Bi "	N	N	N	N	N
Cd "	N	N	L 20	N	N
Co "	30	30	20	50	50
Cr "	N	N	N	N	N
Cu "	70	150	100	200	150
Ga "	20	20	20	20	20
La "	20	N	N	N	50
Mo "	N	N	L 5	N	N
Nb "	N	N	N	N	N
Ni "	100	30	70	20	70
Pb "	N	10	10	20	30
Pd "	N	N	N	N	N
Pt "	N	N	N	N	N
Sb "	N	N	N	N	N
Sc "	20	30	30	30	20
Sn "	N	N	N	N	N
Sr "	100	100	100	200	100
V "	100	150	300	150	100
W "	N	N	N	N	N
Y "	10	15	30	15	20
Zr "	70	50	100	100	200
Zn "	N	N	500	N	N

N = Elemento no detectado.

L = Elemento detectado por debajo del valor indicado a continuación de la L.

Continuación Anexo 2:

B- ABSORCION ATOMICA PARA AU; COLORIMETRIA PARA As Y Sb (en ppm),  
(ESQUIRLAS DE ROCAS)

NUMERO DE MUESTRA	Au	As	Sb
6	< 0,01	18	4
7	< 0,01	6	2
8	< 0,01	14	2
9	< 0,01	10	3
10	< 0,01	< 1	2
11	< 0,01	18	2
12	< 0,01	4	3
13	< 0,01	10	6
14	< 0,01	10	4
15	< 0,01	14	2
16	< 0,01	26	1
17	< 0,01	10	1
18	< 0,01	4	1
19	< 0,01	18	2
20	< 0,01	12	6
21	0,04	12	3
22	0,06	16	7
23	0,01	30	4
24	0,01	32	5
25	0,04	4	—
26	0,06	12	—
27	0,06	6	—
28	0,01	10	—
29	0,06	8	—
30	0,01	< 1	—
31	0,04	8	—
32	0,06	12	—
33	0,01	1	—
34	0,01	2	—
35	0,01	6	—
36	0,01	12	—
37	0,04	6	—
38	0,04	4	—
39	0,04	—	3
40	0,06	—	—
41	0,04	—	—
42	0,04	—	—
43	0,06	—	—
44	0,10	—	—

— = No analizado

&lt; = Menor que

Continuación Anexo 2:

## II. SECTOR VILLAMARIA

## A- ESPECTROGRAFIA COMPLETA (ESQUIRLAS DE ROCAS)

Determinación	N U M E R O D E M U E S T R A											
	Toldafria			California		Gallinazo			Hotel Termales			
	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
Fe %	3	5	7	5	1	7	2	1	2	1,5	1	1,5
Mg %	2	3	2	1,5	5	1,5	0,1	0,1	N	0,5	0,05	0,05
Ca %	2	2	0,7	0,7	0,2	5	L0,05	0,1	N	0,1	0,05	0,07
Ti %	0,3	0,5	0,5	0,7	0,15	0,7	0,2	0,2	0,5	0,7	0,7	0,7
Mn ppm	1000	1000	2000	1500	200	1000	20	70	20	100	30	30
Ag "	3	0,5	5	0,5	L0,05	1	2	0,5	N	0,7	N	0,5
As "	N	N	N	N	N	N	200		L200	N	N	200
Au "	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
B "	N	N	L10	10	10	L10	20	15	30	L10	50	15
Ba "	100	700	1000	500	1500	500	1500	1000	1500	2000	1000	700
Be "	1	1	1	1	1	1	1	1	N	L1	N	N
Bi "	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Cd "	N	N	200	N	N	N	H	L20	N	N	N	N
Co "	50	50	70	30	5	70	5	5	20	N	10	20
Cr "	150	200	200	300	50	500	50	50	100	100	150	150
Cu "	300	100	300	70	20	300	20	10	10	10	20	50
Ga "	20	20	30	20	20	20	20	↓)	N	70	N	10
La "	N	N	N	20	20	N	20	20	N	70	20	50
Mo "	N	N	N	N	N	5	N	N	7	N	5	N
Nb "	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Ni "	70	70	150	150	150	200	150	150	1500	100	1000	1000
Pb "	L10	10	100	N	50	N	200	50	70	50	15	50
Pd "	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Pt "	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Sb "	N	N	N	N	N	N	N	N	500	N	N	N
Sc "	20	30	50	20	7	30	5	5	5	15	7	15
Sn "	N	N	10	20	10	10	20	N	N	N	N	N
Sr "	100	100	100	100	300	200	100	300	N	700	N	700
V "	150	200	200	200	50	200	100	100	N	200	20	70
W "	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Y "	15	20	30	20	10	50	L10	L10	N	20	N	N
Zr "	50	50	70	150	150	100	100	100	150	150	200	200
Zn "	L200	L200	7000	300	N	N	L200	200	N	N	N	N

N = Elemento no detectado

L = Elemento detectado por debajo del valor indicado a continuación de la L.

Continuación Anexo 2:

B - ABSORCION ATOMICA PARA Au Y Ag; COLORIMETRIA PARA As Y Sb  
(en ppm), (ESQUIRLAS DE ROCAS)

MINAS	NUMERO DE MUESTRA	Au	Ag	As	Sd
Palmitas	57	0,01	< 1	33	8
Cascada	58	0,01	< 1	48	4
La Coqueta	59	0,06	—	200	—
Toldafría	60	0,46	27	200	19
Toldafría	61	0,01	< 1	80	4
Toldafría	62	0,01	—	—	—
California	63	0,01	< 1	60	< 1
California	64	0,01	—	—	—
Gallinazo	65	0,01	2	28	< 1
Gallinazo	66	0,03	—	50	23
Gallinazo	67	0,42	—	47	—
Gallinazo	68	0,01	—	—	—
Gallinazo	69	0,09	—	—	—
Gallinazo	70	0,10	—	—	—
Gallinazo	71	0,38	—	—	—
Termales <sup>+</sup>	72	0,04	1	16	1
Termales <sup>+</sup>	73	0,03	1	24	9
Termales <sup>+</sup>	74	0,02	1	36	90
Termales <sup>+</sup>	75	0,06	1	280	90

<sup>+</sup> = Manifestación

< = Menor que

— = No analizado

## ANEXO 3

## RESULTADOS ANALITICOS: ZONA SUR

## I- SECTOR SALENTO

## A - ESPECTROGRAFIA COMPLETA (ESQUIRLAS DE ROCAS)

DETERMINACION	NUMERO DE MUESTRA		
	CONDOR 76	LA SIERRA 77	LA MORENA 78
Fe %	2	2	3
Mg %	0,2	0,5	0,5
Ca %	L0,05	0,1	1
Ti %	0,2	0,3	0,2
Mn ppm	70	700	1500
Ag "	L0,5	N	3
As "	N	N	N
Au "	N	N	N
B "	20	20	50
Ba "	1000	500	1000
Be "	1,5	2	1
Bi "	N	N	N
Cd "	N	N	N
Co "	N	15	10
Cr "	200	70	10
Cu "	50	50	L10
Ga "	20	20	20
La "	20	70	N
Mo "	N	N	N
Nb "	N	N	N
Ni "	200	30	5
Pb "	30	20	15
Pd "	N	N	N
Pt "	N	N	N
Sb "	N	N	N
Sc "	10	10	10
Sn "	30	N	N
Sr "	N	N	N
V "	100	150	70
W "	N	N	N
Y "	10	30	10
Zr "	150	200	50
Zn "	L200	N	N

N = Elemento no detectado

L = Elemento detectado por debajo del valor indicado a continuación de la L.

Continuación Anexo 3:

B - ABSORCIÓN ATOMICA PARA Au Y Ag; COLORIMETRIA PARA As Y Sb  
(en ppm) (ESQUIRLAS DE ROCAS)

MINA	NUMERO DE MUESTRA	Au	Ag	As	Sb
La María	79	0,42	—	47	—
La María	80	0,38	—	60	—
La María	81	0,01	—	20	—
La Morena	82	0,01	—	20	—
Cuba	83	0,01	< 1	48	4
El Cóndor	84	0,04	—	64	—
El Cóndor	85	0,08	—	< 1	1
El Edén	86	0,02	—	45	—
El Edén	87	0,08	—	30	—

&lt; = Menor que

— = No analizado

Continuación Anexo 3 :

## II - SECTOR CAJAMARCA

A - ESPECTROGRAFIA COMPLETA  
(ESQUIRLAS DE ROCAS Y SEDIMENTOS ACTIVOS)

Determinación	NUMERO DE MUESTRA									
	San Antonio			Escalera				Bermellón		San José
	88	89	90	91*	92*	93*	94	95	96	97
Fe %	1,5	3	3	7	3	3	5	3	5	7
Mg %	0,1	1	0,7	1,5	1,5	1,5	0,7	1	1	2
Ca %	0,15	2	0,2	1,5	2	1,5	0,7	0,5	0,5	2
Ti %	0,3	0,5	0,7	2	1	1,5	0,3	0,3	1,5	1,5
Mn ppm	200	300	300	300	500	500	200	300	700	1000
Ag "	0,7	0,5	0,7	L0,5	L0,5	L0,5	2	1	1	N
As "	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Au "	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
B "	30	N	L10	15	L10	L10	10	L10	L10	L10
Ba "	500	50	700	700	700	700	1000	2000	500	200
Be "	1,5	N	1,5	1	1	1	1,5	1	1	L1
Bi "	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Cd "	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Co "	10	30	50	30	20	20	50	30	30	50
Cr "	30	150	100	200	300	300	15	100	100	500
Cu "	30	100	150	70	15	15	20	300	100	10
Ga "	20	20	30	30	30	30	30	20	20	30
La "	30	N	30	200	N	N	N	30	50	150
Mo "	N	N	20	50	N	N	N	5	5	L10
Nb "	N	N	20	L10	L10	L10	N	L10	10	L10
Ni "	10	50	70	50	30	30	L5	100	100	70
Pb "	N	N	70	L10	20	20	30	L10	L10	L10
Pd "	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Pt "	N	N	N	N	N	N	N	N	N	L100
Sb "	N	N	N	L100	L100	L100	N	N	N	L100
Sc "	20	20	15	30	20	20	15	15	15	30
Sn "	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Sr "	100	100	100	700	700	700	300	100	100	150
V "	70	100	150	300	200	200	150	200	200	500
X "	N	N	N	N	N	N	L50	N	N	N
Y "	20	30	20	30	20	20	20	20	30	30
Zn "	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N

L = Elemento detectado por debajo del valor indicado a continuación de la L.

N = Elemento no detectado.

\* = Sedimentos activos, fracción fina.

Continuación Anexo 3:

B - ABSORCION ATOMICA PARA Au Y Ag; COLORIMETRIA PARA As Y Sb  
(en ppm) (ESQUIRLAS DE ROCAS)

MINA	NUMERO DE MUESTRA	Au	Ag	As	Sb
La Julia	98	0,16	1	50	< 1
La Julia	99	0,18	1	60	2
San José	100	0,10	2	6	3
San Antonio	101	2,18	4	160	12
San Antonio	102	3,90	3	200	11
San Antonio	103	0,90	2	240	5
La Rosa	104	0,08	1	10	2
Escalera	105	0,04	<1	15	<1
Escalera	106	0,08	<1	17	4
Bermellón	107	0,01	<1	20	5

&lt; = Menor que



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

PROYECTO ORO DISEMINADO  
FASE II

GEOLOGIA Y GEOQUIMICA DEL AREA DE SAN ANTONIO,  
CAJAMARCA, TOLIMA

Informe 1948

Por:

OSCAR H. PULIDO U.  
Geólogo

1985

## CONTENIDO

	<u>Página</u>
RESUMEN . . . . .	41
1. INTRODUCCION . . . . .	41
1.1. LOCALIZACION . . . . .	41
1.2. CLIMA Y TOPOGRAFIA . . . . .	43
1.3. RESEÑA HISTORICA . . . . .	43
1.4. METODOS DE TRABAJO . . . . .	44
1.4.1. METODOS DE CAMPO . . . . .	44
1.4.2. METODOS DE LABORATORIO . . . . .	44
1.4.3. PROGRAMAS DE COMPUTACION . . . . .	44
1.5. AGRADECIMIENTOS . . . . .	44
2. GEOLOGIA REGIONAL . . . . .	45
2.1. LITOLOGIA . . . . .	45
2.2. ESTRUCTURAS . . . . .	47
2.3. OCURRENCIAS MINERALES . . . . .	47
3. GEOLOGIA DEL AREA DE SAN ANTONIO . . . . .	48
3.1. LITOLOGIA . . . . .	48
3.1.1. ESQUISTOS NEGROS (Es) . . . . .	48
3.1.2. CUARCITAS (q) . . . . .	48
3.1.3. ESQUISTOS VERDES (Ev) . . . . .	48
3.1.4. PORFIDOS DACITICO-ANDESITICOS (Tad) . . . . .	48
3.1.5. CENIZAS VOLCANICAS (Qto) . . . . .	49
3.2. ESTRUCTURAS . . . . .	49
3.3. BRECHAS HIDROTERMALES (Bx) . . . . .	51
3.4. ALTERACION Y MINERALIZACION . . . . .	51
4. PROSPECCION GEOQUIMICA . . . . .	53
4.1. INTRODUCCION . . . . .	53
4.2. ESQUIRLAS DE ROCAS . . . . .	55
4.2.1. DESCRIPCION DE LOS MAPAS GEOQUIMICOS . . . . .	56
4.2.1.1. Oro . . . . .	56
4.2.1.2. Plata . . . . .	56
4.2.1.3. Arsénico . . . . .	56
4.2.1.4. Antimonio . . . . .	60
4.2.1.5. Cobre . . . . .	60
4.2.1.6. Molibdeno . . . . .	60
4.2.1.7. Tungsteno . . . . .	60
4.2.1.8. Bario . . . . .	60
4.2.2. OTROS ELEMENTOS . . . . .	60
4.3. SUELOS . . . . .	66
4.3.1. DESCRIPCION DE LOS MAPAS GEOQUIMICOS . . . . .	71
4.3.1.1. Oro . . . . .	71
4.3.1.2. Arsénico . . . . .	71
4.3.1.3. Antimonio . . . . .	73
4.3.1.4. Cobre . . . . .	73
4.3.1.5. Molibdeno . . . . .	73
4.3.1.6. Bario . . . . .	73
4.3.2. OTROS ELEMENTOS . . . . .	74
5. ORIGEN DE LA MINERALIZACION . . . . .	81
6. SUMARIO Y CONCLUSIONES . . . . .	81
7. RECOMENDACIONES . . . . .	82
8. BIBLIOGRAFIA . . . . .	82

## FIGURAS

1. Localización del área de San Antonio (Tolima) . . . . .	42
2. Panorámica de la región de San Antonio, vista desde el sur . . . . .	43
3. Geología regional de los alrededores del área de San Antonio (Tolima) . . . . .	46
4. Geología del área de San Antonio (Tolima) . . . . .	50
5. Cuerpos de brecha hidrotermal (Bx) espacialmente relacionados con zonas de fallas (F). Flanco oriental del Cerro La Guala . . . . .	52
6. Brecha hidrotermal compuesta por fragmentos silicificados, sericitizados y argilizados. Los espacios abiertos -drusas- contienen cuarzo subhedral, pirita parcialmente oxidada y abundantes óxidos de hierro. Tajo abierto antiguo . . . . .	52
7. Silicificación y sericitización en zona de estoverca (stockwork) desarrollada en los alrededores de un cuerpo de brecha hidrotermal. Tajo abierto antiguo . . . . .	54
8. Fragmento de brecha hidrotermal invadido por etapas repetitivas de silicificación . . . . .	54
9. Contenido de oro (ppm) en esquirlas de rocas . . . . .	57
10. Contenido de plata (ppm) en esquirlas de rocas . . . . .	58
11. Contenido de arsénico (ppm) en esquirlas de rocas . . . . .	59
12. Contenido de antimonio (ppm) en esquirlas de rocas . . . . .	61
13. Contenido de cobre (ppm) en esquirlas de rocas . . . . .	62
14. Contenido de molibdeno (ppm) en esquirlas de rocas . . . . .	63
15. Contenido de tungsteno (ppm) en esquirlas de rocas . . . . .	64
16. Contenido de bario (ppm) en esquirlas de rocas . . . . .	65
17. Matriz de correlación. esquirlas de rocas . . . . .	67
18. Contenido de oro (ppm) en suelos . . . . .	72
19. Contenido de arsénico (ppm) en suelos . . . . .	75
20. Contenido de antimonio (ppm) en suelos . . . . .	76
21. Contenido de cobre (ppm) en suelos . . . . .	77
22. Contenido de molibdeno (ppm) en suelos . . . . .	78
23. Contenido de bario (ppm) en suelos . . . . .	79
24. Matriz de correlación, suelos . . . . .	80

## TABLAS

1. Tipo de muestra y número de análisis realizados en la región de San Antonio. Proyecto Oro Diseminado, Fase II . . . . .	45
2. Límite de detección, rango, valor normal (background) y valor umbral (threshold) para los elementos analizados e interpretados en muestras de esquirlas de rocas de San Antonio . . . . .	56

	<u>Página</u>
3. Límite de detección y rango de 21 elementos analizados por espectrografía, en 78 muestras de esquistos de rocas de Antonio . . . . .	66
4. Contenido promedio, máximo, mínimo y mediano de los diferentes elementos en las distintas unidades roca. Análisis espectrográfico. Municipios de Salento, Quindío y Cajamarca, Tolima . . . . .	68
5. Resultados del estudio de orientación en muestras de suelos. Area de San Antonio . . . . .	71
6. Límite de detección, rango, valor normal (background) y valor umbral (threshold) para los elementos analizados en muestras de suelos de San Antonio . . . .	73
7. Coeficientes de correlación entre los elementos arsénico - oro - antimonio, en 160 muestras de suelos de San Antonio . . . . .	74
8. Límite de detección y rango de 21 elementos analizados por espectrografía, en 95 muestras de suelos de San Antonio . . . . .	74

#### ANEXO

1. Resumen estadístico correspondiente a la Fase II del Proyecto Oro Diseminado.	84
--	----

\* \* \*

## RESUMEN

En la región de San Antonio, municipio de Cajamarca, Tolima, valores anómalos de oro ( $\leq 0,60$  ppm en rocas y  $\leq 0,51$  ppm en suelos) se asocian a cuerpos de brechas hidrotermales localizados dentro de rocas metamórficas del Grupo Cajamarca. En el lado oriental del área de estudio, varias de estas brechas están relacionadas espacialmente con zonas de fallas, desarrollando formas parecidas a tubos (pipes).

Hacia la parte alta del Cerro La Guala, el cuerpo de brechas principal tiene, en superficie, forma semicircular de 65 por 35 m y consiste en fragmentos angulares a subredondeados de rocas esquistosas y porfíricas, embebidos en una matriz muy fina que por zonas presenta abundantes drusas. Los principales efectos de alteración hidrotermal, silicificación y sericitización, alcanzan su mayor desarrollo dentro de este cuerpo de brechas. Pirita, el mineral metálico más común ( $\leq 2\%$  volumen), se presenta diseminado y rellenando drusas. Los mejores valores de oro (hasta 4,30 ppm) se relacionan con zonas de drusas ricas en óxidos de hierro.

Concentraciones anómalas de Ag, As, Sb, Cu, Mo, W y Ba tienden a presentar patrones de distribución similares al de Au.

Al parecer, las brechas de San Antonio se formaron durante un proceso de actividad hidrotermal ascendente, genéticamente relacionado con la actividad magmática que generó los pórfidos dacítico-andesíticos presentes en el área, durante el Terciario superior.

La región de San Antonio presenta características favorables para el desarrollo de un depósito de oro diseminado relacionado con brechas hidrotermales, cuyo verdadero potencial económico debe ser comprobado a través de perforaciones exploratorias.

## 1. INTRODUCCION

Un programa de exploración regional, orientado a la búsqueda de áreas específicas

de interés para depósitos auríferos de Bajo Tenor - Gran Tonelaje, fue adelantado por la División de Geología Regional del IN-GEOMINAS, en Ibagué, durante 1983 y parte de 1984.

En dicho programa, denominado Fase I del Proyecto Oro Diseminado, se visitaron numerosas regiones de los Departamentos de Caldas, Quindío y Tolima, lográndose detectar varias zonas interesantes, siendo las más promisorias la de San Antonio, Tolima y la de Gallinazo, Caldas (PULIDO, 1985).

Para desarrollar la exploración detallada de superficie, correspondiente a la Fase II del Proyecto Oro Diseminado, se escogió el área de San Antonio, realizándose allí las labores de campo durante 1984. La región de Gallinazo, aunque interesante, se descartó por presentar algunos inconvenientes de orden legal y de logística.

El presente informe describe la geología del área de San Antonio, presenta algunos datos geoquímicos que tienen que ver con la posible existencia allí, de un depósito aurífero de importancia económica, y finalmente esboza el programa de exploración correspondiente a la Fase III, que se podría seguir en el área en mención. El Anexo 1 presenta un resumen de los principales datos estadísticos de la Fase II, del Proyecto Oro Diseminado.

## 1.1. LOCALIZACION

La zona de San Antonio ( $4^{\circ}27'40''$  latitud norte -  $75^{\circ}29'30''$  longitud oeste), se encuentra localizada en el municipio de Cajamarca, parte centro-occidental del Departamento del Tolima, sobre el flanco oriental de la Cordillera Central de Colombia, a una altura que oscila entre 2.400 y 2.900 m s.n.m. (Figura 1).

