

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-

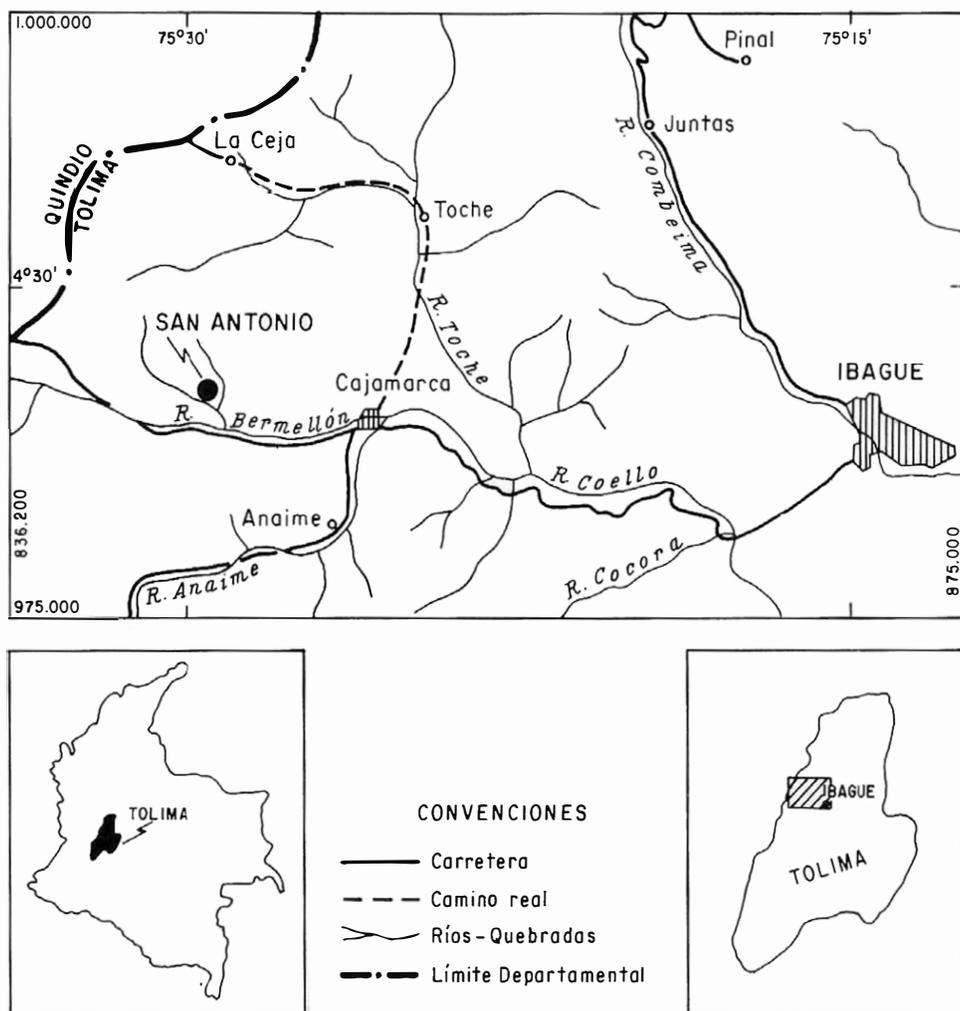


FIG. 1: Proyecto oro diseminado. Fase II. Localización del área de San Antonio.

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.