El acceso al área es posible por carretera pavimentada desde Ibagué (80 minutos) o Cajamarca (15 minutos) hasta el paraje El Violín. Desde allí se sigue un camino de herradura, gastándose aproximadamente 50 minutos a pie. Un carreteable que desde la fin-

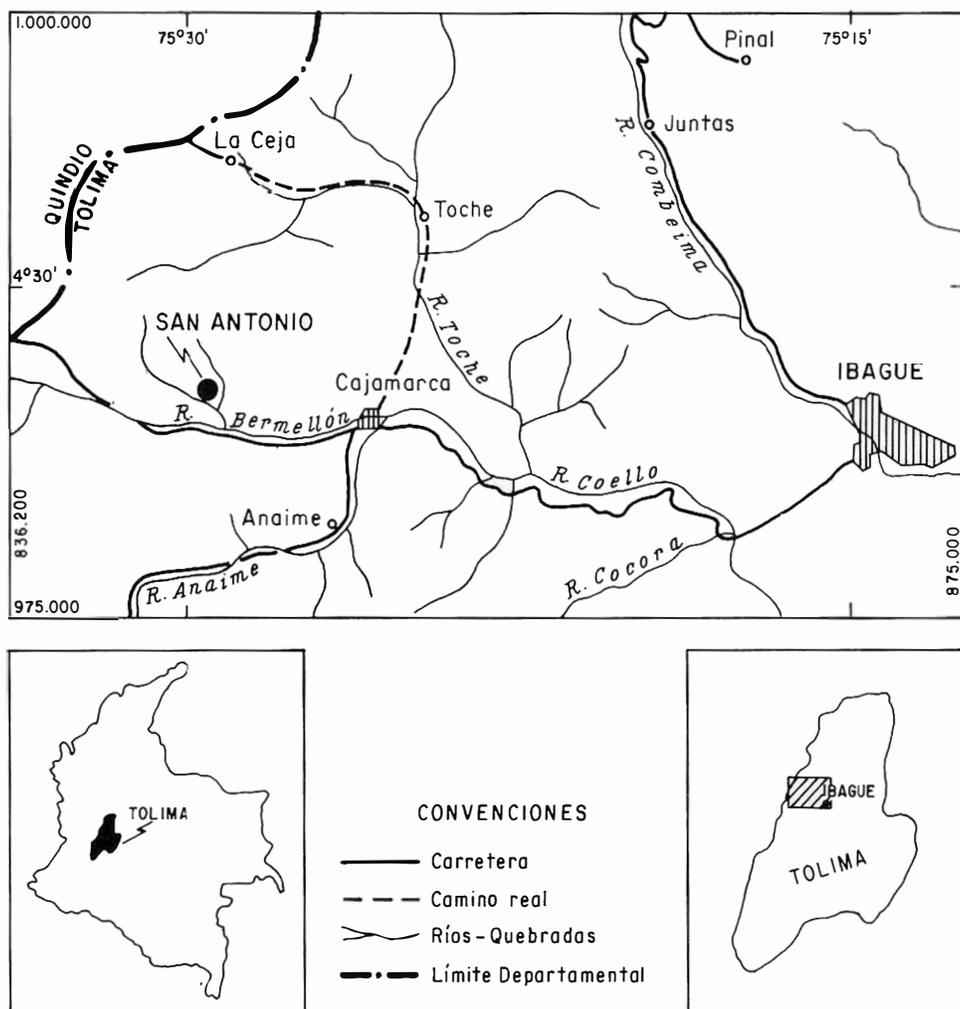


FIG. 1: Proyecto oro diseminado. Fase II. Localización del área de San Antonio.

ca La Paloma, sobre la carretera Ibagué - Armenia, conduce a la finca El Descanso permite, en época de verano, acortar el camino de herradura en 30 minutos.

### 1.2. CLIMA Y TOPOGRAFIA

El clima de la región es frío, con una temperatura promedio de 14°C. Los cambios temporales de temperatura obedecen a cambios en las estaciones de lluvia (abril-mayo y octubre-diciembre) y sequía (enero-marzo y junio-agosto). El promedio anual de lluvia es de aproximadamente 2.300 mm.

La topografía del área, dominada por el Cerro La Guala, es quebrada, con pendientes que varían entre 10° y 45°; ocasionalmente se presentan escarpes hasta de 80° (Figura 2). La vegetación existente está representada por monte (45 %), potreros (45 %) y algunos cultivos de cebolla (10 %). El porcentaje de afloramientos es aproximadamente 5 % del área de estudio.

### 1.3. RESEÑA HISTORICA

No se sabe exactamente en que año comenzó la explotación de oro en la región de

San Antonio. Según Ernesto Cadavid (comunicación oral, 1983), administrador de la mina de San Antonio entre 1941 y 1947, allí se trabajan los suelos auríferos, conocidos como "moles" por los mineros de la región. La explotación se hacía a tajo abierto, aprovechando la concentración de oro al meteorizarse la roca.

El oro, de tamaño muy fino, se obtenía principalmente a través de un proceso de cianuración. En sus mejores momentos, la mina de San Antonio llegó a reunir hasta 40 mineros; hacia finales de 1947, el material se empobreció y fue necesario abandonarla.

Entre los mineros antiguos de la región existen varias versiones acerca de la verdadera causa del abandono de la mina de San Antonio: algunos aseguran que la mina dejó de ser rentable debido a la mala administración y al robo continuado por parte de algunos de los trabajadores; otros agregan al hecho anterior, el haberse presentado un deslizamiento que causó varias muertes. Finalmente, hay quienes afirman que el surgimiento de la violencia, en 1947, influyó para que se abandonara definitivamente la mina.

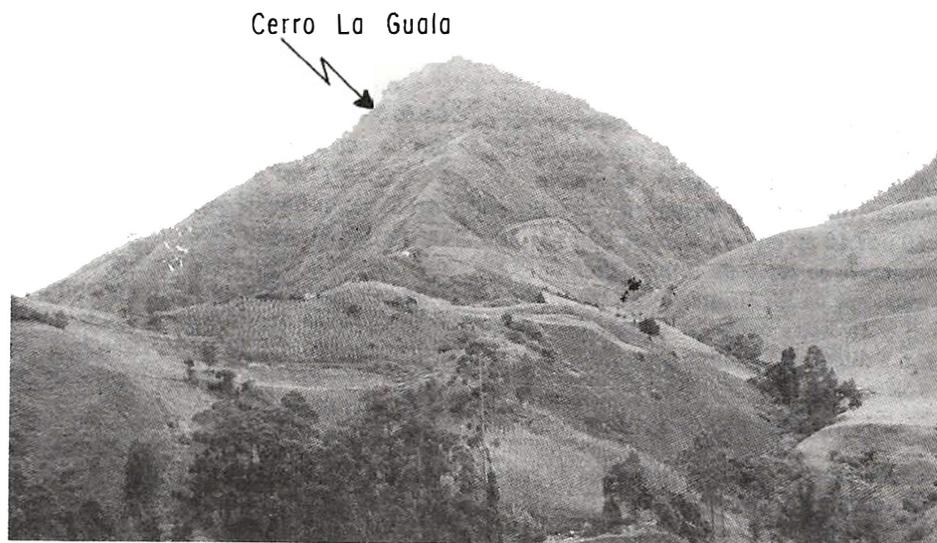


FIG. 2: Panorámica de la región de San Antonio, vista desde el sur.

Entre 1947 y 1983 tan sólo ocasionales barequeros han tratado de obtener algo de oro a partir de las colas de la antigua explotación. En 1983, la zona de San Antonio fue visitada durante el desarrollo de la Fase I del Proyecto Oro Diseminado (PULIDO, 1985), siendo seleccionada para adelantar los trabajos de exploración objeto del presente informe.

#### 1.4. METODOS DE TRABAJO

##### 1.4.1. METODOS DE CAMPO

Como mapa base se elaboró, mediante la utilización de una brújula taquimétrica marca Sokkisha, un mapa topográfico de una zona de 900 por 900 m, a escala 1:2.000. Sobre este mapa y utilizando la misma brújula, se localizaron la mayoría de los afloramientos muestreados.

En la elaboración del mapa geológico, se visitó el mayor número de afloramientos posible ( $\approx 5\%$  del área de estudio). Allí se colectó información litológica, mineralógica, estructural y de alteración hidrotermal. Al mismo tiempo, se tomaron 99 muestras de esquirlas de rocas para someterlas a diferentes análisis geoquímicos y 30 muestras de roca para estudios petrográficos. El método usado para tomar las muestras de esquirlas de rocas es explicado por Pulido (1985, p. 6). Ocasionalmente se hicieron destapes y trincheras.

Finalmente, una vez realizado un estudio breve de orientación, se colectaron 170 muestras de suelos, cubriendo donde las condiciones topográficas lo permitían, una red de 40 por 40 m, en una zona de 540 por 900 m. Siempre se trató de tomar cerca de 3 kg de muestra, de los límites entre los horizontes B y C. Estas muestras también se sometieron a diferentes análisis geoquímicos.

##### 1.4.2. METODOS DE LABORATORIO

Treinta secciones transparentes de rocas, preparadas en el Laboratorio de Petrografía del INGEOMINAS en Bogotá, fueron analizadas para clasificar las distintas unidades li-

tológicas e identificar los minerales producidos por los efectos de alteración hidrotermal.

La mayoría de las muestras de esquirlas de rocas y de suelos fueron analizadas por diferentes métodos, en la Subdirección de Investigaciones Químicas del INGEOMINAS en Bogotá, bajo la coordinación del químico Alvaro Espinosa. Oro y plata fueron determinados por absorción atómica, arsénico y antimonio por colorimetría, y cobre, bario, molibdeno, tungsteno y otros 29 elementos por espectrografía completa; no se analizó mercurio por falta de un método analítico confiable. La Tabla 1 indica el número de análisis realizados.

Los instrumentos y métodos utilizados, para la realización de los diferentes análisis geoquímicos, se explican en Pulido (1985, p.7), agregando que, en el caso de las muestras de suelos, éstas fueron tamizadas en malla 80 y calcinadas antes del análisis, a una temperatura de 500 a 600°C, para destruir la materia orgánica (A. ESPINOSA, comunicación escrita, 1984).

Cinco muestras de rocas alteradas hidrotermalmente fueron analizadas por difracción de Rayos X e interpretadas en la División de Petrología y Mineralogía del INGEOMINAS, en Medellín.

##### 1.4.3. PROGRAMAS DE COMPUTACION

En la interpretación estadística de los datos geoquímicos obtenidos por los métodos de absorción atómica, colorimetría y espectrografía, así como en la construcción de mapas geoquímicos según el método de promedio móvil, se utilizaron los programas de computación diseñados por Nugteren (1984), para ser aplicados en un microcomputador marca Texas Instruments-94/4A, con una capacidad de 16 K RAM (Random Access Memory). El lenguaje utilizado es el Ti Extended Basic.

#### 1.5. AGRADECIMIENTOS

El autor manifiesta sus agradecimientos a las Directivas del Instituto Nacional de

TAB. 1: Tipo de muestra y número de análisis realizados en la región de San Antonio. Proyecto Oro Diseminado, Fase II.

Tipo de Muestra	Absorción Atómica		Colorimetría		Espectrografía completa
	Au	Ag	As	Sb	
Esquirlas de rocas	86	86	56	56	78
Suelos	160	160	160	160	95

Investigaciones Geológico-Mineras INGEO-MINAS, por su aprobación para adelantar este proyecto.

Mi reconocimiento al geólogo Alberto Núñez T., Director de la oficina del INGEO-MINAS en Ibagué, por su constante apoyo durante la realización de este proyecto y sus comentarios durante la redacción del presente informe.

Los análisis químicos se realizaron en la Subdirección de Investigaciones Químicas del INGEO-MINAS, bajo la supervisión del químico Alvaro Espinosa; el topógrafo Keppler F. Salgado elaboró el mapa topográfico y colaboró en la tabulación de los datos geoquímicos; el auxiliar Rodrigo Marín cooperó eficientemente durante las labores de campo.

En la producción del presente informe, se contó con la colaboración de la dibujante Nora Hernández y la Secretaria Argelia de Hoyos.

## 2. GEOLOGIA REGIONAL

La zona de San Antonio se encuentra en el borde centro-occidental de la Plancha 244, Ibagué, del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, en donde predominan rocas metamórficas del Grupo Cajamarca, rocas hipobasales y capas de piroclásticos (MOSQUERA et al, 1982) (Fig. 3).

La descripción de las unidades litológicas de la Figura 3, que se presenta a continuación, se basa principalmente en la reseña explicativa que Núñez (1982) hace del Mapa Geológico Preliminar de la Plancha 244 - Ibagué.

### 2.1. LITOLOGIA

El Grupo Cajamarca (NELSON, 1962) está compuesto principalmente por esquistos negros cuarzo - sericítico - grafitosos, esquistos verdes clorítico - actinolíticos y cuarcitas. La asociación mineralógica de estas rocas refleja la facies esquisto verde, dentro del metamorfismo de baja presión, definido por Miyashiro (1961).

Las edades radiométricas de rocas del Grupo Cajamarca y correlacionables varían entre 61 m.a. (NUÑEZ et al, 1979) y 312 m.a. (RESTREPO y TOUSSAINT, 1978), permitiendo definirlo como un complejo polimetamórfico, de edad de formación y de primer evento metamórfico no bien conocidos aún. Generalmente se cree que el primer evento metamórfico sucedió durante el Silúrico (?).

Los esquistos negros (Es) son de grano fino a medio; presentan abundantes replegamientos, venas y lentes de cuarzo de segregación. Las variedades micáceas y cuarzosas presentan, respectivamente, textura lepidoblástica y granoblástica. Los minerales esenciales son cuarzo, sericita, biotita y grafito; los minerales accesorios son albita, apatito y zircón.

Los esquistos verdes (Ev) son rocas de grano fino a medio; generalmente presentan textura heteroblástica y un ligero bandeo composicional, definido por bandas de albita separadas entre sí por zonas de clorita, epidota y actinolita. Los minerales accesorios son cuarzo, calcita, moscovita, rutilo, zircón, esfena, magnetita y pirlita.

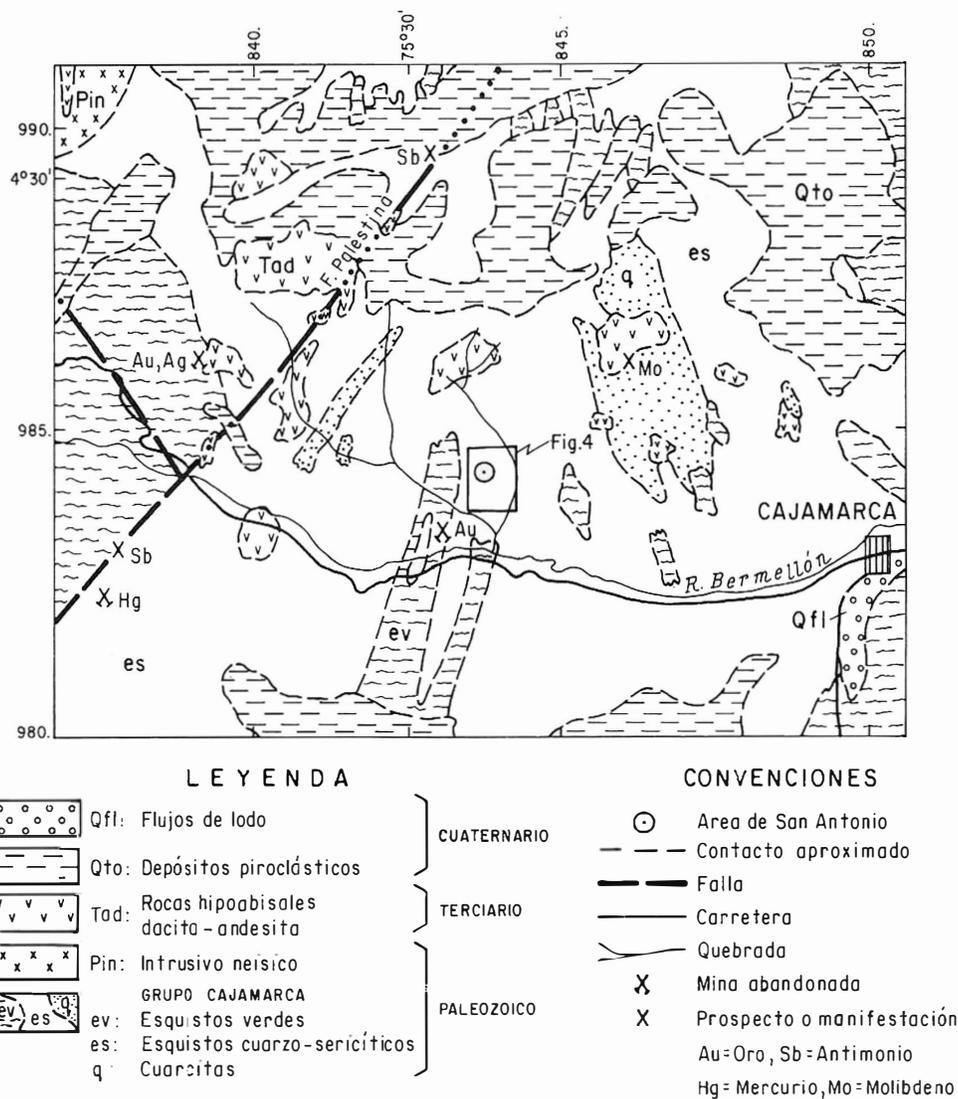


FIG. 3: Proyecto oro diseminado. Fase II. Geología Regional simplificada de MOSQUERA et al (1982) de los alrededores del área de San Antonio (Tolima).

Las cuarcitas (q) son variedades mineralógicas y texturales de los esquistos negros, que tienen cantidades menores de sericita y grafito con aumento en el porcentaje de cuarzo y biotita.

En el extremo noroccidental de la Plancha 244 se presenta un cuerpo ígneo, con características néisicas, denominado por Mosquera et al. (1982) Intrusivo Néisico de La Línea (Pin). Está constituido por rocas de grano medio a grueso, con texturas holocristalina, lepidoblástica a granoblástica, y cataclástica. Su composición varía entre granodiorita y tonalita, siendo sus minerales esenciales cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico y biotita; los minerales accesorios más comunes son moscovita, zircón, apatito, rutilo, magnetita y piritita. Nuñez (1982), basado en dataciones radiométricas sobre cuerpos similares en otras regiones de la Cordillera Central, propone una edad Permo-Triásica para este intrusivo néisico.

Con el nombre de Rocas Hipoabisales (Tad) se identifican los diques ( $\leq 2$  m) y cuerpos ( $\leq 4$  km, en superficie) de roca con textura afanítica a porfirítica y composición dacítico-andesítica, que afloran en el borde occidental de la Plancha 244. La mineralogía más frecuente es cuarzo, plagioclasa ( $An_{30-50}$ ) hornblenda y biotita; piritita es el accesorio más común. A estas rocas hipoabisales se les asigna tentativamente una edad Terciario Superior.

En el borde occidental de la Plancha 244, parte de la actividad efusiva de los volcanes Tolima, Machín y Los Gómez, está representada por flujos y lluvias de cenizas y lapilli, con ocasionales bombas, de composición intermedia a básica (Qto). De acuerdo con Herd (1974), estas manifestaciones efusivas se iniciaron en el Mioceno y tuvieron su máximo desarrollo en el Cuaternario.

Los flujos de lodo (Qfl) que se presentan cerca a Cajamarca (Figura 3), son depósitos sedimentarios cuaternarios, de origen volcánico-glaciario, provenientes principalmente del Nevado del Tolima y que han rellenado parte de los valles de los ríos Bermellón y

Anaime. Básicamente, son acumulaciones de cantos de rocas volcánicas en una matriz tobácea.

## 2.2. ESTRUCTURAS

El rasgo estructural más sobresaliente que se presenta en el borde occidental de la Plancha 244 son las fallas. En los alrededores de San Antonio, la falla más importante que reportan Mosquera et al. (1982) es La Palestina, con un rumbo aproximado  $N41^{\circ}E$  (Figura 3).

La Palestina es una de las 4 importantes fallas de rumbo que se presentan en el flanco oriental de la Cordillera Central y, de acuerdo con Feininger et al. (1972), tiene un movimiento lateral derecho, alcanzando un desplazamiento de 27,7 km. Aunque dichos autores le asignan a esta falla una edad post-Cretáceo temprano, Barrero y Vesga (1976), en el Mapa Geológico del Cuadrángulo K-9, Armero, muestran que la Falla Palestina afecta el stock de Florencia, cuya edad K/Ar (biotita) es  $54,9 \pm 1,9$  m.a., correspondiente al Eoceno. Por tanto, la falla debe ser post-Eoceno (ALVAREZ, 1983, p. 35).

Fallas menores y lineamientos, en varias direcciones, parecen controlar el cauce de la mayoría de las quebradas actuales. El diaclasamiento, casi siempre, coincide con la dirección de máximos esfuerzos, concentrándose por lo general cerca a las zonas de fallas.

Otro tipo de estructura frecuente es el plegamiento de rocas del Grupo Cajamarca; se trata de pliegues complejos y apretados, difíciles de estudiar debido a la carencia de niveles guías representativos.

## 2.3. OCURRENCIAS MINERALES

En el municipio de Cajamarca, Tolima, las principales ocurrencias minerales conocidas, corresponden a venas hidrotermales de cuarzo que contienen cantidades de oro, plata, antimonio, mercurio y molibdeno (BUITRAGO y BUENAVENTURA, 1975). En el pasado, varias de estas mineralizaciones

fueron explotadas con éxito, especialmente las de Bolívar (Au, Ag), El Silencio (Au, Ag) y El Cinabrio (Hg); en San Antonio, La Julia y San José se explotaron suelos auríferos (moles). En la actualidad, no hay minas en actividad.

### 3. GEOLOGIA DEL AREA DE SAN ANTONIO

La Figura 4 muestra la geología de superficie del área de San Antonio. Las rocas del Grupo Cajamarca son las más abundantes y se separan en tres unidades distintas, denominadas según el tipo de roca predominante. Dada la escasez de afloramientos, varios de los contactos son aproximados.

#### 3.1. LITOLOGIA

Las unidades litológicas expuestas en el área de San Antonio incluyen, de más antigua a más reciente, rocas metamórficas —esquistos negros, esquistos verdes y cuarcitas— del Grupo Cajamarca (Paleozoico), cuerpos intrusivos pequeños y diques de composición dacítico - andesítica (Terciario Superior?), y capas delgadas de cenizas volcánicas (Cuaternario). Cuerpos menores y diques de brechas hidrotermales, aparentemente relacionados espacial y genéticamente con la mineralización aurífera de San Antonio, generalmente afloran en varios sectores del Cerro La Guala.

##### 3.1.1. ESQUISTOS NEGROS (Es)

Los esquistos negros, localmente filitas negras, afloran principalmente en el borde oriental del área de estudio y, ocasionalmente, en la parte norte de la unidad de las cuarcitas. El contacto principal entre esquistos negros y cuarcitas es fallado (Falla La Cólaga).

Los esquistos negros son rocas finamente laminadas, comúnmente replegadas, con venas y lentes de cuarzo lechoso paralelos a la foliación, y con cuarzo como principales componentes. El grafito, que le da el color negro a la roca, alcanza hasta

un 90 % ; cuando este porcentaje es menor del 2 % , la roca toma un color gris plateado. Zircón, apatito, piritita y albita son los accesorios más comunes. Microscópicamente presenta texturas lepidoblástica y granoblástica, con un tamaño de grano variando entre 0,1 y 0,3 mm.

##### 3.1.2. CUARCITAS (q)

Cuarcitas macizas, cuarcitas bandeadas y esquistos cuarzosos constituyen la unidad litológica más abundante en San Antonio, abarcando casi el 60% del área; debido a su alta resistencia a la meteorización, conforma las salientes y pendientes topográficas más pronunciadas del Cerro La Guala. Variaciones gradacionales y locales de cuarcitas a esquistos cuarzo-sericíticos se presentan en la parte norte de la unidad; intercalaciones ocasionales de esquistos verdes se observan en el camino que conduce a la finca La Escalera.

Las variedades estructurales y texturales en esta unidad van desde maciza granoblástica hasta esquistosa heteroblástica. El cuarzo es el mineral más abundante en esta roca (60 a 90% ); le acompañan, en cantidades variables, biotita, sericita y plagioclasa. Los accesorios son apatito, zircón grafito y piritita.

##### 3.1.3. ESQUISTOS VERDES (Ev)

En el borde suroccidental del área de San Antonio se encuentra un paquete de esquistos cloríticos-actinolíticos, de color verde oscuro. Estas son rocas macizas con esquistosidad bien definida y que microscópicamente se caracterizan por presentar textura heteroblástica y bandeamiento composicional definido por bandas de albita, separadas entre sí por zonas de actinolita, clorita y epidota. El espesor promedio de estas bandas es de 1 mm. Los accesorios son cuarzo, magnetita, piritita, esfena y sericita.

##### 3.1.4. PORFIDOS DACITICO-ANDESITICOS (Tad)

Varios cuerpos de rocas porfiríticas, de composición variable entre dacita y andesita,

se encuentran en el área de San Antonio. El cuerpo más grande, localizado hacia el tope del Cerro La Guala, tiene en superficie una forma semicircular de 220 por 240 m. Otros cuerpos más pequeños y diques de composición similar, con espesores entre 0,50 y 3 m, afloran preferencialmente en el sector oriental del área cartografiada (Figura 4).

Las rocas porfiríticas son de color gris-verdoso claro. Aunque la textura dominante es porfirítica, localmente se observan variaciones a textura glomeroporfirítica y fanerítica de grano fino. Los fenocristales euhedrales de plagioclasa (40 - 60 %) y anhedrales de cuarzo (2 - 10%) alcanzan hasta 5 y 1 mm, respectivamente, en su dimensión mayor. Ocasionalmente se observan fenocristales de biotita y hornblenda, parcial a totalmente cloritizados. La matriz es holocristalina de grano fino a muy fino, compuesta esencialmente de plagioclasa no maclada y cuarzo. Los accesorios más comunes son apatito, esena, clorita, epidota y opacos.

Aunque no se conocen dataciones radiométricas de los cuerpos porfiríticos, que se encuentran en el borde noroccidental de la Plancha 244-Ibagué, generalmente se han considerado de edad terciaria superior (NUÑEZ, 1982). Mosquera et al. (1982) muestran varios de estos cuerpos intruidos a lo largo de la Falla Palestina; por tanto, son más jóvenes que ella. La Falla Palestina se considera de edad post-Eoceno (p. 47, en este informe).

Cuerpos y diques de brechas hidrotermales, al parecer genéticamente relacionados con los pórfidos dacítico-andesíticos, se describen más adelante.

### 3.1.5. CENIZAS VOLCANICAS (Qto)

Unas pocas capas de cenizas volcánicas se encuentran en el borde noroccidental de San Antonio. Estas capas siguen la topografía antigua del terreno y su espesor varía entre 0,30 y 2 m.

Las capas de cenizas volcánicas están constituidas por material deleznable com-

puesto principalmente por cuarzo, biotita, hornblenda, feldespato y óxidos de hierro. Las cenizas volcánicas se consideran de edad cuaternaria (MOSQUERA et al, 1982).

## 3.2. ESTRUCTURAS

En San Antonio, el plegamiento es una característica común de las rocas esquistosas del Grupo Cajamarca. Está representado por pliegues complejos y apretados, difíciles de estudiar debido a la falta de niveles guías característicos.

Varios lineamientos y zonas de cizalla definen la presencia de fallas en el área de estudio. Aparentemente, algunas de estas fallas jugaron un papel importante en la preparación del terreno para la mineralización aurífera presente en San Antonio.

La Falla Cóloga, que recibe su nombre de la quebrada La Cóloga, cruza por el borde nororiental del área, con rumbo N18-20°W, y pone en contacto rocas de las unidades litológicas esquistos negros (Es) y cuarcitas (q) (Fig. 4). Regionalmente, esta falla corresponde a un lineamiento fotogeológico bien marcado, de rumbo NW-SE (MOSQUERA et al, 1982) y, aunque todavía no se conoce el movimiento relativo de los bloques, se interpreta como una falla vertical o de gran ángulo, que buza al NE. Varios afloramientos, ubicados en la zona de influencia de la Falla Cóloga, muestran evidencias claras de cizallamiento.

Varios lineamientos menores, de rumbo aparente N75-82°W e interpretados como correspondientes a fallas satélites de la Falla Cóloga, se encuentran en el flanco oriental del Cerro La Guala (Figura 4). Estas pequeñas fallas parecen ser verticales o buzard fuertemente hacia el SW y si presentan brechamiento tectónico, éste generalmente es oscurecido o confundido con brechas hidrotermales (descritas más adelante) que tienden a estar controladas, espacialmente, por estas fallas.

En San Antonio, la intensidad promedio de diaclasamiento es baja, aumentando

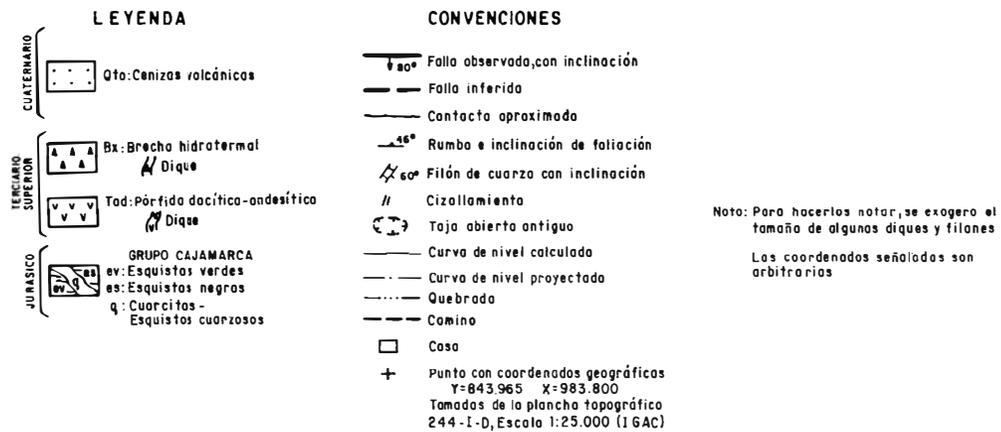
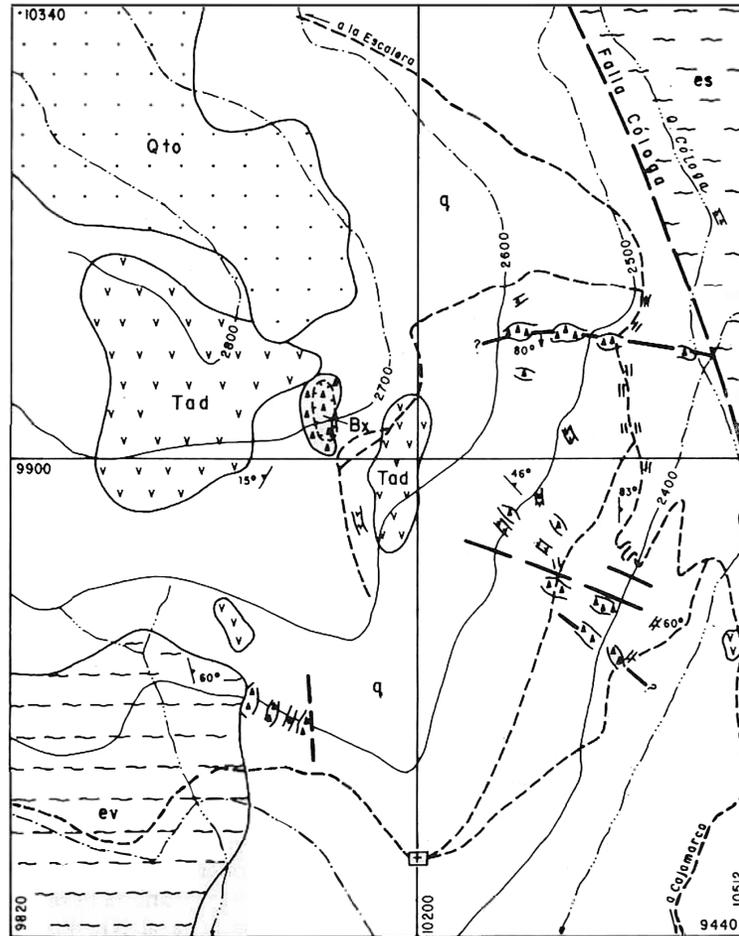


FIG. 4: Proyecto oro diseminado. Fase II. Geología del área de San Antonio (Tolima).

únicamente en los alrededores de las trazas de falla y de los cuerpos de brechas hidrotermales. Con contadas excepciones, el diaclasamiento en las rocas del Grupo Cajamarca siempre es más intenso que en los pórfidos dacítico-andesíticos. Dentro de los cuerpos de brecha hidrotermal el diaclasamiento es mínimo.

### 3.3. BRECHAS HIDROTERMALES (Bx)

Varios cuerpos y diques de brechas hidrotermales que ocurren dentro de las rocas del Grupo Cajamarca, en San Antonio (Fig. 4), son de especial importancia, pues es en ellos donde tienden a concentrarse los mayores valores de oro detectados. En este informe, el término "brecha hidrotermal" se usa según los conceptos genéticos y descriptivos de Scherkenbach (1983).

Aunque la escasez de afloramientos y lo pronunciado de la topografía, impiden delimitar con exactitud la forma superficial de algunas de estas brechas, las observadas en el flanco oriental del Cerro La Guala, en donde la pendiente topográfica oscila entre 20° y 80°, corresponden a parches irregulares con espesores entre 5 y 30 m que, de comprobarse la continuidad entre algunas de ellas, tendrían forma de tubos (pipes), casi verticales. Parte de estos cuerpos de brechas están espacialmente relacionados a zonas de fallas. La Figura 5 ilustra esta interpretación.

Hacia la cota 2.700 m del Cerro La Guala, cerca al borde oriental del pórfido dacítico-andesítico que aflora allí, se encuentra un cuerpo compuesto principalmente por brechas hidrotermales que, en planta, tiene forma aproximadamente semicircular, de 65 por 35 m (Figura 4). El tajo abierto, correspondiente a los antiguos trabajos de explotación en San Antonio, se desarrolló sobre este cuerpo, el que se interpreta como la expresión superficial de una brecha hidrotermal con forma de tubo (Breccia Pipe), que de llegar a estar comunicado con los cuerpos de brecha antes mencionados, podría alcanzar una extensión vertical de 250 m o posiblemente mayor.

Unos pocos diques de brechas, con espesores entre 0,30 y 2,50 m, se presentan en las partes sur y oriental del área. Mientras que los contactos de estos diques con la roca encajante tienden a ser netos, la mayoría de los observados en los otros cuerpos de brechas, muestran cambios gradacionales a zonas de intenso fracturamiento que desaparecen a los pocos metros.

Las brechas hidrotermales de San Antonio están compuestas por fragmentos angulares a subredondeados de rocas esquistosas e ígneas porfiríticas, que en promedio alcanzan 85% y 15% respectivamente, y cuyo tamaño oscila entre 4 y 60 cm. Ocasionalmente se observan fragmentos de cuarzo lechoso.

La matriz de las brechas, cuando está presente, varía en composición desde polvo de roca, en zonas frescas y aparentemente estériles, hasta un agregado fino cuarzo-sericitico con abundantes espacios abiertos — drusas —, en zonas mineralizadas y alteradas hidrotermalmente. En estas últimas zonas, la matriz alcanza hasta un 10% del volumen de la brecha, y los espacios abiertos están parcialmente ocupados por cuarzo subhedral, óxidos de hierro y algunos sulfuros, principalmente pirita (Figura 6).

Zonas brechadas, conteniendo fragmentos previamente brechados, demuestran que existieron varias etapas, por lo menos dos, de brechamiento hidrotermal. Asumiendo que la relación genética de las brechas hidrotermales con los pórfidos dacítico-andesíticos, propuesta más adelante, es válida, estas debieron formarse durante el Terciario Superior (Mioceno - Plioceno?).

### 3.4. ALTERACION Y MINERALIZACION

En San Antonio, los efectos de alteración y mineralización tienden a concentrarse dentro y en los alrededores de algunos de los cuerpos de brecha hidrotermal, especialmente en los localizados en el tajo abierto antiguo y en el sector nororiental (Fig. 4).

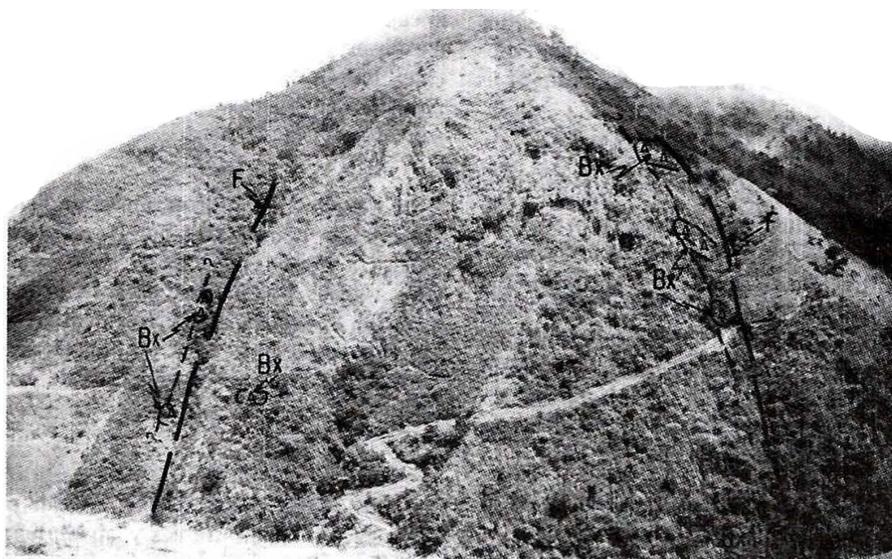


FIG. 5: Cuerpos de brecha hidrotermal (Bx) especialmente relacionados a zona de fallas (F). Flanco oriental del Cerro La Guala.



FIG. 6: Brecha hidrotermal compuesta por fragmentos silicificados, sericitizados. Los espacios abiertos — drusas — contienen cuarzo subhedral, pirita parcialmente oxidada y abundantes óxidos de hierro. Tajo abierto antiguo.

Silicificación y sericitización, junto con cantidades menores de feldespato potásico, caolinita, clorita y epidota, son los principales productos de alteración identificados.

Silicificación, definida por la presencia de venas, venillas e invasión masiva de cuarzo, y sericitización, representada por desarrollo de sericita muy fina, se encuentran espacialmente relacionadas. Su intensidad varía desde débil, en zonas donde unas pocas venas de cuarzo cortan rocas esquistosas, hasta fuerte, en zonas donde la introducción de sílice y la formación de sericita enmascaran el aspecto original de la roca, llegando a formar estovercas —stockworks— (Fig. 7).

Etapas repetitivas de silicificación están representadas por venillas de cuarzo que cortan venillas similares pre-existentes, y por drusas con cuarzo que invaden fragmentos de brecha previamente silicificados (Fig. 8).

Feldespato potásico y caolinita fueron identificados por medio de análisis de difracción de Rayos X, en muestras alteradas. El feldespato potásico, posiblemente adularia, normalmente es introducido junto con cuarzo y sericita; la caolinita posiblemente es de origen supergénico.

Alteración propilítica débil, definida por la presencia de clorita y epidota, se observa en los alrededores de algunos de los cuerpos de brechas.

En el tajo abierto antiguo, partículas muy pequeñas de oro libre se presentan esporádicamente, dentro de drusas, acompañando pirita algo oxidada. Aunque falta adelantar un estudio de secciones pulidas, parece que el oro de San Antonio está constituido principalmente por partículas microscópicas, quizás submicroscópicas, íntimamente relacionadas a otros minerales, especialmente sulfuros, lo que no es raro en depósitos auríferos de bajo tenor - gran tonelaje (JORALEMON, 1951; WRIGHT, 1983).

Pirita, junto con cantidades menores de calcopirita, pirrotita, molibdenita, arsenopirita (?), cinabrio y estibina, son los princi-

pales sulfuros identificados en las pocas zonas mineralizadas que, en superficie, han escapado parcialmente a los efectos de meteorización y oxidación; dichos efectos han facilitado la formación de jarosita, hematita y otros óxidos de hierro y manganeso.

Pirita, el sulfuro más abundante, se presenta rellenando drusas y fracturas; ocasionalmente se observa finamente diseminada, alcanzando hasta un 2 % en volumen, porcentaje que debe aumentar en zonas mineralizadas no afectadas por efectos supergénicos destructivos. Calcopirita, pirrotita y arsenopirita (?) acompañan ocasionalmente a la pirita.

Molibdenita se observa esporádicamente en venillas de cuarzo, generalmente dentro de los pórfidos. Trazas de cinabrio y estibina se detectaron en algunas drusas ubicadas en el tajo abierto antiguo.

Parches irregulares de magnetita muy fina se encuentran ocasionalmente en los alrededores de los cuerpos de brecha, dentro de los esquistos cuarzosos.

## 4. PROSPECCION GEOQUIMICA

### 4.1. INTRODUCCION

El tamaño extremadamente fino del oro y el aspecto casi normal de las rocas que lo contienen, son dos factores relativamente comunes en algunos depósitos de oro diseminado, que los hace difíciles de localizar. En estas condiciones, la prospección geoquímica se convierte en una de las herramientas más útiles para detectarlos.

En San Antonio, junto con la observación geológica, se adelantó una prospección geoquímica, con el propósito de delimitar mejor las zonas mineralizadas conocidas y de detectar zonas mineralizadas adicionales. En esta prospección se colectaron muestras de esquirlas de rocas y de suelos, que luego se analizaron por varios métodos geoquímicos (ver Métodos de Trabajo y Tabla 1, en este informe).

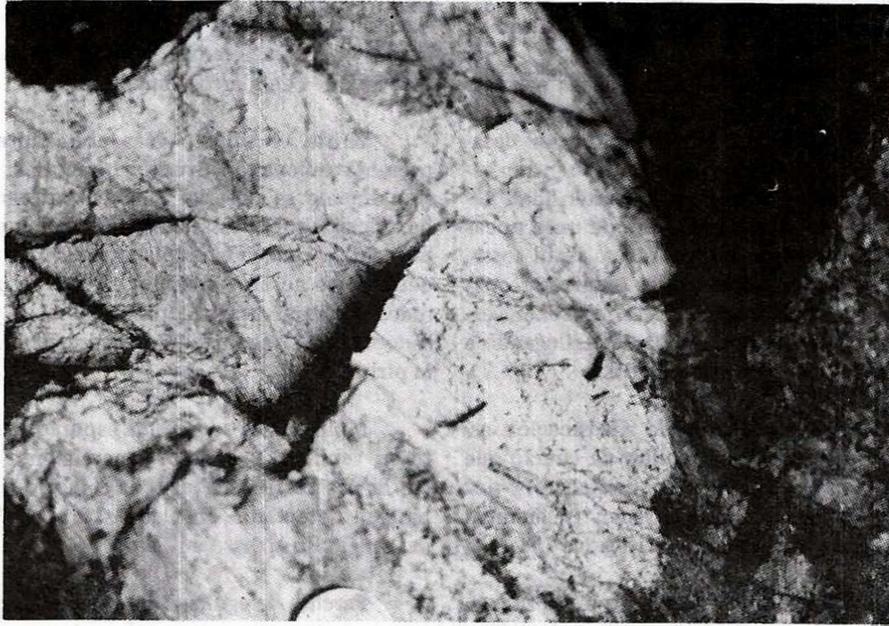


FIG. 7: Silicificación y sericitización en zona de estoverca (stockwork) desarrollada en los alrededores de un cuerpo de brecha hidrotermal. Tajo abierto antiguo.

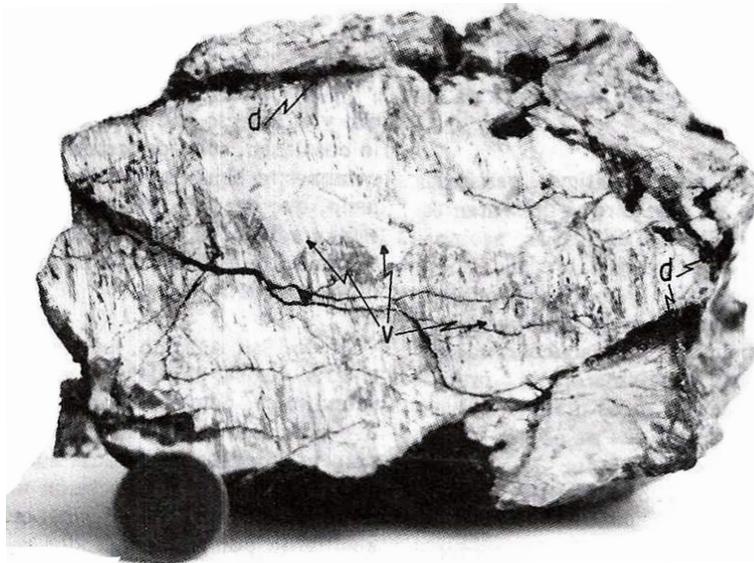


FIG. 8: Fragmento de brecha hidrotermal invadido por etapas repetitivas de silicificación: venillas de cuarzo (v) y crúsas (d).

En la interpretación estadística de los datos geoquímicos obtenidos por los métodos de absorción atómica, colorimetría y espectrografía, se utilizaron varios programas de computación diseñados por Nugteren (1984). Estos programas facilitan, entre otros, los siguientes cálculos: a) ordenamiento de los datos para la elaboración de histogramas (ARCHISPECT, HISTOSPECT, ARCHABSAT), b) determinación de los valores normal (background) y umbral (threshold) (INTERSPECT, INTERABSAT); en caso de presentarse una desviación de la lognormal; se obtienen los datos necesarios para dibujar la curva de frecuencia acumulada, la cual permite calcular los valores normal y umbral por el método gráfico descrito por Lepeltier (1969), c) construcción de mapas geoquímicos usando el método del promedio móvil (PROMOSPECT, PROMABSAT) y d) elaboración de matrices de correlación (CORRESPECT, CORRABSAT). El lector interesado en los detalles de estos programas de computación encontrará, en el informe de Nugteren (1984), la información teórica necesaria, incluyendo los listados correspondientes.

Los datos geoquímicos, de los elementos interpretados, se presentan en histogramas que indican la frecuencia de las observaciones en cada intervalo de clase. Estos histogramas permiten una estimación visual de la simetría de distribución de frecuencias, el rango de los valores reportados y la cantidad de datos por debajo del límite inferior de detección, según el método analítico utilizado. Cada mapa geoquímico que se presenta en este informe, va acompañado por el histograma correspondiente.

En los valores obtenidos por espectrografía (datos discretos), la abscisa de cada histograma está dividida en intervalos logarítmicos, definidos por los puntos medios 1,47; 2,15; 3,16; 4,64; 6,81; . . . los que están en progresión logarítmica; estos puntos medios se han redondeado a 1,5; 2,0; 3,0; 5,0; 7,0; . . . La ordenada representa el número de muestras, en porcentaje. Nugteren (1984) explica las bases teóricas para la construc-

ción de histogramas, a partir de datos obtenidos por espectrografía.