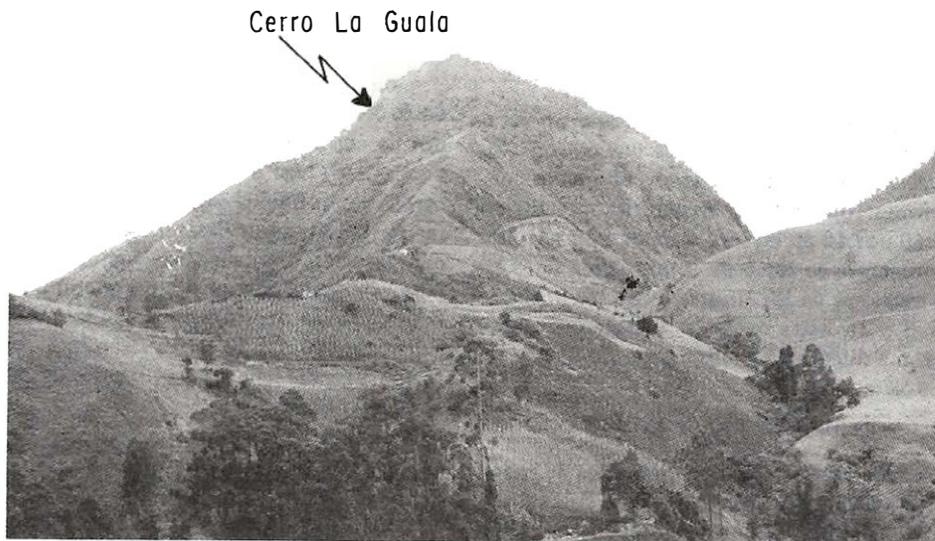


FIG. 2: Panorámica de la región de San Antonio, vista desde el sur.

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 INGEOMINAS, por su aprobación para adelantar este proyecto.

Mi reconocimiento al geólogo Alberto Núñez T., Director de la oficina del INGEOMINAS 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 INGEOMINAS, 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 pirta.

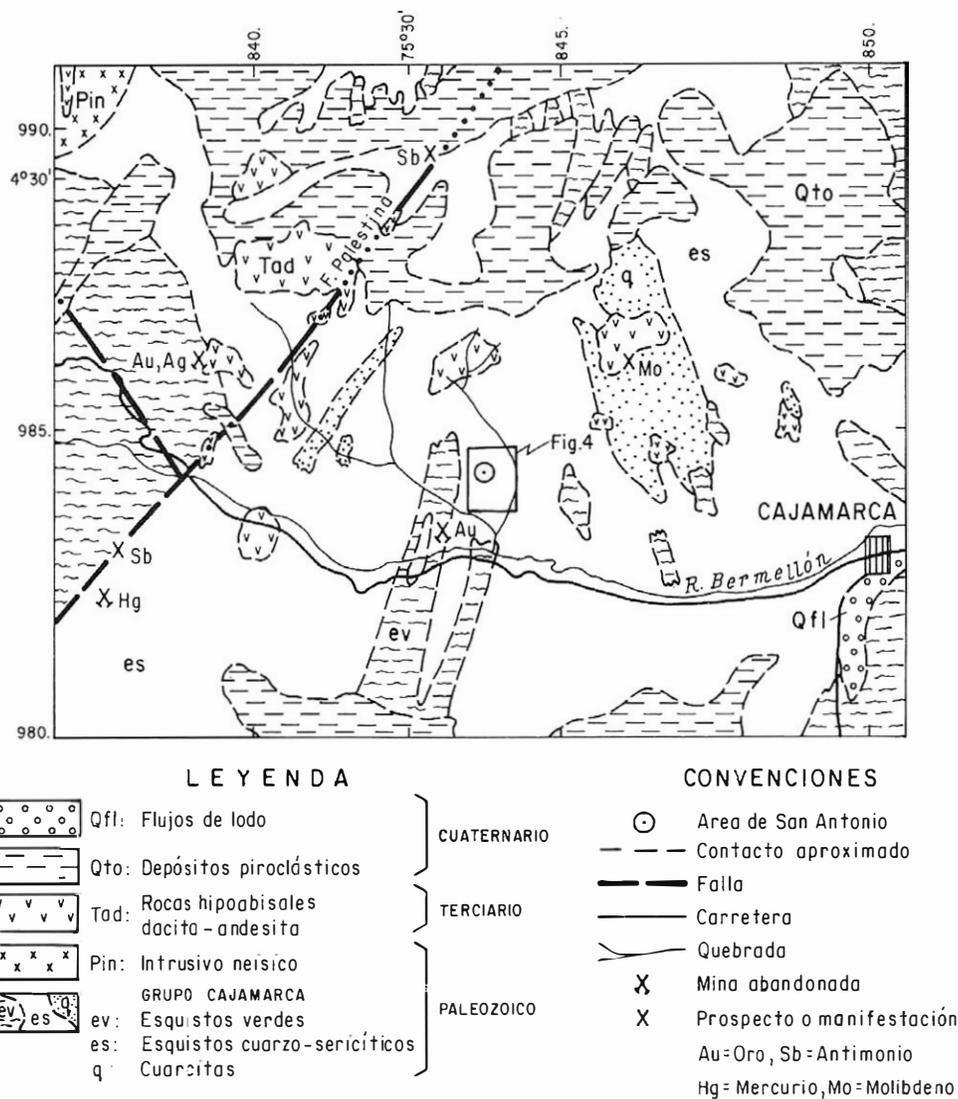


FIG. 3: Proyecto oro diseminado. Fase II. Geología Regional simplificada de MOSQUERA et al (1982) de los alrededores del área de San Antonio (Tolima).

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 (≤ 2 m) y cuerpos (≤ 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 (BUIRAGO 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 Cóluga).

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 (Qtz)

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

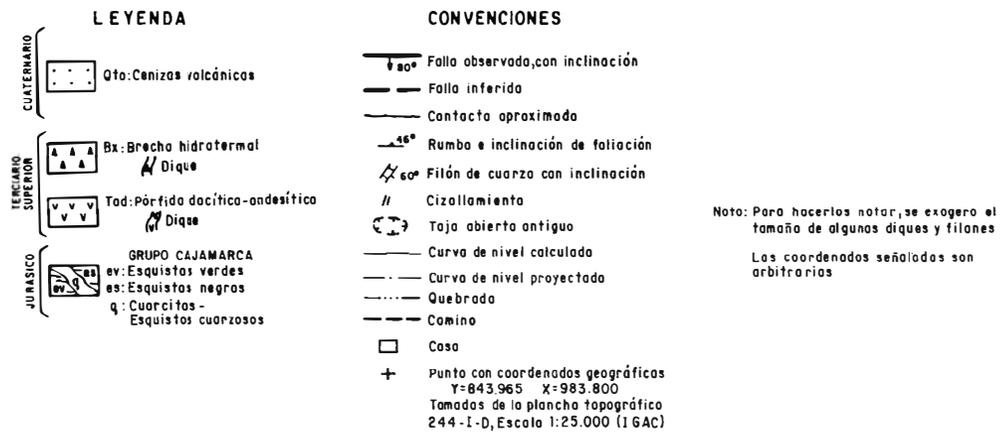
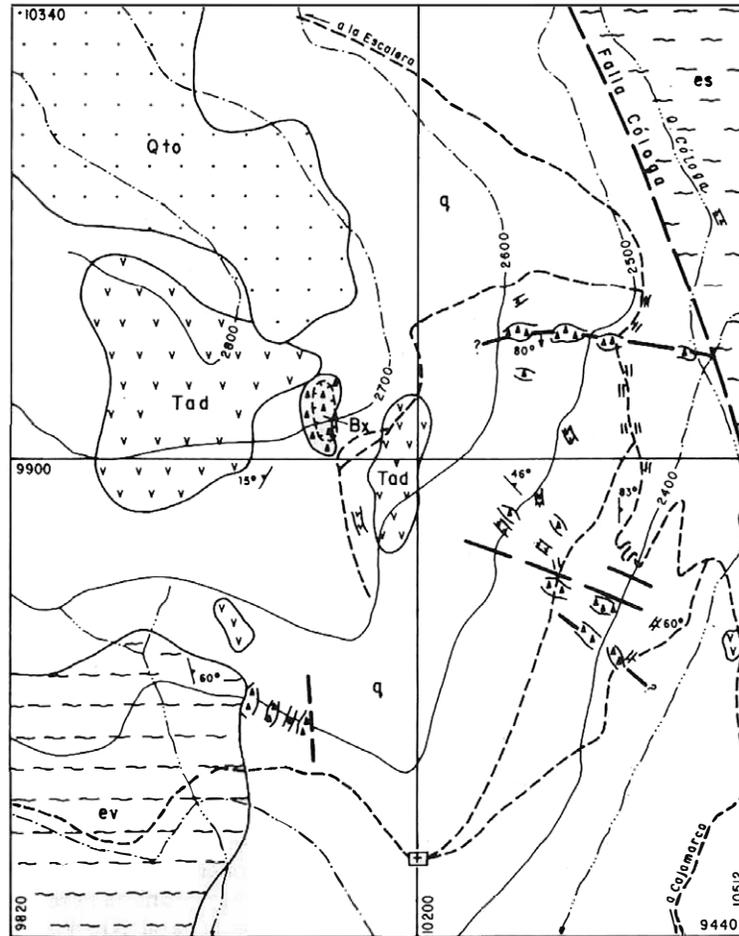