Como el muestreo fue restringido a los alrededores de una zona mineralizada, los valores normal y umbral calculados para algunos elementos, en especial el oro, son relativamente altos. En los mapas geoquímicos, la falta de valores en varios sitios claves, obliga a dejar abiertos algunos de los contornos trazados.

#### 4.2. ESQUIRLAS DE ROCAS

En San Antonio, el muestreo de esquirlas de rocas cubrió todos los afloramientos accesibles del Cerro La Guala. De las 99 muestras colectadas se analizaron 86 para oro y plata (absorción atómica), 56 para arsénico y antimonio (colorimetría) y 78 por espectrografía para 33 elementos. Revisados los resultados analíticos obtenidos, se seleccionaron e interpretaron 8 elementos: oro, plata, arsénico, antimonio, cobre, molibdeno, tungsteno y bario.

Aunque en la elaboración de los mapas geoquímicos se procesaron todos los valores obtenidos, para cada elemento, de manera indiscriminada, desde un principio se asumió que los mejores valores para Au, Ag, As y Sb estaban íntimamente asociados con las brechas hidrotermales; por tanto, siempre se evitó mezclar en una sola muestra, esquirlas de zonas brechadas con esquirlas de zonas no brechadas. Con esto, se evitaba diluir los valores realmente presentes en las zonas de brecha, al tiempo que se comprobaba, con sólo observar los resultados analíticos, si existían valores interesantes relacionados con zonas no brechadas.

La Tabla 2 presenta un resumen de los principales parámetros geoquímicos obtenidos, a partir de las muestras de esquirlas de rocas, para los 8 elementos interpretados. Es conveniente recordar que el número relativamente reducido de muestras analizadas (menos de 100 para cada elemento) limita, en cierta forma, la precisión de los valores normal, umbral y los coeficientes de correlación obtenidos.

TAB. 2: Límite de detección, rango, valor normal (background) y valor umbral (threshold) para los elementos analizados e interpretados en muestras de esquirlas de rocas de San Antonio. Valores en ppm.

Elemento	Tipo de Análisis	L. D.	Rango	Valor Normal	Valor Umbral
Au	AA	0,01	0,01 - 4,3	0,13	0,60
Ag	AA	1	< 1 - 23	1,2	10
As	C	1	3 - 600	13	56
Sb	C	1	< 1 - 12	1,4	5,2
Cu	E	10	15 - 1000	84	500
Mo	E	5	N - 100	5 (L.D.)	30
W	E	50	N - 200	50 (L.D.)	100
Ba	E	20	N - 5000	700	2000

L.D. = Límite inferior de detección

< = Menor que

N = Elemento no detectado

AA = Absorción atómica

C = Colorimetría

E = Espectrografía

#### 4.2.1. DESCRIPCIÓN DE LOS MAPAS GEOQUÍMICOS

El ploteo de los datos geoquímicos y su interpretación dio los siguientes resultados:

4.2.1.1. Oro (Figura 9).- Los valores considerados anómalos ( $\geq 0,60$  ppm) están relacionados con las zonas de brechas hidrotermales (Bx) y sus alrededores. El máximo valor detectado (4,30 ppm) corresponde a un afloramiento de Bx en el tajo abierto antiguo. El mejor valor encontrado en zonas no brechadas (3,50 ppm) corresponde a un afloramiento de esquistos parcialmente cizallados y lixiviados, localizado a unos 20 m de un cuerpo de Bx expuesto en el sector nororiental, sobre el camino principal. Valores  $\geq 1,20$  ppm son comunes en las Bx del tajo abierto antiguo y en algunas de las Bx del sector suroriental. Varias Bx de los sectores suroccidental y nororiental reportaron valores  $< 0,60$  ppm.

Como guía en exploración, el valor normal (background) calculado para oro (0,13 ppm) es relativamente alto; por tanto, si las zonas correspondientes a valores entre 0,13 y 0,60 ppm se consideran de interés, se amplían las regiones potencialmente im-

portantes para la mineralización aurífera de San Antonio.

4.2.1.2. Plata (Figura 10).- Los valores de plata más altos detectados en San Antonio, en su mayoría coinciden con los mejores de oro, y por consiguiente, con las zonas de Bx; sin embargo, el máximo valor encontrado (23 ppm) corresponde a un afloramiento de roca no brechada, el mismo mencionado anteriormente con 3,50 ppm de oro.

El coeficiente de correlación oro-plata para las 86 muestras analizadas, es 0,650. El promedio de la relación Ag/Au, calculado solamente para 32 muestras conteniendo al menos 1,2 ppm de plata y 0,13 ppm de oro, es 6,1.

4.2.1.3. Arsénico (Figura 11).- Los valores anómalos para arsénico ( $\geq 56$  ppm) se encuentran relacionados a zonas de Bx y sus alrededores, y a los respaldos de un filón de cuarzo. Los mejores valores se localizan en el sector suroriental del área, correspondiendo el máximo valor detectado (600 ppm) a un afloramiento de esquistos cuarzosos grises, unos 15 m al norte de un cuerpo de Bx. Una muestra al respaldo de un filón de cuarzo, en el mismo sector reportó 440 ppm.

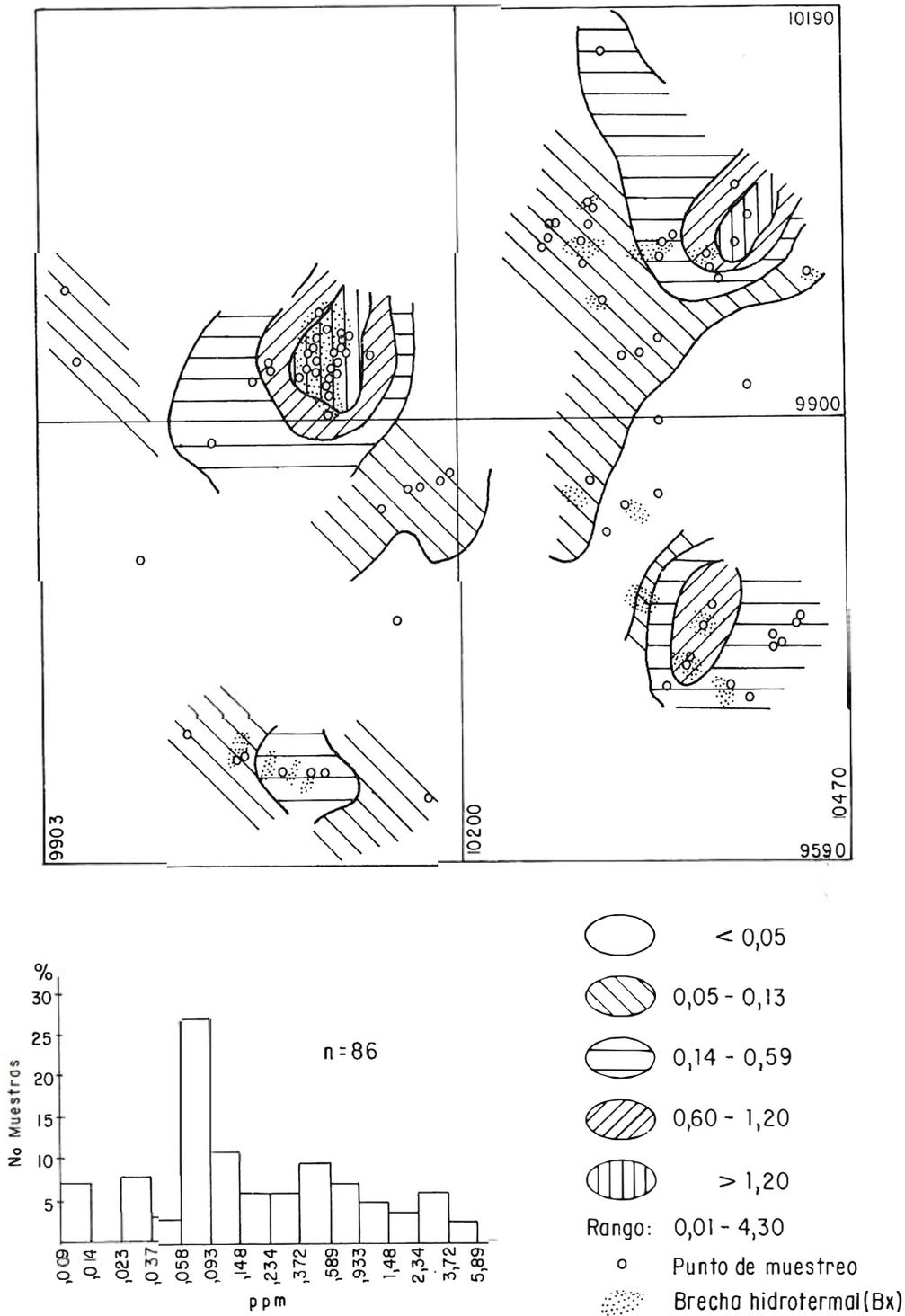


FIG. 9: Proyecto oro diseminado. Fase II, San Antonio. Contenido de oro, análisis por Absorción Atómica (ppm) en esquirlas de rocas.

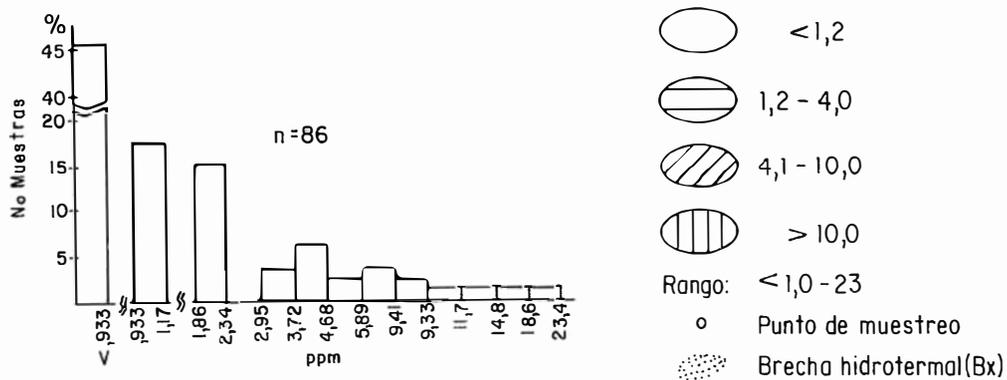
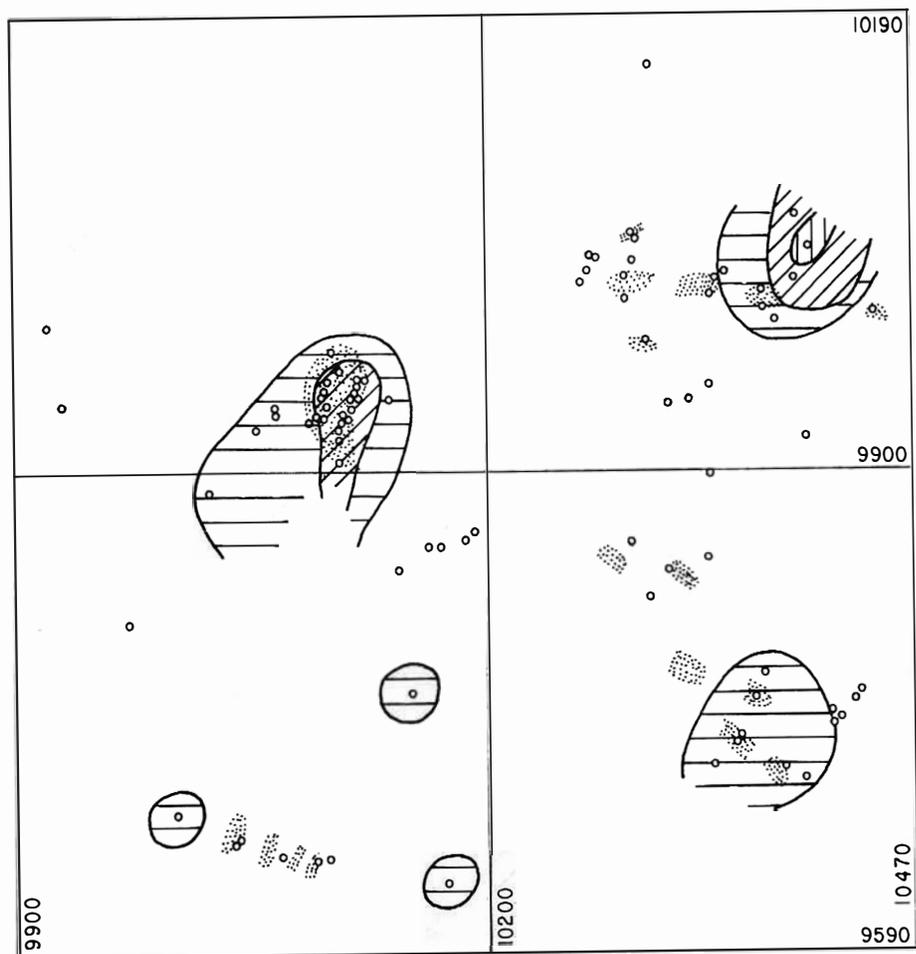


FIG. 10: Proyecto oro diseminado. Fase II, San Antonio. Contenido de plata, análisis por Absorción Atómica (ppm) en esquirlas de rocas.

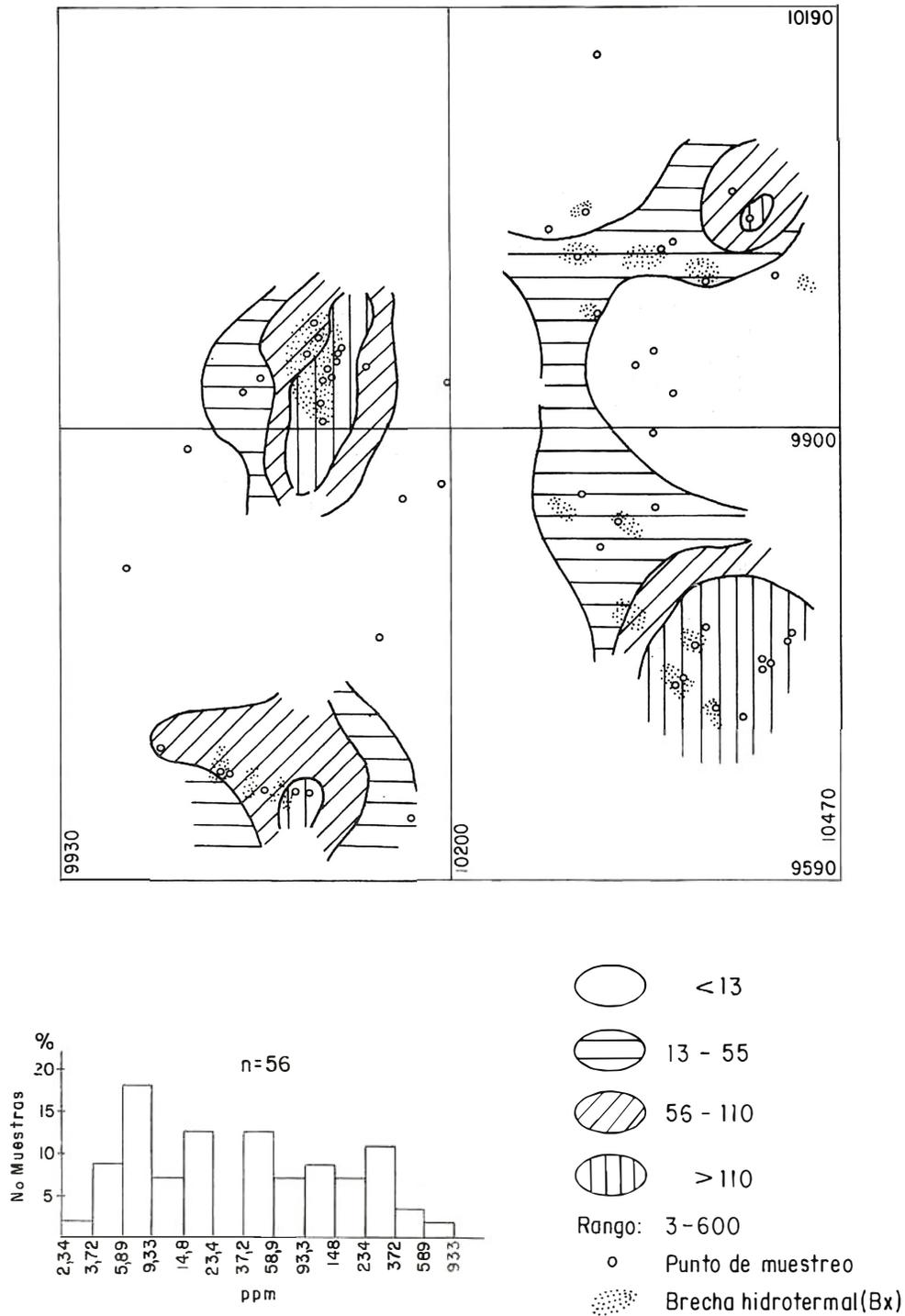


FIG. 11: Proyecto oro diseminado. Fase II, San Antonio. Contenido de arsénico, análisis por Colorimetría (ppm) en esquirlas de rocas.

Valores entre 140 y 300 ppm son relativamente comunes en la mayoría de los cuerpos de Bx muestreados. El coeficiente de correlación oro-arsénico, calculado a partir de 56 muestras, es 0,677.

4.2.1.4. *Antimonio (Figura 12).*- Los valores para antimonio en San Antonio son relativamente bajos. Los pocos valores anómalos ( $\geq 5,2$  ppm) se encuentran en muestras de Bx del tajo abierto antiguo y en una muestra de respaldo de un filón de cuarzo, la misma que reporta 440 ppm para arsénico. El coeficiente de correlación arsénico-antimonio, calculado para las 56 muestras analizadas, es 0,742.

4.2.1.5. *Cobre (Figura 13).*- Los valores anómalos de cobre ( $\geq 500$  ppm) se detectaron únicamente en la zona de tajo abierto antiguo, correspondiendo la mayoría a muestras en cuerpos de Bx. Los valores correspondientes a Bx del sector suroriental oscilan entre 100 y 200 ppm; los correspondientes a zonas de Bx de los sectores nororiental y suroccidental están por debajo de 84 ppm.

4.2.1.6. *Molibdeno (Figura 14).*- Los valores anómalos para molibdeno ( $\geq 30$  ppm) se presentan en el tajo abierto antiguo y en el cuerpo de pórfido dacítico-andesítico de la parte alta del Cerro La Guala. Tres valores anómalos (30 ppm), correspondientes a 2 afloramientos aislados de esquistos negros y 1 de pórfido dacítico, se encuentran en el sector oriental de San Antonio. El máximo valor detectado (100 ppm) corresponde a una muestra de Bx en el tajo abierto antiguo.

4.2.1.7. *Tungsteno (Figura 15).*- El máximo valor detectado para tungsteno (200 ppm) se presenta en dos zonas de Bx, una en el tajo abierto antiguo y otra en el sector nororiental. Con estas mismas zonas de Bx y con un cuerpo de pórfido dacítico-andesítico, localizado en el sector central, se relacionan la mayoría de los valores anómalos ( $\geq 100$  ppm) del área de San Antonio.

4.2.1.8. *Bario (Figura 16).*- Los valores anómalos para bario ( $\geq 2000$  ppm) se concentran en los bordes sur y oriental del tajo abierto antiguo y cerca de un filón de carzo localizado en el sector suroriental de San Antonio. Valores de 1500 ppm son relativamente comunes en zonas de Bx.

#### 4.2.2. OTROS ELEMENTOS

Aprovechando la información adicional proporcionada por el programa de computación INTERSPECT, la Tabla 3 presenta los valores normal y umbral calculados para 10 de los restantes 21 elementos detectados por espectrografía, en las 78 muestras de esquirlas de rocas de San Antonio. Entre estos elementos, vale la pena mencionar el contenido relativamente alto de níquel.

El uso del programa de computación CORRESPECT permitió calcular el coeficiente de correlación entre los elementos analizados por espectrografía. La Figura 17 muestra la matriz de correlación obtenida; los espacios en blanco corresponden a coeficientes de correlación que no fueron calculados o no calculados, pero clasificados como no significativos por el programa CORRESPECT.

Ya se mencionó la aceptable correlación existente entre los elementos oro-plata (0,650), oro-arsénico (0,677) y arsénico-antimonio (0,742). Con relación a los datos de la Figura 17, entre los elementos posiblemente relacionados con la mineralización aurífera de San Antonio, sobresalen por presentar un coeficiente de correlación mayor a 0,500, los siguientes pares de elementos: cobre-molibdeno (0,504), cobre-plata (0,508) y bario-manganeso (0,505). El coeficiente de correlación más negativo lo presenta el par tungsteno-níquel (-0,631).