FIG. 4: Proyecto oro diseminado. Fase II. Geología del área de San Antonio (Tolima).

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 Scherckenbach (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).

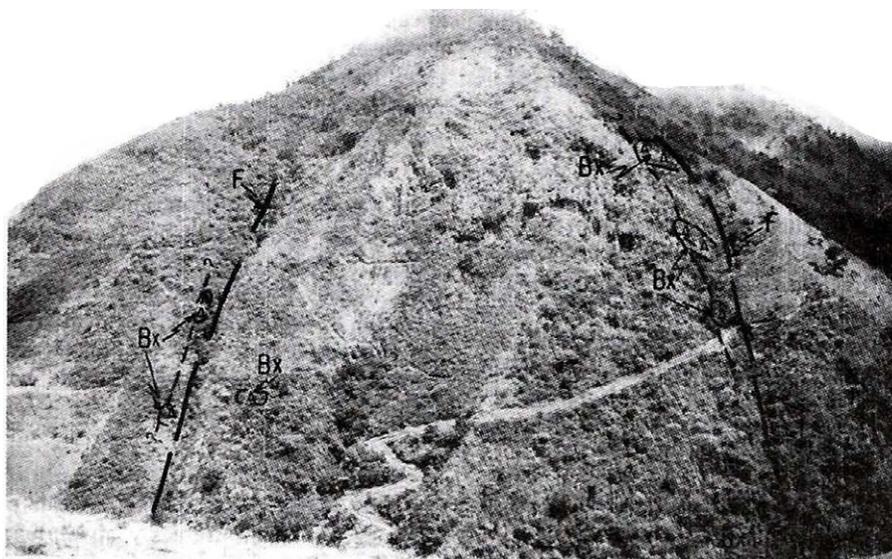


FIG. 5: Cuerpos de brecha hidrotermal (Bx) especialmente relacionados a zona de fallas (F). Flanco oriental del Cerro La Guala.



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 (JORALEMÓN, 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 esquilras de rocas y de suelos, que luego se analizaron por varios métodos geoquímicos (ver Métodos de Trabajo y Tabla 1, en este informe).