La Tabla 4 presenta parte de la información obtenida por Lozano et al. (1976), en el estudio de geoquímica regional realizado en los municipios de Salento y Cajamarca, a partir de muestras de rocas analizadas por espectrografía. Aunque los datos de las tablas 2 y 3 se calcularon sin separar

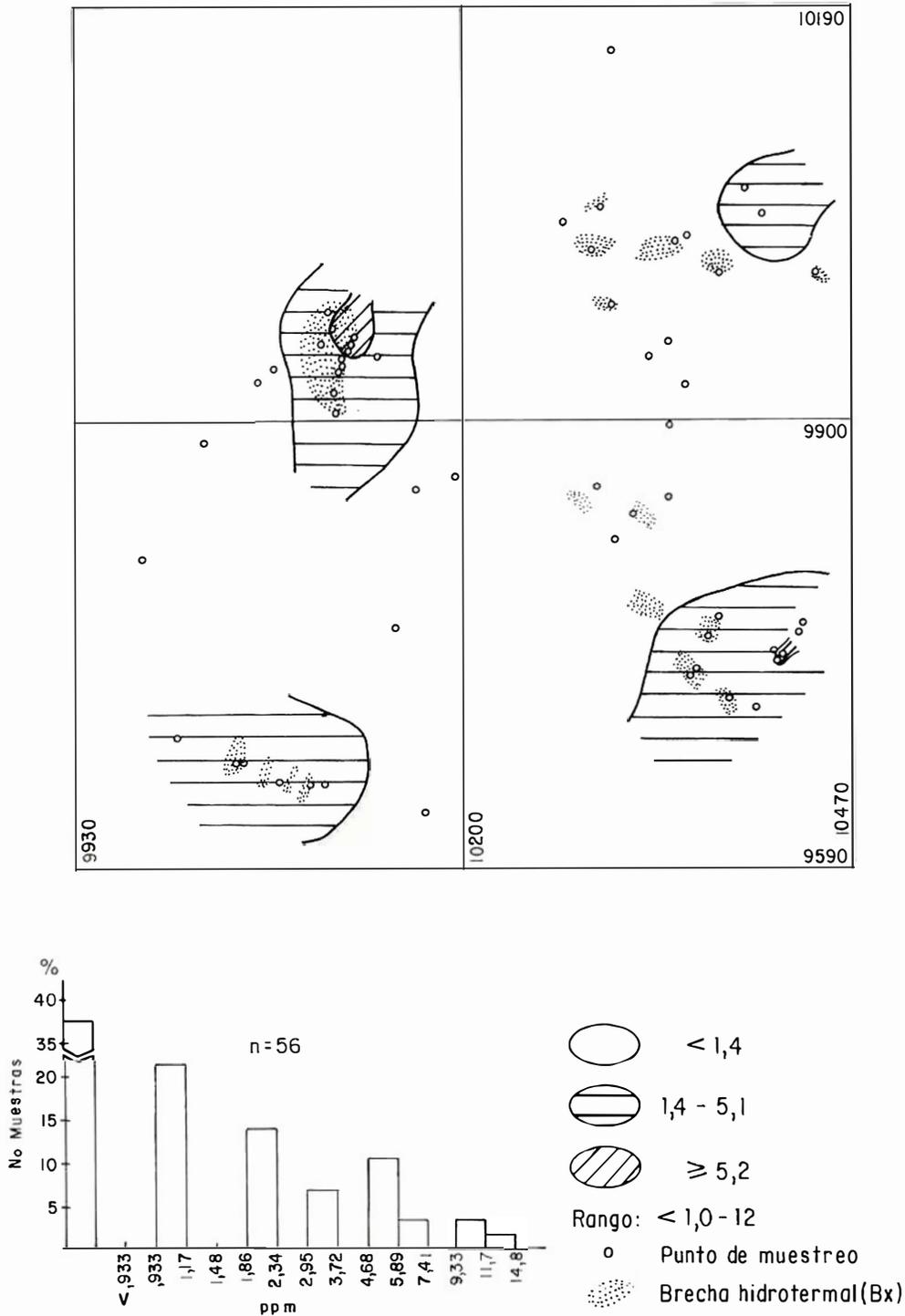


FIG. 12: Proyecto oro diseminado. Fase II, San Antonio. Contenido de Antimonio, análisis por Colorimetría (ppm) en esquirlas de rocas.

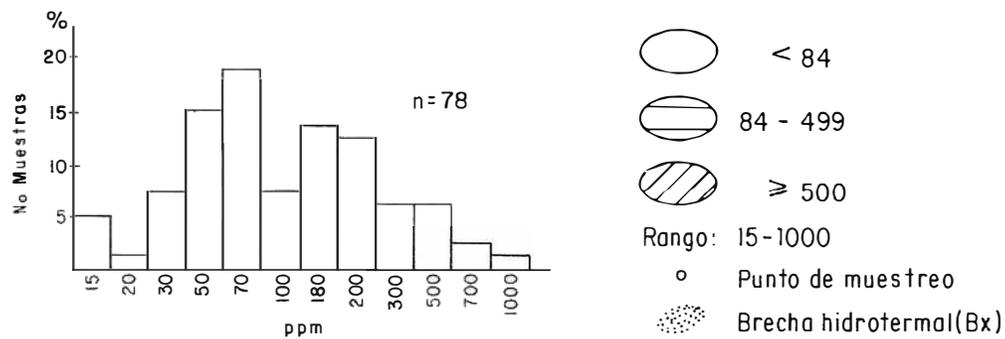
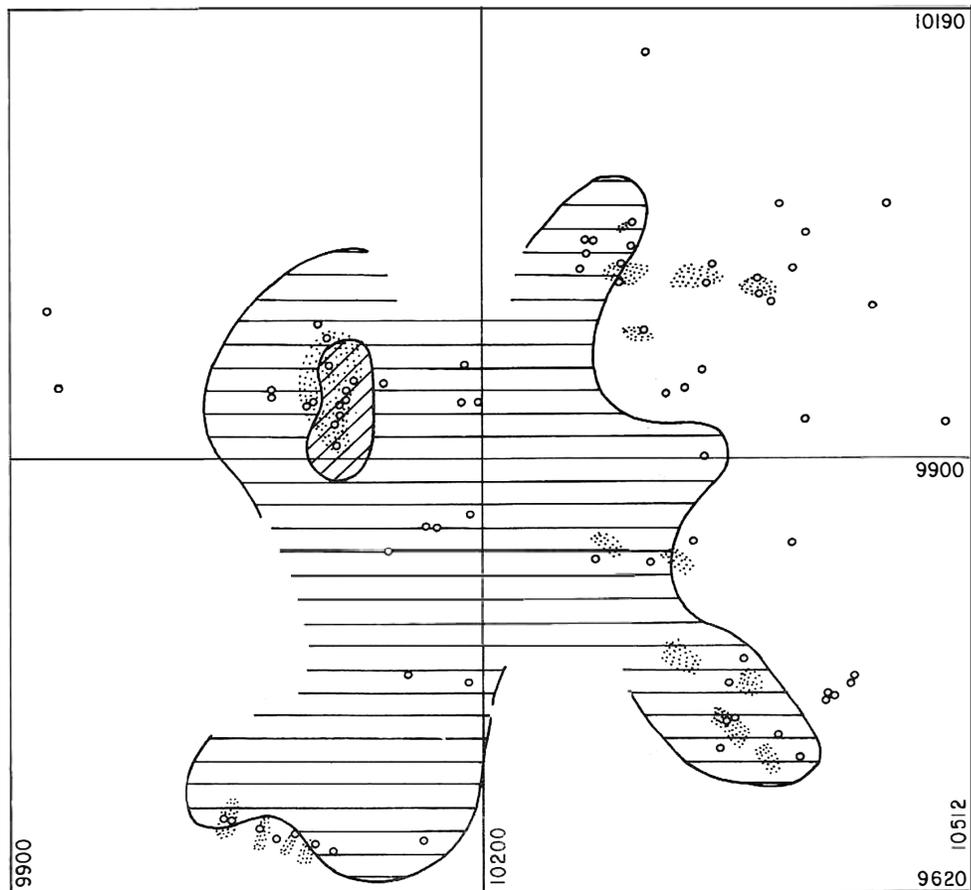


FIG. 13: Proyecto oro diseminado. Fase II, San Antonio. Contenido de cobre, análisis por Espectrografía (ppm) en esquirlas de rocas.

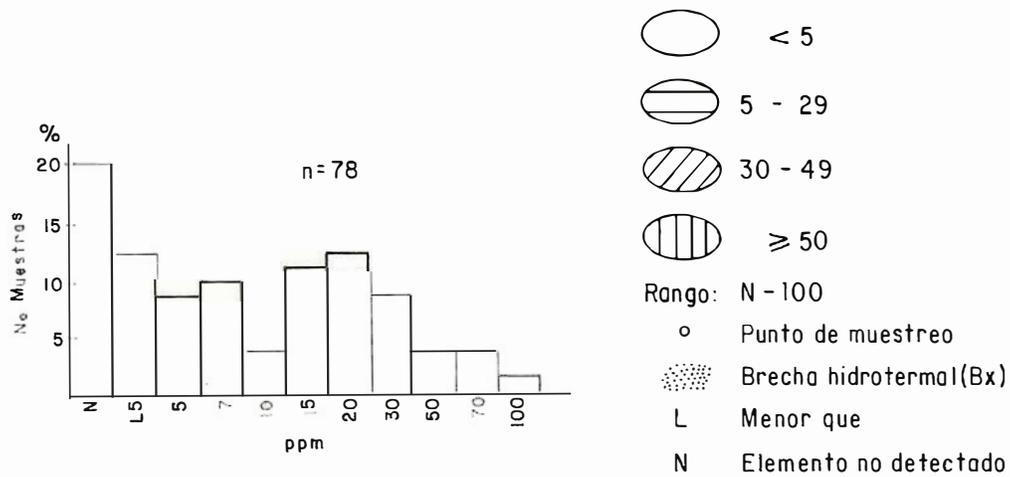
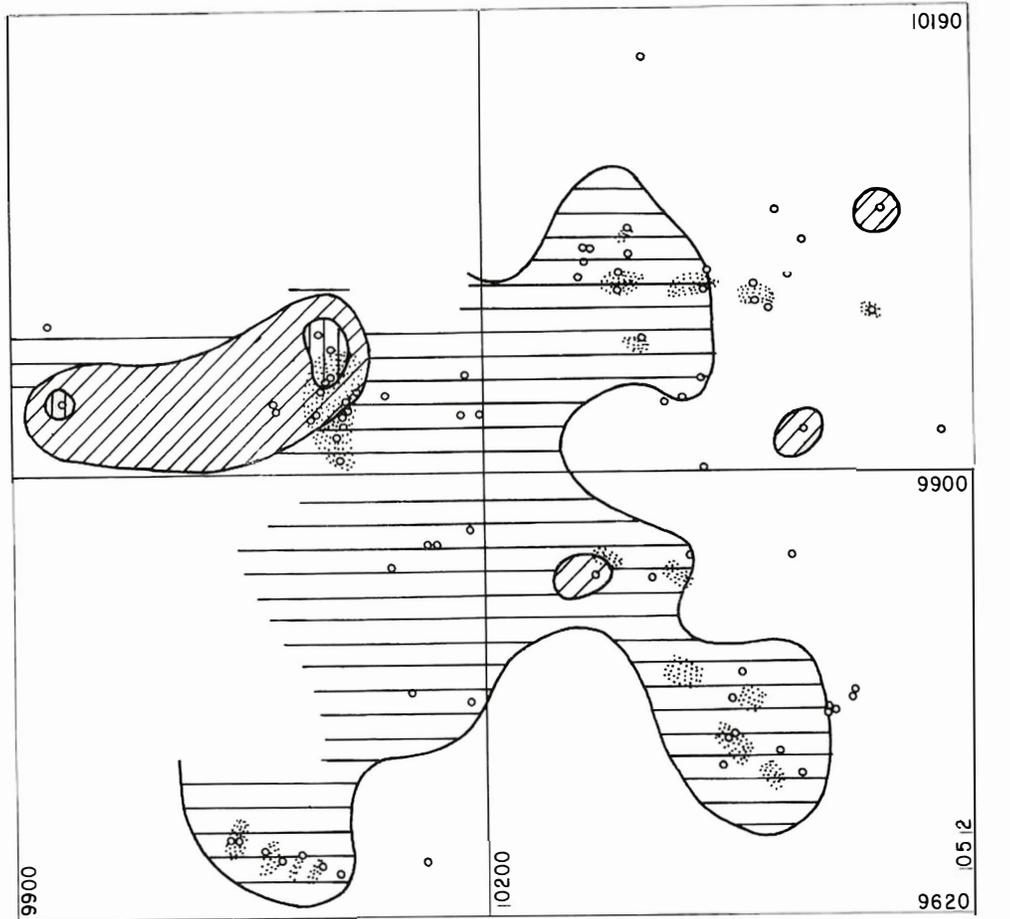


FIG. 14: Proyecto oro diseminado. Fase II, San Antonio. Contenido de molibdeno, análisis por Espectrografía (ppm) en esquirlas de rocas.

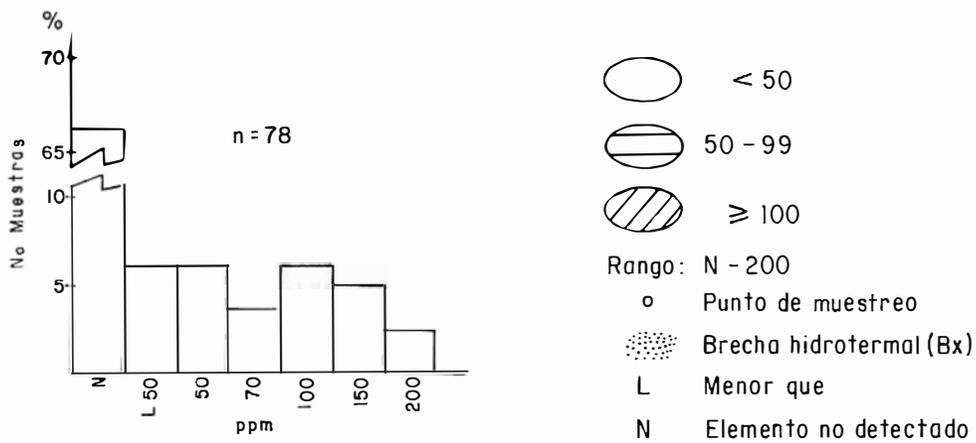
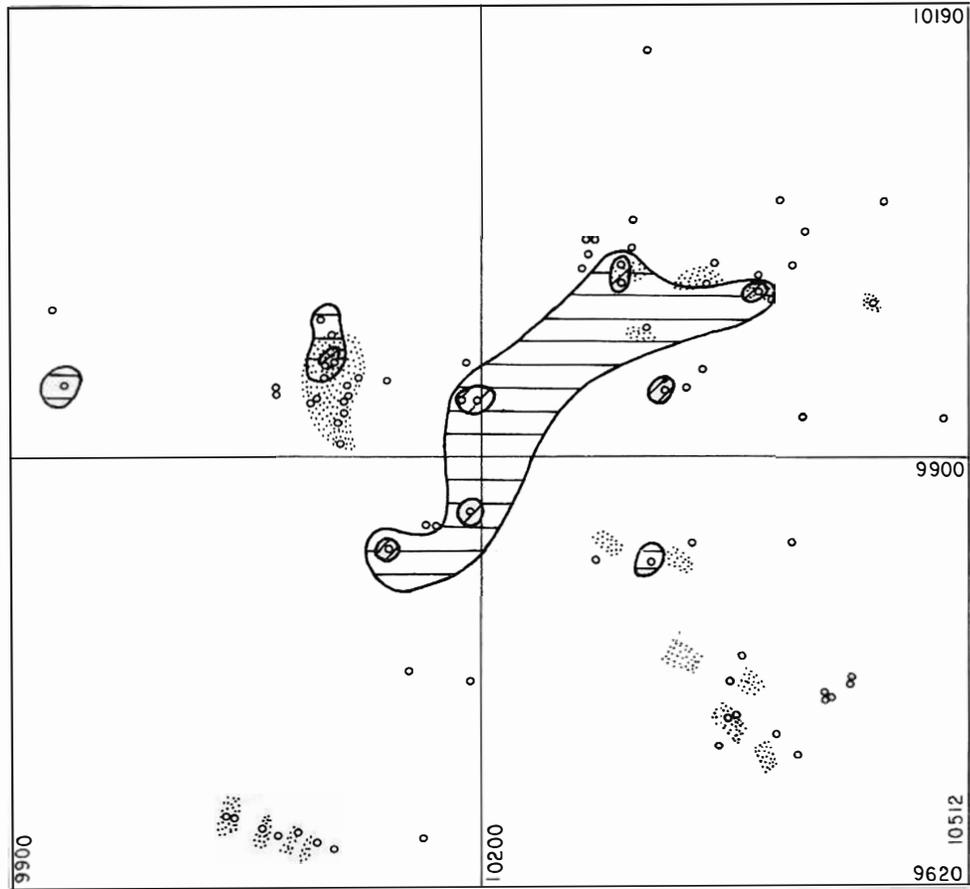


FIG. 15: Proyecto oro diseminado. Fase II, Contenido de tungsteno, análisis por Espectrografía (ppm) en esquirlas de rocas.

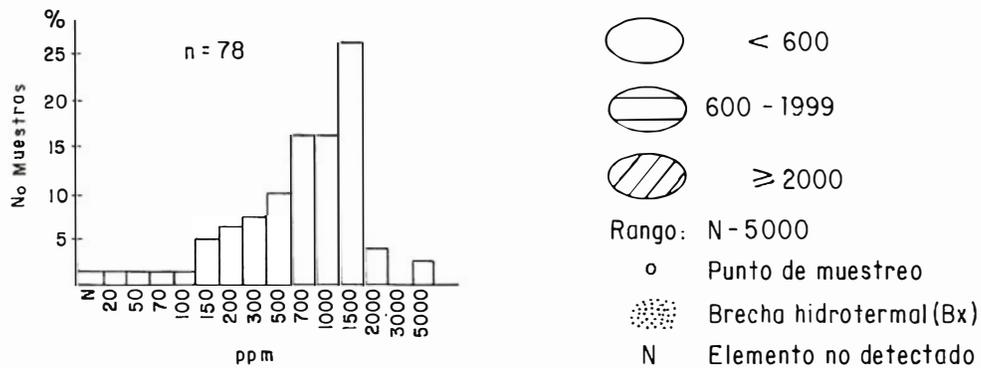
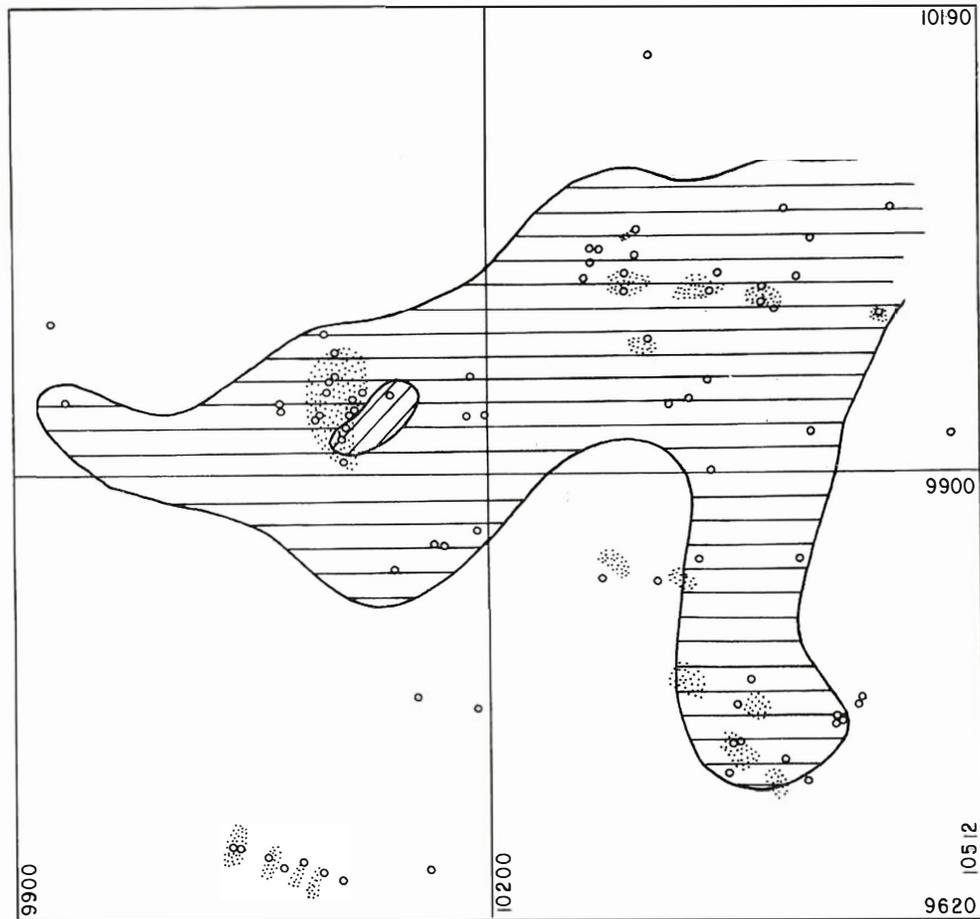


FIG. 16: Proyecto oro diseminado. Fase II, San Antonio. Contenido de bario, análisis por Espectrografía (ppm) en esquirlas de rocas.

TAB. 3: Límite de detección y rango de 21 elementos analizados por espectrografía, en 78 muestras de esquirlas de rocas de San Antonio. Se incluyen los valores normal y umbral de 10 de estos elementos. Valores para Fe, Mg, Ca y Ti en ‰; valores para el resto de los elementos en ppm.

Elemento	L.D.	Rango	V. Normal	V. Umbral	N. M. A.
Fe	0,05	0,7 - 10	—	—	
Mg	0,02	0,05 - 3	—	—	
Ca	0,05	N - 10	—	—	
Ti	0,002	0,01 - 1,5	—	—	
Mn	10	20 - 1000	139	748	2
B	10	N - 50	16	30	16
Co	5	N - 150	10	130	1
Ni	5	N - 1000	30	400	19
Pb	10	N - 50	8	33	2
Sn	10	N - 30	6	17	7
Sr	100	N - 700	100	471	7
V	20	30 - 300	142	280	2
Y	10	L 10 - 50	21	40	7
Zr	20	50 - 300	144	275	2
Be	1	N - 3	—	—	
Cr	10	N - 700	—	—	
Ga	10	N - 50	—	—	
La	20	N - 100	—	—	
Nb	10	N - L 10	—	—	
Sc	5	N - 50	—	—	
Zn	200	N - L200	—	—	

L.D. = Límite inferior de detección.  
 N.M.A. = Número de muestras anómalas.  
 L = Elemento detectado por debajo del valor indicado a continuación de L.  
 N = Elemento no detectado.  
 — = Valores normal y umbral no calculados por el programa INTERSPECT.

las distintas unidades roca, la comparación de dichos datos, con los presentados en la Tabla 4, proporciona una idea aproximada de las principales variaciones de los elementos analizados en San Antonio.

Además de oro, plata, arsénico, antimonio y tungsteno, los elementos que muestran un ligero enriquecimiento, en la región de San Antonio, son bario, cobre, molibdeno, níquel y lantano.

#### 4.3. SUELOS

En San Antonio se colectaron 170 muestras de suelos en un área de 540 por 900 m, cubriendo una red de 40 por 40 m, excepto en zonas con pendientes topográficas muy fuertes.

En términos generales, los suelos en la región muestreada son inmaduros, caracterizándose por presentar algunos horizontes pobremente desarrollados. Una descripción del perfil promedio es:

Horizonte Ao:

5-60 cm, color negro; materia orgánica.

Horizonte A :

0-15 cm, color amarillo oscuro a claro, arenarcilloso, rara vez lixiviado, frecuentemente ausente.

Horizonte B :

0-50 cm, color amarillo a carmelito, rara vez bien desarrollado, generalmente mezclado con el horizonte C.