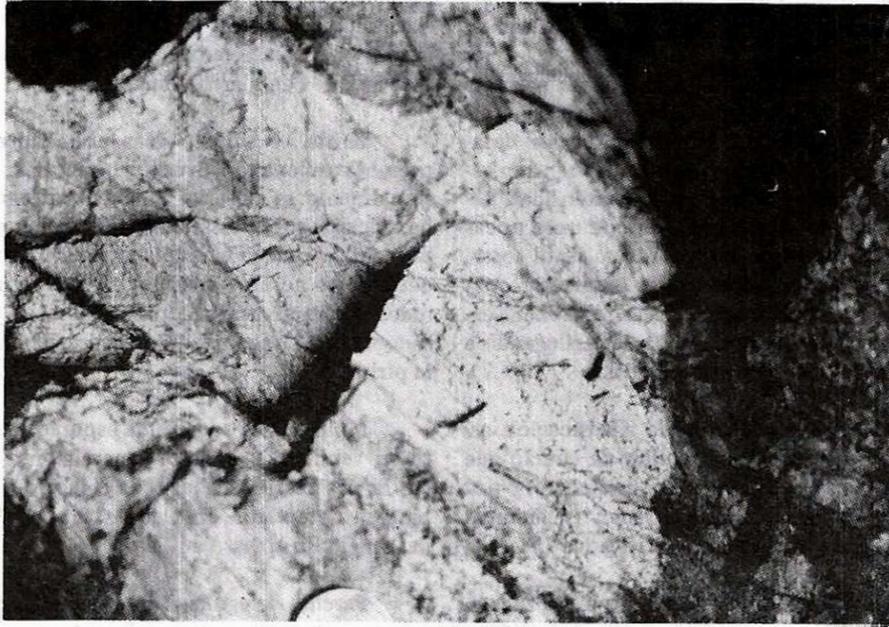


FIG. 7: Silicificación y sericitización en zona de estoverca (stockwork) desarrollada en los alrededores de un cuerpo de brecha hidrotermal. Tajo abierto antiguo.

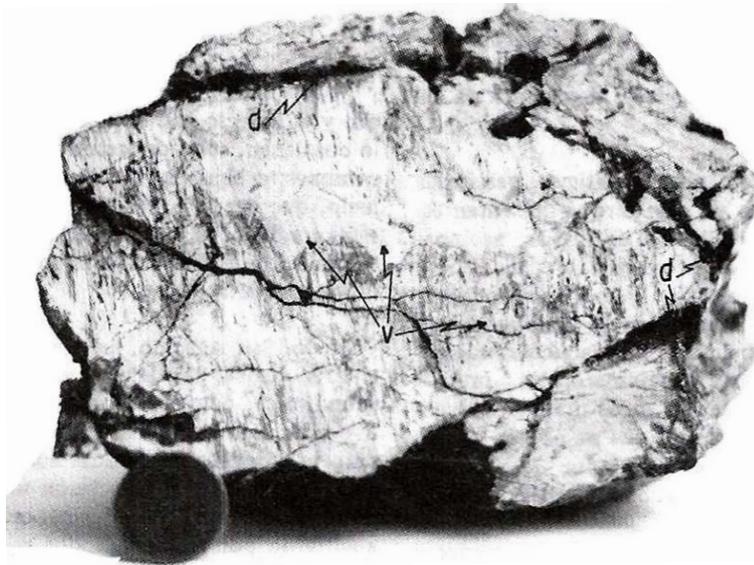


FIG. 8: Fragmento de brecha hidrotermal invadido por etapas repetitivas de silicificación: venillas de cuarzo (v) y crustas (d).

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 log-normal; 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 (≥ 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.