No. de Muestras 78																				
Fe	1	Mg																		
Mg	.523	1	Ca																	
Ca	.220	.766	1	Ti																
Ti				1	Mn															
Mn	.190	.689	.718		1	Ag														
Ag	.417		-.214		.385	1	B													
B		-.483	-.403		.376		1	Ba												
Ba		-.300	-.399		.505	.345	.431	1	Be											
Be	-.259			.268		-.199	.326	.264	1	Co										
Co		.303			.404	-.224	-.438	-.349		1	Cr									
Cr	.297	.186				.370	.292			-.383	1	Cu								
Cu	.680	.482	-.216			.508	-.262	.239			.350	1	Ga							
Ga	.445	.532	.323	.241	.307	.191	-.243				.479	1	La							
La				.393		.274	.286	.334	.400		.205		1	Mo						
Mo	.404	.389		.190		.272	-.193				.504	.228		1	Nb					
Nb	-.303	-.254	-.291	-.198		-.232		.187		-.210	-.364		-.228	-.215	1	Ni				
Ni						.529	.144		-.510	.660					1	Sb				
Sb		-.239				-.229	.202	-.257		-.226	-.355	-.456	-.233		.320	1	Sc			
Sc	.435	.426	.252	.565	.217	.228		.218	.411	.561	.636	.278		-.328		-.213	1	Sn		
Sn	.443		-.282		-.285	.375		.282	-.508		.374		.281				1	Sr		
Sr		.579	.759		.630	-.206	-.285	-.226	.323	.377		.303	.200		.208	-.324	1	V		
V	.501	.486		.608	.229	.228		.227		.376	.597	.430		.660			1	W		
W							-.328		.675	-.373				-.631	-.188	.191		1	Y	
Y		.260	.249	.399	.254			.224		.235	.349	.370		-.357	.572	.296	.310		1	Zr
Zr	-.344	-.268	-.280	.513		-.245	.407	.256	.482		-.239	.236			-.215	.235	.284	1	Zn	
Zn				-.228			.120					-.360			-.257		-.246			1

FIG. 17: Proyecto oro diseminado. Fase II, San Antonio. Matriz de correlación esquilas de rocas (Análisis por espectrografía).

TAB. 4: Contenido promedio, máximo, mínimo y mediano de los diferentes elementos en las distintas unidades roca. Análisis espectrográfico. Municipios de Salento, Quindío y Cajamarca, Tolima (simplificada de LOZANO et al, 1976).

Elemento	Valores	UNIDADES ROCA			
		Esquisto Verde	Esquisto Negro	Cuarcita	Pórfidos Dacíticos
		N.M.=21 ppm	N.M.=28 ppm	N.M.=10 ppm	N.M.=10 ppm
Fe	Pr.	28.500	17.700	23.700	11.400
	Máx.	50.000	50.000	50.000	15.000
	Mín.	15.000	3.000	2.000	5.000
	Md.	20.000	15.000	20.000	10.000
Ca	Pr.	15.900	1.750	5.610	4.500
	Máx.	50.000	10.000	20.000	7.000
	Mín.	2.000	L 500	L 500	2.000
	Md.	15.000	700	3.000	5.000
Mg	Pr.	14.800	4.960	6.450	2.670
	Máx.	30.000	20.000	20.000	5.000
	Mín.	1.500	800	L 200	2.000
	Md.	15.000	3.000	5.000	2.000
Ti	Pr.	3.570	2.840	3.700	1.000
	Máx.	10.000	7.000	7.000	1.500
	Mín.	700	700	300	700
	Md.	3.000	3.000	2.000	1.000
Ba	Pr.	45	524	360	333.3
	Máx.	200	1.000	1.000	700
	Mín.	L 20	20	100	200
	Md.	L 20	500	200	300
Mn	Pr.	462	258	286	115
	Máx.	1.000	1.000	1.000	300
	Mín.	200	20	70	20
	Md.	300	150	200	70
V	Pr.	204	182	250	46.7
	Máx.	500	500	500	70
	Mín.	30	30	10	30
	Md.	150	150	200	50
Sr	Pr.	112	77	75	250
	Máx.	200	100	100	300
	Mín.	100	100	100	200
	Md.	100	100	100	200
Cu	Pr.	42	40	134	75
	Máx.	100	150	500	300
	Mín.	15	7	7	L 50
	Med.	30	30	30	50

Continúa

Continuación Tab. 4.

Elemento	Valores	UNIDADES ROCA			
		Esquisto Verde	Esquisto Negro	Cuarcita	Pórfidos Dacíticos
		N.M.=21 ppm	N.M.=28 ppm	N.M.=10 ppm	N.M.=10 ppm
Zr	Pr.	74	118	80	47.5
	Máx.	150	200	150	100
	Mín.	30	20	10	15
	Md.	70	100	70	30
Ni	Pr.	31	21	60	3.7
	Máx.	100	70	150	10
	Mín.	5	5	5	5
	Md.	20	15	70	5
Co	Pr.	29	11	24	5.8
	Máx.	50	50	70	20
	Mín.	5	5	5	N
	Md.	30	7	10	L 5
Cr	Pr.	227.4	106.5	194	8.2
	Máx.	500	500	700	10
	Mín.	N	N	N	N
	Md.	200	100	100	L 10
Sc	Pr.	20.1	13.6	15	3.7
	Máx.	30	30	30	5
	Mín.	7	5	N	N
	Md.	20	15	15	L 5
Ga	Pr.	12.9	12	12	10.7
	Máx.	30	20	30	20
	Mín.	L 10	L 10	N	L 10
	Md.	15	10	10	10
Y	Pr.	17.1	14.1	14.4	5.7
	Máx.	30	30	20	L 10
	Mín.	L 10	N	L 10	N
	Md.	15	15	20	N
Be	Pr.	0.2	1.3	0.9	0.8
	Máx.	1	3	2	1.5
	Mín.	N	N	N	N
	Md.	N	2	1	L 1

Continúa:

Continuación Tab. 4:

Elemento	Valores	UNIDADES ROCA			
		Esquisto Verde	Esquisto Negro	Cuarcita	Pórfidos Dacíticos
		N.M.=21 ppm	N.M.=28 ppm	N.M.=10 ppm	N.M.=10 ppm
Mo	Pr.	N	5	6	N
	Máx.	5	15	20	N
	Mín.	N	N	L 5	N
	Md.	N	N	L 5	N
Pb	Pr.	N	12	12	6.5
	Máx.	N N	70	50	10
	Mín.	N	N	N	N
	Md.	N	10	L 10	N
Ag	Pr.	N	0.5	N	0.3
	Máx.	N	3	5	0.7
	Mín.	N	L 5	N	N
	Md.	N	L 5	1	N
La	Pr.	N	13.9	N	13.3
	Máx.	N	70	N	20
	Mín.	N	N	N	N
	Md.	N	L 20	N	N

N	=	Elemento no detectado en el límite inferior de detección.
L	=	Valor menor que el indicado a continuación de la L.
N.M.	=	Número de muestras.
Pr.	=	Promedio.
Máx.	=	Máximo.
Mín.	=	Mínimo.
Md.	=	Mediano.

## Horizonte C :

5-20 cm, fragmentos de roca parcialmente meteorizados, mezclados con material arcilloso-arenoso de color carmelito rojizo.

Como estudio de orientación, se seleccionaron 10 puntos de muestreo en donde se tomaron suelos de los horizontes A y B. En 7 de las 10 observaciones, los valores de oro fueron ligeramente más altos en el horizonte B (Tabla 5). En realidad, ante la falta de un horizonte B bien desarrollado, las muestras se colectaron en la parte superior de la mezcla de los horizontes B y C.

Capas de cenizas volcánicas, con espesores mayores de 1,50 m, impidieron coleccionar muestras de suelos en el extremo noroccidental del área de San Antonio. En lo posible, siempre se evitó muestrear suelos tobáceos. Vale la pena mencionar cómo, en zonas de monte, no es raro pasar directamente del horizonte Ao al horizonte C.

De las 170 muestras colectadas se analizaron 160 para oro y plata (absorción atómica), arsénico y antimonio (colorimetría) y 95 por espectrografía para 33 elementos. Revisados los resultados analíticos obtenidos, se seleccionaron e interpretaron 6 elementos:

oro, arsénico, antimonio, cobre, molibdeno y bario.

El contenido de plata, en el 97% de las muestras analizadas, es igual o menor al límite inferior de detección (1 ppm). No se detectó tungsteno en ninguna de las muestras analizadas por espectrografía (límite inferior de detección: 50 ppm).

La Tabla 6 presenta un resumen de los principales parámetros geoquímicos obtenidos, a partir de muestras de suelos, para los 6 elementos interpretados.

#### 4.3.1. DESCRIPCION DE LOS MAPAS GEOQUIMICOS

El ploteo de los datos geoquímicos y su interpretación dio los siguientes resultados:

4.3.1.1. *Oro (Figura 18).*- Los valores anómalos para oro ( $\geq 0,51$  ppm) se concentran en tres zonas: Central (alrededores del tajo abierto antiguo), extremo suoriental y extremo nororiental. En las 2 primeras zonas, las muestras anómalas se encuentran cerca de cuerpos de Bx conocidos, y posiblemente están reflejando su con-

tinuidad. La zona anómala del extremo nororiental está sobre potreros, en donde los pocos afloramientos existentes, son esquistos cuarzosos. Los contornos trazados en esta última zona, quedan abiertos hacia el nororiental.

Hacia la parte nororiental de la zona anómala central, el contorno que encierra valores entre 0,21 y 0,50 ppm, presenta una forma que insinúa la continuidad entre los cuerpos de Bx del tajo abierto antiguo y los presentes en la parte nororiental del área.

En términos generales, existe una buena correlación entre las zonas anómalas detectadas a partir de esquirlas de rocas y de suelos (Figuras 9 y 18).

4.3.1.2. *Arsénico (Figura 19).*- La mayoría de los valores anómalos para arsénico ( $\geq 51$  ppm) se concentra en los alrededores de los cuerpos de Bx, del extremo suoriental del área. Unos pocos valores anómalos se reportan en el extremo nororiental, bordeando la zona anómala para oro, reportada en ese sector.

Alrededor del cuerpo de Bx, localizado en el tajo abierto antiguo, únicamente se reportan algunos valores entre 10 y 50 ppm.

TAB. 5: Resultados del estudio de orientación en muestras de suelos. Area de San Antonio. Valores en ppm.

NUMERO DE MUESTRA	H O R I Z O N T E A			H O R I Z O N T E B		
	Au	Ag	As	Au	Ag	As
1	0,04	*	5	0,20	*	10
2	0,46	*	12	1,42	1	19
3	0,01	*	*	0,01	*	*
4	0,12	*	9	0,26	*	8
5	0,08	*	16	0,12	*	17
6	0,12	*	8	0,34	1	6
7	0,06	*	5	0,01	*	6
8	0,01	*	*	0,01	*	*
9	0,01	*	16	0,26	*	32
10	0,02	*	6	0,08	*	7

Au y Ag por absorción atómica.

As por colorimetría.

\* = < 1 ppm.

TAB. 6: Límite de detección, rango, valor normal (background) y valor umbral (threshold) para los elementos analizados e interpretados en muestras de suelos de San Antonio. Valores en ppm.

Elemento	Tipo de Muestras	L.D.	Rango	Valor Normal	Valor Umbral
Au	AA	0,01	0,01 - 3,04	0,10	0,51
As	C	1	1 - 360	10	51
Sb	C	1	< 1 - 11	1,5	5,1
Cu	E	10	L 10 - 1500	90	401
Mo	E	5	N - 50	5 (L.D.)	25
Ba	E	20	L 20 - 2000	380	1600

L.D.= Límite inferior de detección.

AA = Absorción atómica.

C = Colorimetría.

E = Espectrografía.

< = Menor que.

L = Elemento detectado por debajo del valor indicado a continuación de la L.

N = Elemento no detectado.

4.3.1.3. *Antimonio (Figura 20).*- Los valores anómalos para antimonio ( $\geq 5,1$  ppm) se presentan en muestras aisladas, localizadas en la mitad sur del área de San Antonio. Con pocas excepciones, las muestras tomadas en la mitad norte del área, contienen menos de 1,5 ppm.

Cuatro muestras, localizadas en el extremo nororiental, reportan valores entre 1,5 y 2,5 ppm y coinciden con la zona anómala para oro, detectada en ese mismo lugar. Otras 4 muestras, también con valores entre 1,5 y 2,5 ppm, corresponden a la zona que separa los cuerpos de Bx de la parte nororiental, de los del tajo abierto antiguo. Con excepción de 2 muestras, localizadas en el extremo suroriental, no se reportan valores anómalos de antimonio, cerca a cuerpos de Bx conocidos.

La Tabla 7 indica los coeficientes de correlación calculados para los pares oro-arsénico, oro-antimonio y arsénico-antimonio, en muestras de suelos. Aunque estos coeficientes son menores de 0,500, todos son positivos y se clasifican como significativos. El coeficiente de correlación más alto lo presenta el par oro-arsénico (0,450).

En San Antonio, los coeficientes de correlación oro-arsénico y antimonio-arséni-

co son menores en suelos que en esquistos de rocas. En parte, es una respuesta a las diferentes velocidades de movilidad y dispersión que dichos elementos presentan durante los procesos de formación de suelos (meteorización, lixiviación, etc.), especialmente en regiones con pendientes topográficas mayores de  $25^\circ$ . No se descarta, sin embargo, cierto grado de independencia, en la distribución de estos elementos.

4.3.1.4. *Cobre (Figura 21).*- Los valores anómalos para cobre ( $\geq 401$  ppm) se relacionan a cuerpos de Bx del sector suroriental y del tajo abierto antiguo. Valores entre 90 y 400 ppm son comunes en los alrededores de la mayoría de cuerpos de Bx que afloran en San Antonio.

4.3.1.5. *Molibdeno (Figura 22).*- Valores de molibdeno  $\geq 20$  ppm se concentran cerca a cuerpos de Bx del sector suroriental. La mayoría de las muestras del flanco oriental del Cerro La Guala reportan valores entre 5 y 20 ppm.

4.3.1.6. *Bario (Figura 23).*- Valores de bario entre 1000 y 1600 ppm son comunes en la zona delimitada por los cuerpos de Bx que afloran en los sectores central, suroriental y nororiental. Esta zona incluye un valor de 2000 ppm.

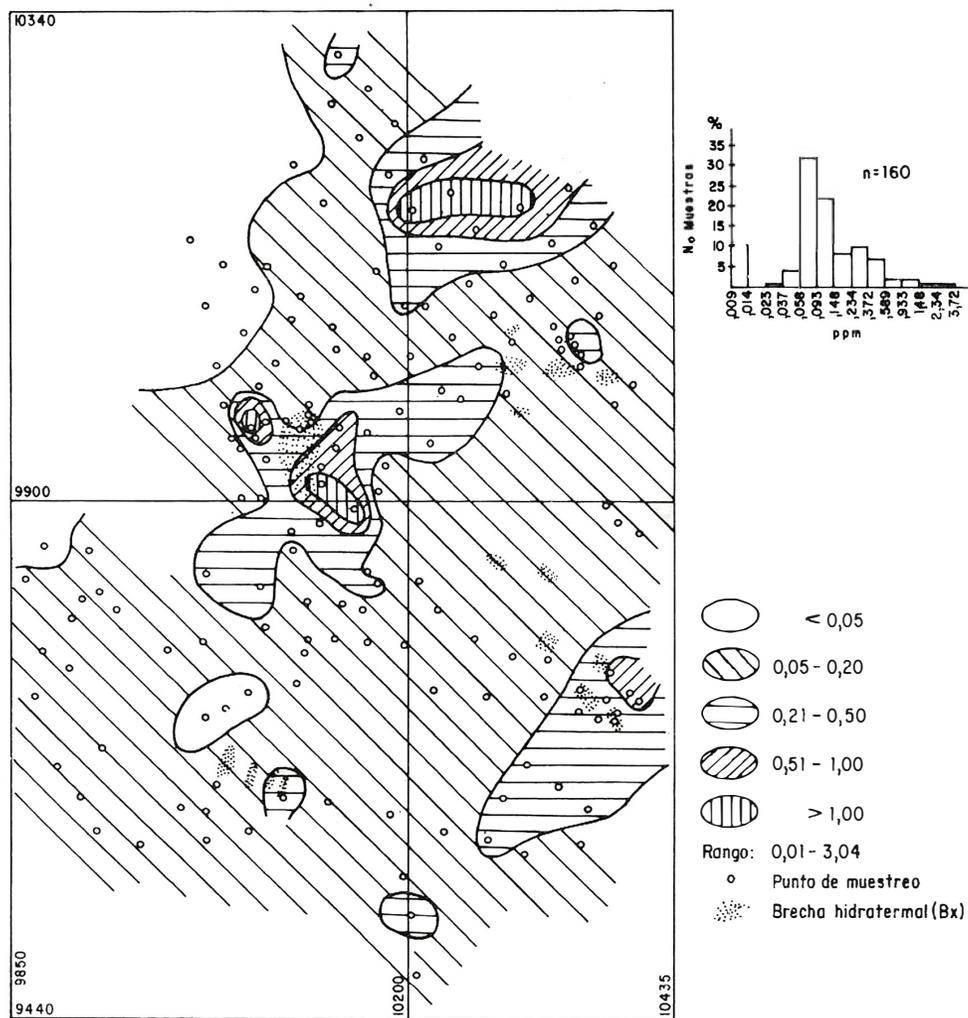


FIG. 18: Proyecto oro diseminado. Fase I, San Antonio. Contenido de oro, análisis por Absorción Atómica (ppm) en suelos.

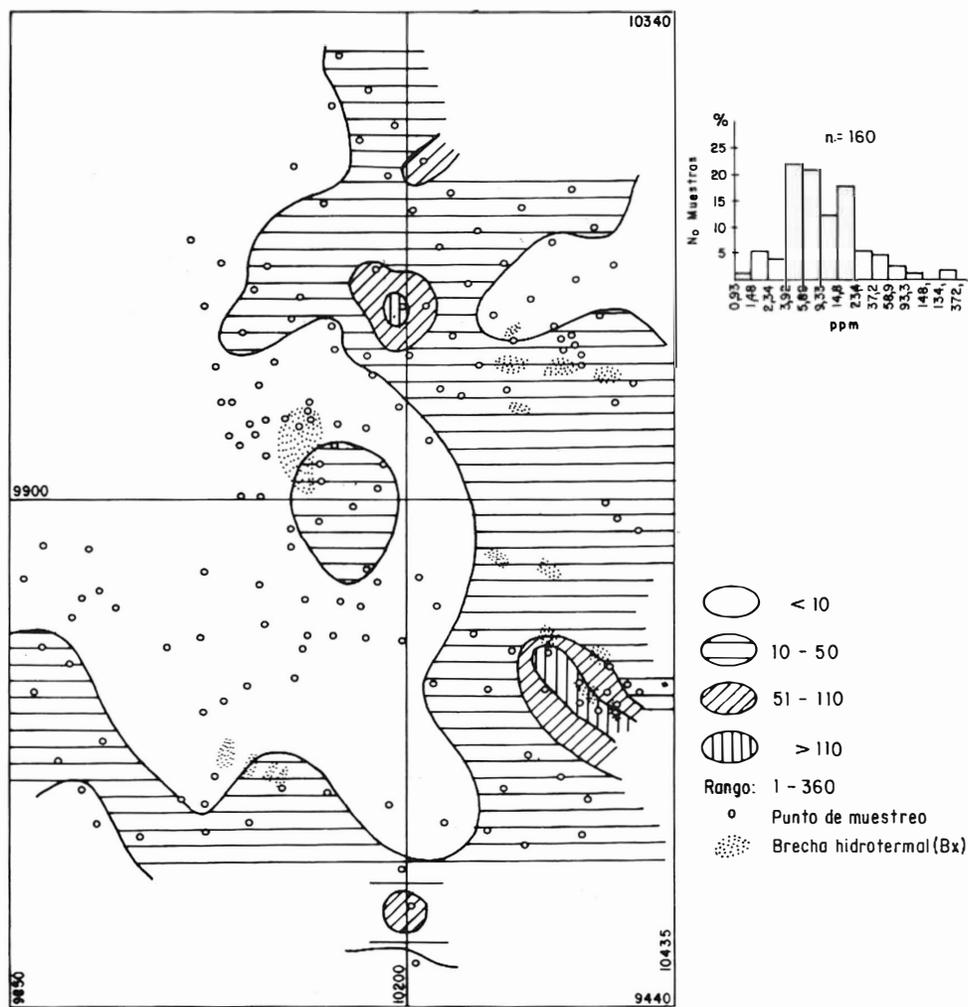


FIG. 19: Proyecto oro diseminado. Fase II. San Antonio. Contenido de arsénico, análisis por Colorimetría (ppm) en suelos.

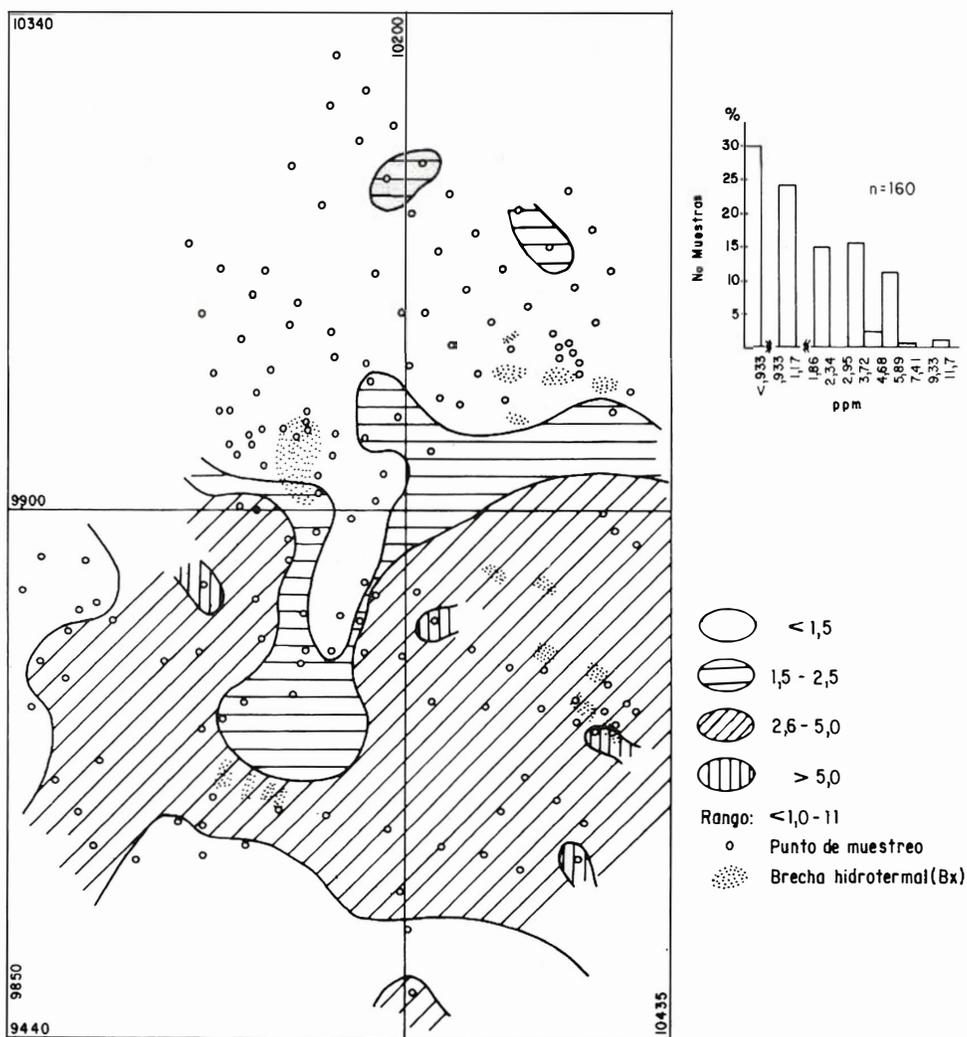


FIG. 20: Proyecto oro diseminado. Fase II, San Antonio, Contenido de antimonio, análisis por Colorimetría (ppm) en suelos.

TAB. 7: Coeficientes de correlación\* entre los elementos arsénico - oro - antimonio, en 160 muestras de suelos de San Antonio.

	As	Au	Sb
As	1,000		
Au	0,450	1,000	
Sb	0,334	0,311	1,000

\* Calculados por el Programa CORRABSAT (NUGTEREN, 1984).

#### 4.3.2. OTROS ELEMENTOS

La Tabla 8 presenta los valores normal y umbral calculados para 6 de los otros 20 elementos detectados por espectrografía, en las 95 muestras de suelos de San Antonio.

Los coeficientes de correlación entre la mayoría de los elementos detectados por espectrografía, se presentan en la Figura 24. Esta matriz de correlación se calculó de la misma manera a la obtenida para esquirlas de rocas (Figura 17; ver explicación en p. 60).

Aunque los coeficientes de correlación, calculados con menos de 100 observaciones

tienden a ser imprecisos, la comparación entre los valores de las Figuras 17 y 24 proporciona una idea aproximada, de las principales variaciones en los coeficientes de correlación que, en San Antonio, presentan algunos pares de elementos, según se analicen esquirlas de rocas o suelos. El par cobalto-níquel presenta la mayor variación.

De los elementos detectados por espectrografía, cobre, molibdeno y bario se interpretan como los más relacionados con la mineralización aurífera de San Antonio. Los coeficientes de correlación entre estos elementos son: cobre - molibdeno (0,375), molibdeno-bario (0,372) y cobre-bario (-0,181).

TAB. 8: Límite de detección y rango de 21 elementos analizados por espectrografía, en 95 muestras de suelos de San Antonio. Se incluyen los valores normal y umbral de 6 de estos elementos. Valores para Fe, Mg, Ca y Ti en %; valores para el resto de los elementos en ppm.

Elemento	L.D.	Rango	V. Normal	V. Umbral	N.M.A.
Fe	0,05	1,5 - 7	—	—	
Mg	0,02	0,1 - 3	—	—	
Ca	0,05	L 0,05 - 1,5	—	—	
Ti	0,002	0,005 - 2	—	—	
Mn	10	100 - 1000	321	790	1
Be	1	L 1 - 15	1,5	5	1
Co	5	N - 200	17	139	1
Cr	10	L 10 - 700	108	610	1
Ni	5	10 - 150	56	150	1
Y	10	N - 200	28	103	1
B	10	L 10 - 20	—	—	
Ga	10	20 - 150	—	—	
La	20	N - 100	—	—	
Nb	10	N - 10	—	—	
Pb	10	N - 70	—	—	
Sc	5	10 - 50	—	—	
Sr	100	N - 500	—	—	
V	20	70 - 300	—	—	
Zn	200	N - 300	—	—	
Zr	20	L 20 - 200	—	—	

L.D. = Límite inferior de detección.

N.M.A. = Número de muestras anómalas.

L = Elemento detectado por debajo del valor indicado a continuación de la L.

N = Elemento no detectado.

— = Valores normal y umbral no calculados por el programa INTERSPECT.

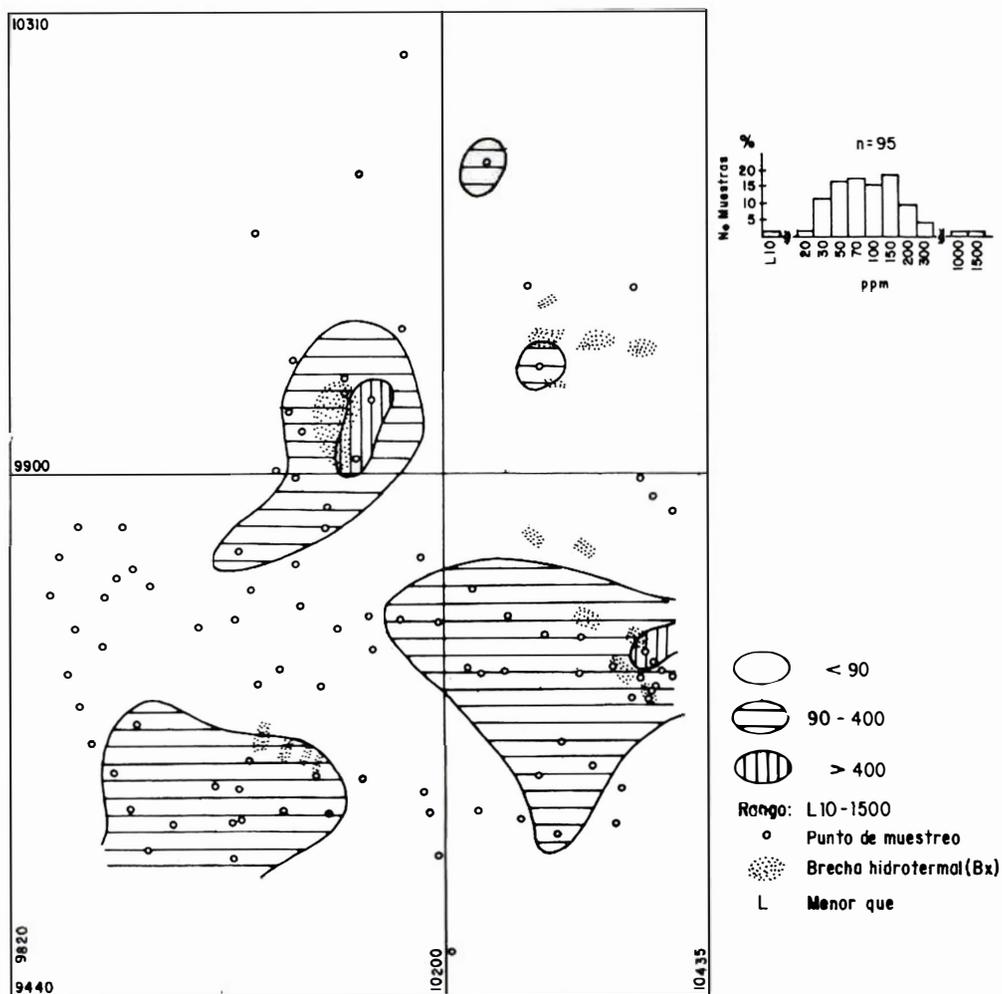


FIG. 21: Proyecto oro diseminado. Fase II, San Antonio. Contenido de cobre, análisis por Espectrografía (ppm) en suelos.

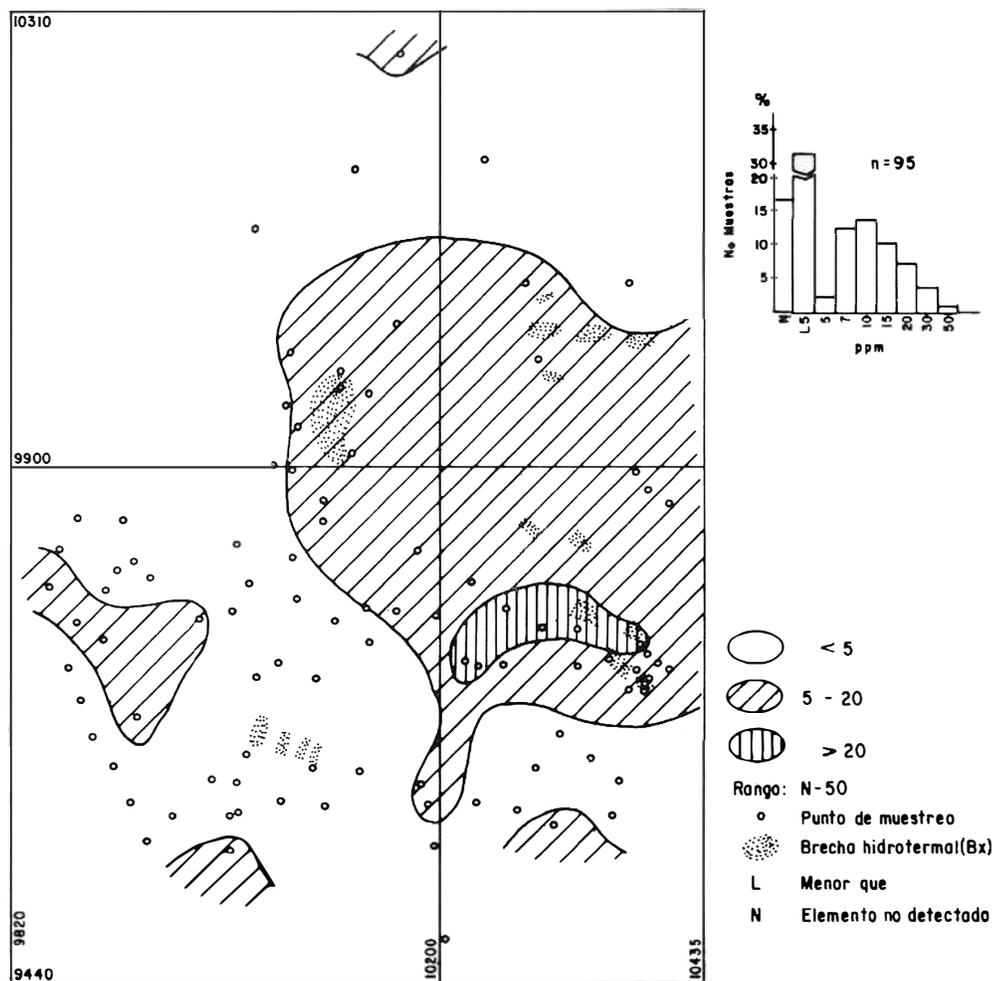


FIG. 22: Proyecto oro diseminado. Fase II, San Antonio. Contenido de molibdeno, análisis por Espectrografía (ppm) en suelos.

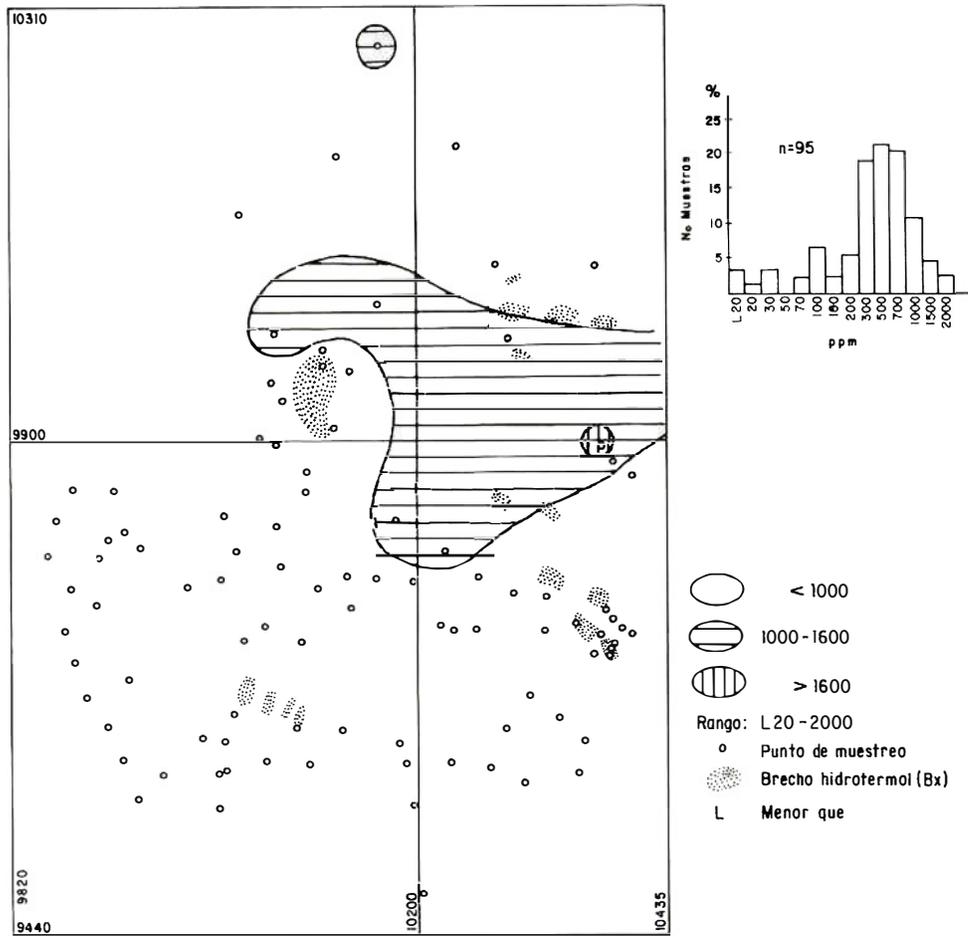


FIG. 23: Proyecto oro diseminado. Fase II, San Antonio. Contenido de bario, análisis por Espectrografía (ppm) en suelos.



## 5. ORIGEN DE LA MINERALIZACION

La información geológica y geoquímica de San Antonio, descrita en este informe confirma la presencia de oro, asociado principalmente a cuerpos de brechas hidrotermales.

Según Scherkenbach (1984), la formación de estas brechas es un proceso complejo y, aunque existe más de un mecanismo para explicar su origen, la mayoría de ellas se pueden interpretar como el producto de la acción explosiva de aguas muy calientes, sobre rocas preexistentes. Soluciones hidrotermales ( $> 300^{\circ}\text{C}$ ) calentadas por o derivadas de magmas a cierta profundidad, viajan a lo largo de conductos preparados tectónicamente, hasta alcanzar un punto de inestabilidad térmica (1,0 - 1,5 km). En este punto, la presión del fluido hidrotermal al superar la presión de la carga litostática, permite que éste emerge violentamente en forma de vapor, liberando su energía interna y causando el brechamiento. Si el proceso se repite, etapas múltiples de brechamiento se formarán.

Scherkenbach (1983) enumera varios rasgos distintivos de brechas, que pueden explicarse como producto de procesos hidrotermales explosivos. De éstos, las brechas de San Antonio presentan los siguientes: 1) variación en el tamaño y angularidad de los fragmentos, y rotación de algunos de ellos, 2) asociación espacial con zonas de falla y cuerpos ígneos intrusivos, y 3) cuerpos con forma de tubo (pipe).

Durante los procesos de brechamiento hidrotermal, los fluidos sufren cambios físico-químicos fuertes y, dependiendo de su composición, alteran el material pre-existente, depositando nuevos minerales. En San Antonio, los productos de alteración y mineralización se explican por este mecanismo.

No se conoce todavía el origen de los fluidos hidrotermales que dieron lugar al brechamiento, alteración y mineralización de San Antonio. Tentativamente se interpretan como provenientes de facies tardías del mag-

ma que generó los cuerpos de pórfidos dacítico-andesíticos allí presentes. Si esta interpretación es correcta, la mineralización aurífera de San Antonio se formó durante el Terciario Superior (Mioceno - Plioceno?).

## 6. SUMARIO Y CONCLUSIONES

En San Antonio, cuerpos de brechas hidrotermales ocurren dentro de rocas esquistosas del Grupo Cajamarca. Varios de estos cuerpos están localizados en o cerca de zonas de fallas insinuando poseer forma de tubos (pipes).

Productos de alteración hidrotermal (feldespato potásico, silicificación y sericitización) y mineralización (pirita y trazas de oro, calcopirita, molibdenita, pirrotita, cinabrio y estibina) se presentan en zonas de brechas hidrotermales, especialmente en el tajo abierto antiguo.

En esquirlas de rocas, oro (0,60 a 4,30 ppm) se concentra dentro y cerca de cuerpos de brechas hidrotermales, principalmente en el tajo abierto antiguo y en el sector nororiental. Plata (10 a 23 ppm), arsénico (56 a 600 ppm) y antimonio (5,2 a 12 ppm) definen zonas de anomalías geoquímicas que, con pocas excepciones, coinciden con las zonas anómalas para oro. En el tajo abierto antiguo y alrededores, valores de cobre (500 a 1000 ppm), molibdeno (30 a 100 ppm), tungsteno (100 a 200 ppm) y bario (2000 a 5000 ppm) son comunes.

En suelos, oro (0,51 a 3,04 ppm) amplía algunas de las zonas detectadas en esquirlas de rocas y define una nueva área de interés en el extremo nororiental. Valores de oro entre 0,21 y 0,50 ppm, en la región que separa las brechas hidrotermales del tajo abierto antiguo y del sector nororiental, permite sugerir la continuidad entre dichas brechas. Varias anomalías geoquímicas para arsénico (51 a 360 ppm), antimonio (5,1 a 11 ppm), cobre (401 a 1500 ppm), molibdeno (25 a 50 ppm) y bario (1600 a 2000 ppm) forman halos alrededor de algunas de las anomalías geoquímicas para oro. Fre-

cuentemente, estas anomalías se superponen parcialmente.

Los coeficientes de correlación calculados, confirman la mayoría de las asociaciones de elementos sugeridas por los mapas geoquímicos.

Una comparación de las características geológicas y geoquímicas observadas en el área de San Antonio, con las características y modelos de depósitos de oro diseminado asociados a cuerpos de brechas, como los descritos por Wright (1983) y Sillitoe (1983), permiten concluir que el área en consideración presenta características muy favorables para el desarrollo de un depósito de oro diseminado cuyo verdadero potencial queda aún por determinar.

## 7. RECOMENDACIONES

- 1) Con base en todo lo expuesto en este trabajo, se recomienda adelantar la exploración subterránea, por medio de perforaciones (Fase III), en la región de San Antonio (Cajamarca, Tolima).
- 2) Entre las principales actividades que deben tenerse en cuenta para la programación de la Fase III, en San Antonio, están las siguientes :
  - a) Análisis de la logística del área (aspectos legales, dueños del terreno, acceso y comunicaciones, disponibilidad de agua y electricidad, construcción de carretables y campamentos, aspectos ambientales, etc.).
  - b) Selección de los sitios de perforación (básicamente en los alrededores de las brechas hidrotermales del tajo abierto antiguo y del sector nororiental) y determinación del número de sondeos, profundidades máximas de perforación, etc.
  - c) Análisis e interpretación de toda la información geológica que los núcleos de perforación suministren (mineralógica, estructural, de alteración hidrotermal, etc.).
- 3) En el cálculo de los costos, número y clases de equipos requeridos, personal necesario y otros detalles indispensables para la elaboración del programa de la Fase III, se debe contar con la colaboración del personal técnico del INGEOMINAS, que ha adquirido experiencia en el desarrollo de proyectos de exploración subterránea, como el realizado en el área de Mocoa.
- 4) Como algunos sulfuros, especialmente pirita, tienden a concentrarse dentro de los cuerpos de brechas, debe estudiarse la posibilidad de utilizar algún método de prospección geofísica que, aprovechando la presencia de dichos sulfuros, permita delinear, en profundidad, la forma de las brechas hidrotermales.
- 5) Con el propósito de conseguir financiación, el prospecto de oro diseminado de San Antonio debe promocionarse ante las misiones técnicas de gobiernos extranjeros que, periódicamente, celebran convenios de cooperación con el INGEOMINAS, orientados a descubrir depósitos minerales.
- d) Redacción del informe técnico.

## 8. BIBLIOGRAFIA

- ALVAREZ, A.J., 1983.- *Geología de la Cordillera Central y el occidente colombiano y petroquímica de los intrusivos mesocenoicos*. Bol. Geol. 26 (2): 1-75. Bogotá.
- BARRERO, D. y VESGA, C.J., 1976.- *Mapa Geológico del Cuadrángulo K-9, Armero y parte sur del J-9 La Dorada*. Escala 1:100.000. Bogotá.
- BUITRAGO, C. y BUENAVENTURA, J., 1975.- *Ocurrencias minerales en la re-*

- gión central del Departamento del Tolima. Inf. 1672. Ingeominas, 837 p. (Inédito).*
- FEININGER, R., BARRERO, D. y CASTRO, N., 1972.- *Geología de Antioquia y Caldas (Subzona II-B)*. Bol. Geol. 20 (2): 173 p. Bogotá.
- HERD, D.G., 1974.- *Glacial and volcanic geology of the Ruiz - Tolima Volcanic complex. Cordillera Central de Colombia*. University of Washington. Doctor of Philosophy dissertation. 79 p.
- JORALEMON, P., 1951.- *The occurrence of gold at the Getchell mine, Nevada*. Econ. Geol., v. 46, p. 267-310.
- LEPELTIER, C., 1969.- *A simplified statistical treatment of geochemical data by graphycal representation*. Econ. Geol., v. 64, p. 538-550.
- LOZANO, H., PEREZ, H., y MOSQUERA, D., 1976.- *Prospección geoquímica para oro, plata, antimonio y mercurio en los municipios de Salento, Quindío y Cajamarca, Tolima. Inf. 1692*. Bol. Geol. 27 (1): 4-76. Bogotá.
- MIYASHIRO, A., 1961.- *Evolution of metamorphic belts*. Jour. Petrol. 2 (3): 277-311. London.
- MOSQUERA, D., NUÑEZ, A. y VESGA, C.J. 1982.- *Mapa Geológico Preliminar de la Plancha 244, Ibagué*. Esc. 1:100.000. Bogotá.
- NELSON, H.W., 1962.- *Contribución al conocimiento de la Cordillera Central de Colombia, sección entre Ibagué y Armenia*. Bol. Geol. 10 (1-3): 161-202. Bogotá.
- NUGTEREN, H.W., 1964.- *Manual para el uso de programas de Computador. Informe preliminar*. Ingeominas 102 p. Inéd. Medellín.
- NUÑEZ, A., GONZALEZ, H. y LINARES, E., 1979.- *Nuevas edades radiométricas K/Ar de los esquistos verdes del Grupo Cajamarca*. Pub. Esp. Geol. Univ. Nal 23: 8 p. Medellín.
- NUÑEZ, A., 1982.- *Mapa Geológico Preliminar de la Plancha 244, Ibagué. Reseña explicativa* en: Mosquera et al., 1982. Ingeominas, Escala 1:100.000. Bogotá.
- PULIDO, O.H., 1985.- *Proyecto Oro Diseminado. Fase I: Reconocimiento regional en tres zonas de los Departamentos de Caldas, Quindío y Tolima, Colombia. Inf. 1947*. 60 p. Ibagué.
- RESTREPO, J.J., TOUSSAINT, J.F., 1978.- *Datación de una metadiabasa del Grupo Cajamarca*. Pub. Esp. Geol. Univ. Nal. 16:3 p. Medellín.
- SCHERKENBACH, D.A., 1983.- *Mechanism and evidence supporting a hydrothermal explosion origin for breccias*. (Abs.), in Brecciation and Mineralization: Geologic occurrence and genesis, Colorado Springs Conference, USA, Programme and Abstracts.
- SILLITOE, R.H., 1983.- *Styles of low-grade gold mineralization in volcano-plutonic arcs*. AIME Precious Metals Symposium Reno, Nevada, 1980. Proceedings, report 36, Nevada Bureau of Mines, p. 52-68.
- WRIGHT, A., 1983.- *The Ortiz gold deposit (Cunningham Hill), geology and exploration*. AIME Precious Metals Symposium, Reno Nevada, 1980. Proceedings, report 36, Nevada Bureau of Mines, p. 42-51.

## ANEXO 1: Resumen estadístico correspondiente a la Fase II del Proyecto Oro Diseminado.

## I. PERSONAL

Oscar H. Pulido U.	Geólogo
Kepler F. Saigado C.	Topógrafo
Rodrigo Marín T.	Auxiliar - Conductor
Nora Hernández L.*	Dibujante
Argelia de Hoyos*	Secretaria
Tres trabajadores ocasionales	

\*Elaboración de informe.

## II. DIAS DE COMISION

Oscar H. Pulido	44 (incluye 8 días de transporte)
Kepler F. Saigado	10 (incluye 3 días de transporte)
Rodrigo Marín T.	44 (incluye 8 días de transporte)

## III. LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

Area de 900 por 900 m.

## IV. LEVANTAMIENTO GEOLOGICO DETALLADO

Area de 1000 por 1000 m, escala 1:2.000.

## V. MUESTRAS COLECTADAS

Testigos de roca (secciones delgadas)	30
Esquirlas de rocas	99
Suelos	170

## VI. ANALISIS REALIZADOS

	Esquirlas de rocas	Suelos
Au, Ag (Absorción atómica)	86	160
As, Sb (Colorimetría)	56	160
Espectrografía	78	95
Difracción Rayos X	5	

**NOTAS GEOLOGICAS**

**NOTA PRELIMINAR SOBRE LA EDAD DE LOS SEDIMENTOS  
TERCIARIOS DE LA ZONA DE ARARACUARA  
(AMAZONAS)**

**Por:**

**CARINA HOORN**

**Programa Tropenbos — Corporación Araracuara**

**1988**



## NOTAS GEOLOGICAS

### NOTA PRELIMINAR SOBRE LA EDAD DE LOS SEDIMENTOS TERCIARIOS DE LA ZONA DE ARARACUARA (AMAZONAS)

CARINA HOORN\*

#### RESUMEN

Por medio de un análisis palinológico se han podido datar como Oligoceno Superior a Mioceno Inferior a los sedimentos situados en el área de Araracuara que actualmente son conocidos como Terciario Superior Amazónico. Estos sedimentos fueron depositados en un sistema fluvial de baja sinuosidad con una dirección de transporte hacia el oeste. Las muestras estudiadas provienen de los depósitos de llanura de inundación y reflejan una paleoflora, que en grandes líneas es similar a la vegetación actual del área.

#### ABSTRACT

By means of palynological analysis, sediments of the Araracuara area, which are actually known as Terciario Superior Amazónico are dated as Upper Oligocene to Lower Miocene. These sediments were deposited in a fluvial system of low sinuosity with a Westward transport direction. The studied samples are provenant from the flood basin deposits and show a paleoflora which in great lines is similar to the present flora of the area.

#### 1. INTRODUCCION

En el marco del Programa Tropenbos, que se está realizando bajo auspicios de la Corporación Araracuara, se lleva a cabo un amplio estudio geológico y palinológico de los sedimentos Terciarios de la Amazonia Colombiana. Se presentan aquí como nota preliminar las dataciones obtenidas por medio de un análisis palinológico de los sedimentos que actualmente son denominados como Terciario Superior Amazónico. Se estudiaron 9 muestras recolectadas en 4 secciones estratigráficas levantadas entre Araracuara y la Isla de María Cristina (Fig. 1).

\* Programa Tropenbos, Corporación Araracuara  
Calle 20 No. 5 - 44, Bogotá.

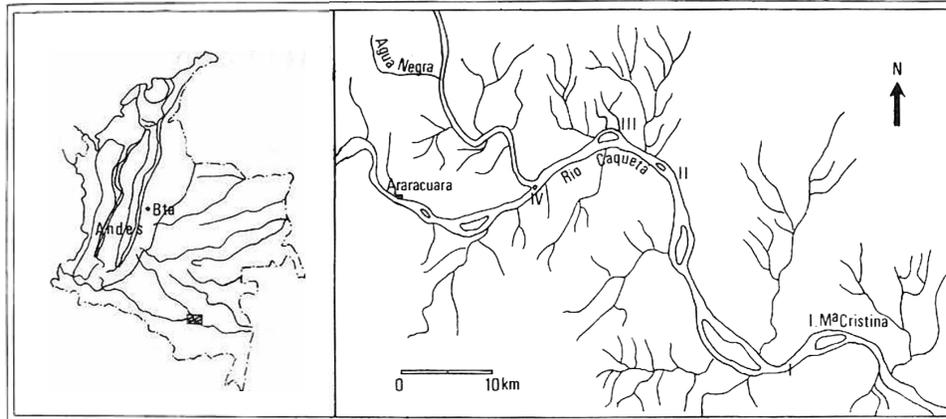


FIG. 1: Ubicación del área y de las secciones estratigráficas.

## 2. GEOLOGIA

Los sedimentos Terciarios entre Aracuara y la Isla María Cristina tienen aproximadamente 60 m de espesor (Fig. 2). Estos sedimentos están compuestos por arenas con niveles ferruginosos y son alternados por arcillas grisáceas a negras y carbones de bajo grado. Las arenas están compuestas por granos cuarcíticos, subangulares, mal sorteadas, con predominio del grano medio a muy grueso y sin litificación a excepción de la fracción muy gruesa. En las arenas se observó estratificación cruzada de diversas escalas y estratificación en artesa con dirección uniforme de transporte hacia el oeste. Las arcillas y carbones de bajo grado contienen nódulos de pirita y restos de materiales orgánicos como son hojas y tallos. En el techo aparece un nivel conglomerático de 1.5 m de espesor en contacto erosivo con la secuencia anterior.

En la Isla del Yari, Patarroyo y Vargas (1988) describen la sección IV, la cual se distingue por su escaso espesor de 15 m. Estos sedimentos constan de arenas conglomeráticas con niveles arcillosos. En su parte inferior presentan contacto discordante con el basamento Precámbrico y en su parte superior contacto erosivo con un nivel conglomerático. El escaso espesor de la sección IV en relación con las otras secciones es debido al paleorrelieve y al no depósito o erosión.

### 3. PALINOLOGIA

#### 3.1. METODO DE PREPARACION Y CONTEO DE LAS MUESTRAS

Las muestras I-Yari, Mar-34, 40, 29, 30, 4 y 22 son de carácter arcilloso. Estas fueron preparadas con una disolución de Pirofosfato de Sodio al 10 % con el fin de deflocular las arcillas. La materia orgánica se separó mediante un líquido denso (Bromoforno) y luego se prepararon las placas. Las muestras Sum-5 y Azul-2 son carbones de bajo grado y éstas fueron tratadas con el método oxidante Schulze.

Por cada placa fueron contados entre 100 y 150 ejemplares y se calcularon las frecuencias relativas para cada especie. La composición y las frecuencias de las especies están representadas en la Figura 2.

#### 3.2. LITERATURA CONSULTADA

Para la determinación de especies se consultaron las siguientes publicaciones: Dueñas (1986), Germeraad et al. (1968), González-Guzmán (1967), Leidelmeyer (1966), Lorente (1986), Regali et al. (1974), Van Der Hammen & Wijmstra (1964), Van Hoeken-Klinkenberg (1966) y Wijmstra (1971). Para determinar la afinidad botánica se consultaron: Germeraad et al. (1968), Heusser (1971) y Lorente (1986).

#### 3.3. COMPOSICION POLINICA DE LAS MUESTRAS

En las muestras Mar-34, 40, Sum-5, Mar-29 y 30 abundan: *Retitricolporites guianensis*, *Magnastriatites grandiosus* y *Echitricolporites maristellae* y son frecuentes *Psilatricolporites costatus*, *Psilatricolporites triangularis*, *Perforitricolpites digitatus*, *Perisyncolporites pokorny*, *Echistephanocolpites akanthos* y *Psilatricolporites normalis*.

En las muestras I-Yari, Mar-4, 22 y Azul-2 abundan: *Mauritiidites franciscoi*, *Verrucatosporites usmensis*, *Psilatricolporites cereus* y *Psilatricolpites minutus*.

En todas las muestras aparecen frecuentes: *Psilamonocolpites* sp. 1 y *Psilatricolporites varius*. El resto de la materia orgánica está constituida por elementos de carácter terrestre: esporas de hongos, micelios y tejido vegetal como son vasos de transporte, cutículas, epidermis, filamentos de corteza y materia amorfa.

#### 3.4. EDAD

La asociación de *Magnastriatites grandiosus*, *Retitricolporites guianensis*, *Echitricolporites maristellae*, *Verrucatosporites usmensis*, *Mauritiidites franciscoi* y *Retricolporites irregularis* junto con la presencia de *Verrutricolporites rotundiporus*, *Echitriteles muelleri* y *Crassireticolporites columbianus* y la ausencia de marcadores posteriores al Mioceno Inferior como son *Crassoretitriteles vanraadshooveni*, *Grimsdalea magnaclavata*, *Multimarginitus vanderhammeni*, *Paracerasporites diderixi* y los Compositae (GERMERAAD et al, 1968 y MULLER et al, 1985) llevan a la proposición de una edad Oligoceno Superior a Mioceno Inferior para estos sedimentos.

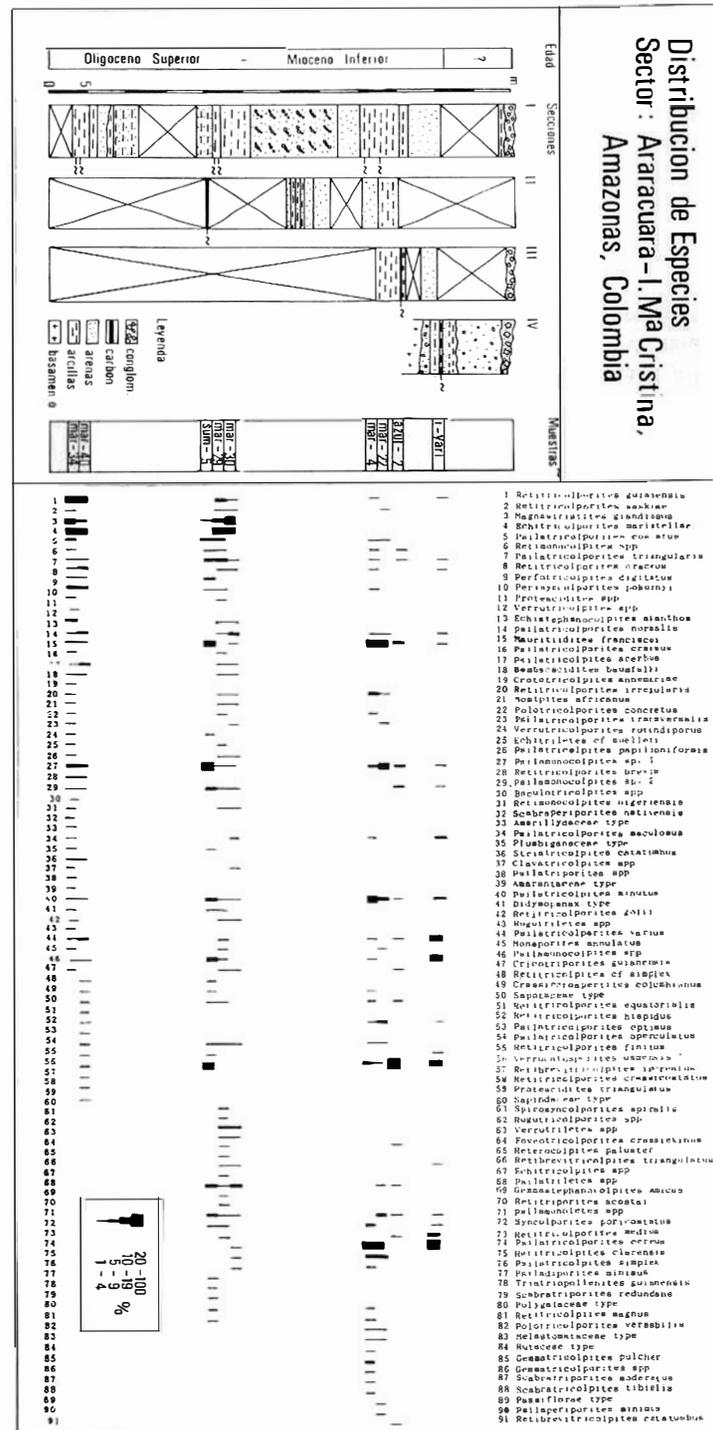


FIG. 2: Secciones estratigráficas y composición y frecuencia de especies.

#### 4. PALEOAMBIENTES Y PALEOVEGETACION

Las características sedimentológicas observadas en los sedimentos ubicados entre Araracuara y la Isla María Cristina, nos indican que estos fueron depositados en un sistema fluvial de baja sinuosidad, con variación periódica de aportes y abundante disponibilidad de arenas. Esta conclusión se basa en que: en todas las secciones faltan las secuencias granoderecientes y las estructuras sedimentarias características de depósitos de orillas. Al igual que la uniformidad en las direcciones de transporte no permite clasificar los sedimentos de Araracuara dentro del modelo clásico para ríos meandriformes. Asimismo no hay indicaciones de que estos sedimentos se hayan formado en un sistema fluvial trenzado, como son estratificación cruzada en variadas direcciones y cambios abruptos en las estructuras sedimentarias y la textura (modelo KLITZSCH et al, 1979).

La abundancia de las Parkeriaceae (*M. grandiosus*), las Bombacaceae (*E. maristellae*) y las Sterculiaceae o Tiliaceae (*R. guianensis*) en las muestras Mar-34, 40, Sum-5, Mar-29 y 30 indican un subambiente húmedo y la abundancia de Polypodiaceae (esporas monoletas y triletas) y Arecaceae (*M. franciscoi*) en las muestras Sum-5, Mar-4, 22, Azul-2 e I-Yari indican un subambiente pantanoso. Puesto que los datos sedimentológicos señalan que los niveles muestreados son depósitos de llanura de inundación se puede añadir a esto, con base en la palinología, que los niveles de Mar-34, 40 y de Mar-29, 30 son llanuras con inundación periódica y que los niveles Sum-5, Mar-4, 22, Azul-2 y I-Yari son llanuras con inundación permanente.

En menores frecuencias aparecen: Sapotaceae, Malpigiaceae (*P. pokorny*), Euphorbiaceae (*R. irregularis*, *C. annemariae*), Arecaceae (*Psilamonocolpites* spp), Myrtaceae (*S. poricostatus*), Fabaceae (*C. columbianus*, *S. catatumbus*), Protaceae (*Proteacidites* spp), Sapindaceae, (*P. triangularis*), Gramineae (*M. annulatus*), Orchideaceae, Passiflorae, Polygalaceae, Convolvulaceae (*P. digitatus*), Amarillydaceae, Amarantaceae, Aquifoliaceae (*Clavatricolpites* spp), y Plumbiganaceae.

De acuerdo con las afinidades botánicas de las especies observadas se puede concluir que la composición florística al nivel de familia y a veces de género del Oligoceno Superior a Mioceno Inferior Amazónico denota en grandes líneas similitud con la vegetación actual del área.

#### 5. DISCUSION

Existen diversos trabajos acerca de la edad de los sedimentos del Terciario Amazónico Colombiano. Sin embargo la falta de datos estratigráficos ha hecho difícil determinar si estos corresponden a secuencias correlacionables con la de Araracuara. A continuación se presentan algunos puntos discutibles:

They et al. (1984) presenta datos palinológicos de muestras provenientes de Agua Negra, Río Yari y Dos Ríos. A la primera muestra le asigna una edad Eoceno a Mioceno Medio. Las otras dos muestras son consideradas de edad Eoceno. No obstante los marcadores utilizados y presentados en las fotografías de su publicación están erróneamente identificados: *Proxapertites cursus* =?, *Spinocolpites echinatus* = *Mauritiidites franciscoi*, *Clavatricolpites daemoni* = *Retitricolporites irregularis* (THERY et al. 1984, fotografías 17, 18 y 22 respectivamente). Esto nos indica que también podría tratarse de una asociación Oligo-Miocénica.

Quintero (1976) presenta datos palinológicos provenientes de unos afloramientos a

lo largo de los ríos Apaporis y Macaya y basándose en estos propone una edad Eoceno Medio a Superior. Sin embargo en estos datos Quintero no incluyó ningún marcador que pruebe que estas muestras son Eoceno. Además no es muy clara la ubicación de las muestras ni su posición estratigráfica.

Por último Foster (197?) propone para estos mismos sedimentos una edad Mioceno Inferior a Medio considerándolos como una secuencia fluvial. Los datos palinológicos reportados por Foster presentan características similares a los de Araracuara y los marcadores utilizados no prueban, al igual que en Araracuara, una edad posterior al Mioceno inferior.

Lo anterior nos indica que una determinación más consistente de la edad, de los ambientes de deposición y de la composición florística de la paleovegetación de los sedimentos Terciarios de la Amazonia Colombiana, requiere estudios geológicos y palinológicos más detallados a nivel regional y local con el fin de establecer correlaciones y obtener una interpretación uniforme sobre el área.

## 6. CONCLUSIONES

- a) Los sedimentos del Terciario Superior Amazónico son de edad Oligoceno Superior a Mioceno Inferior de acuerdo con la asociación polínica que presentan.
- b) La afinidad florística a nivel de familias y en parte géneros, de las especies observadas, muestra en grandes líneas similitud con la vegetación actual en el área.
- c) Los sedimentos del Terciario Superior Amazónico fueron depositados en un sistema fluvial de baja sinuosidad con una variación periódica de aporte y gran disponibilidad de arenas. Los datos palinológicos indican que en este sistema hubo zonas de inundación permanente y zonas de inundación temporal.

## 7. AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecerle al Icetex su apoyo económico y al Programa Tropenbos, la Corporación Araracuara, el Ingeominas y a la Universidad de Amsterdam su colaboración técnica. También quiero agradecer a José Moreno, capitán de la comunidad de Villazul, su ayuda prestada durante el trabajo de campo y a Bob Morley de Robertson Research por su interés y sus valiosos comentarios.

## 8. BIBLIOGRAFIA

- DUEÑAS, H., 1986.- *Geología y palinología de la Formación Ciénaga de Oro, región Caribe Colombiana*. Publ. Geol. Esp. del Ingeominas, 18:51 p. Bogotá.
- FOSTER, L.C., 197?.- *A palynological study of some samples of Tertiary age of the rio Apaporis area in the Amazon basin*. (Inédito), Hugo de Vries Laboratorium, 5 p. Amsterdam.
- GERMERAAD, J. H., HOPPING, C.A. & MULLER, J., 1968.- *Palynology of Tertiary sediments from tropical areas*. Rev. Paleobot. Palynol., 6: 189-348.

- GONZALEZ-GUZMAN, A.E., 1967.- *A palynological study on the Upper Los Cuervos and Mirador Formations (Lower and Middle Eocene; Tibú área Colombia)*. E.J. Brill, Leiden, Diss. Univ. de Amsterdam, 68 p.
- HEUSSER, C. J., 1971.- *Pollen and spores of Chile; modern types of the Pteridophyta, Gymnospermae and Angiospermae*. The Univ. of Arizona Press, Tucson, Arizona: 167 p.
- KLITZSCH, E., HARMS, J.C., LEJAL-NICOL, A. & LIST, F.K., 1979.- *Major subdivisions and depositional environments of Nubia strata, Southwestern Egypt*. Am. Assoc. Pet. Geol. Bull., 63: 967-974.
- LEIDELMEYER, P., 1966.- *The Paleocene and Lower Eocene pollen flora of Guyana*. Leidse Geol. Med., 38: 49-70.
- LORENTE, M.A., 1986.- *Palynology and palynofacies of the Upper Tertiary in Venezuela*. Diss. Bot., 99, J. Cramer, Berlin: 222 pp.
- MULLER, J., DE DI GIACOMO, E. & VAN ERVE, A.W., 1985.- *A Palynological zonation for the Cretaceous, Tertiary and Quaternary of Northern South America*. VI Congreso Geológico Venezolano, Mem., 2: 1042-1070, Caracas.
- PATARROYO, P., & VARGAS, L., 1988.- *Ambiente sedimentario del Terciario Superior Amazónico en el área de Araracuara, Caquetá, Colombia*. (Inédito), Univ. Nacional. Bogotá.
- QUINTERO, R., 1976.- *Notas geológicas sobre la región Vaupés - Caquetá de la Cuenca Amazónica de Colombia*. Informe inédito, Geolombia Consultores: 6 p.
- REGALI, M.S., UESEGUI, N. & SANTOS, A., 1974.- *Palinologia dos sedimentos Mesozoicos do Brasil (II)*. Bolet m técnico de Petrobras, 17 (4):263-362. Río de Janeiro.
- THERY, J.M., PENIGUEL, G. & HAYE, G., 1985.- *Descubrimiento de Acritarcos del Arenigiano cerca de Araracuara (Caquetá, Colombia)*. Ensayo de reinterpretación de esta región de la Saliente del Vaupés. Geol. Norandina. 9: 1-18. Bogotá.
- VAN DER HAMMEN, T., & WIJMSTRA, T.A., 1964.- *A palynological study on the Tertiary and Upper Cretaceous of British Guiana*. Leidse Geol. Med., 30: 183-241.
- VAN HOEKEN-KLINKENBERG, P.M.J., 1986.- *Maastrichtian, Paleocene and Eocene pollen and spores from Nigeria*. Leidse Geol. Med., 38: 37-48.
- WIJMSTRA, T.A., 1971.- *The palynology of the Guiana coastal basin*. Diss. Univ. de Amsterdam, De Kempenaer, Oestgeest: 62 p.

## LAMINA

1. *Magnastriatites grandiosus*
2. *Echitricolporites maristellae*
3. *Perfotricolpites digitatus*
4. *Mauritiidites franciscoi*
5. *Echitriletes muelleri*
6. *Retitricolporites guianensis*
7. *Monoporites annulatus*
8. *Bombacacidites baumfalki*
9. *Echistephanocolpites akanthos*
10. *Perisyncolporites pokornyi*
11. *Verrucatosporites usmensis*
12. *Psilamonocolpites* sp. 1
13. Polygalaceae type
14. *Psilamonocolpites* sp. 2
15. *Crassiectoapertites columbianus*
16. Micelia, esporas de hongos y tejido vegetal
17. Espora de hongo
18. Cutícula con estomas