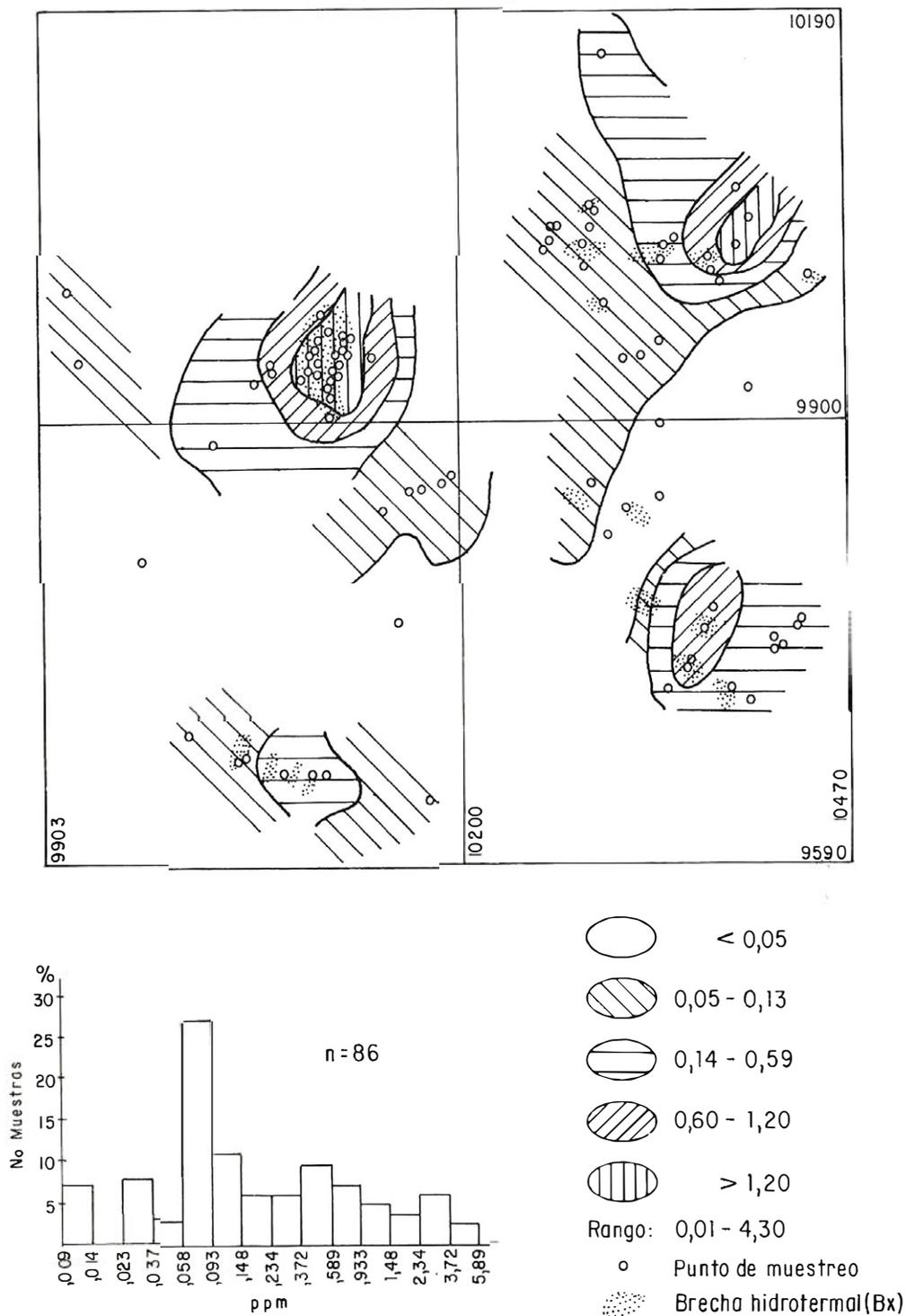


FIG. 9: Proyecto oro diseminado. Fase II, San Antonio. Contenido de oro, análisis por Absorción Atómica (ppm) en esquirlas de rocas.

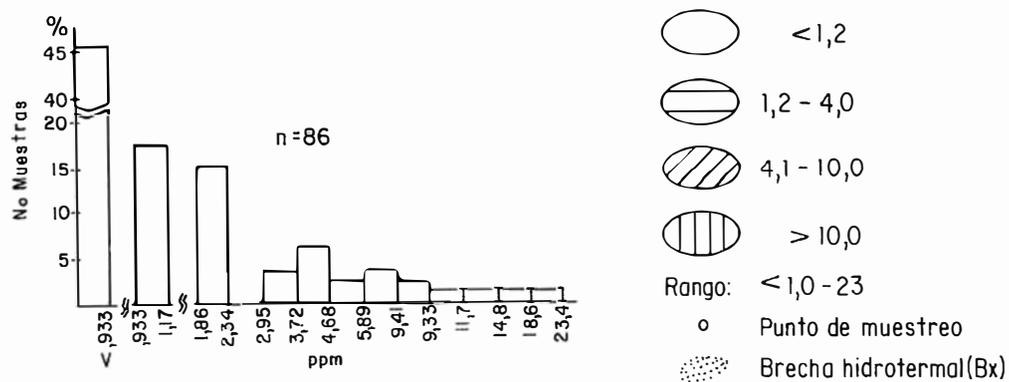
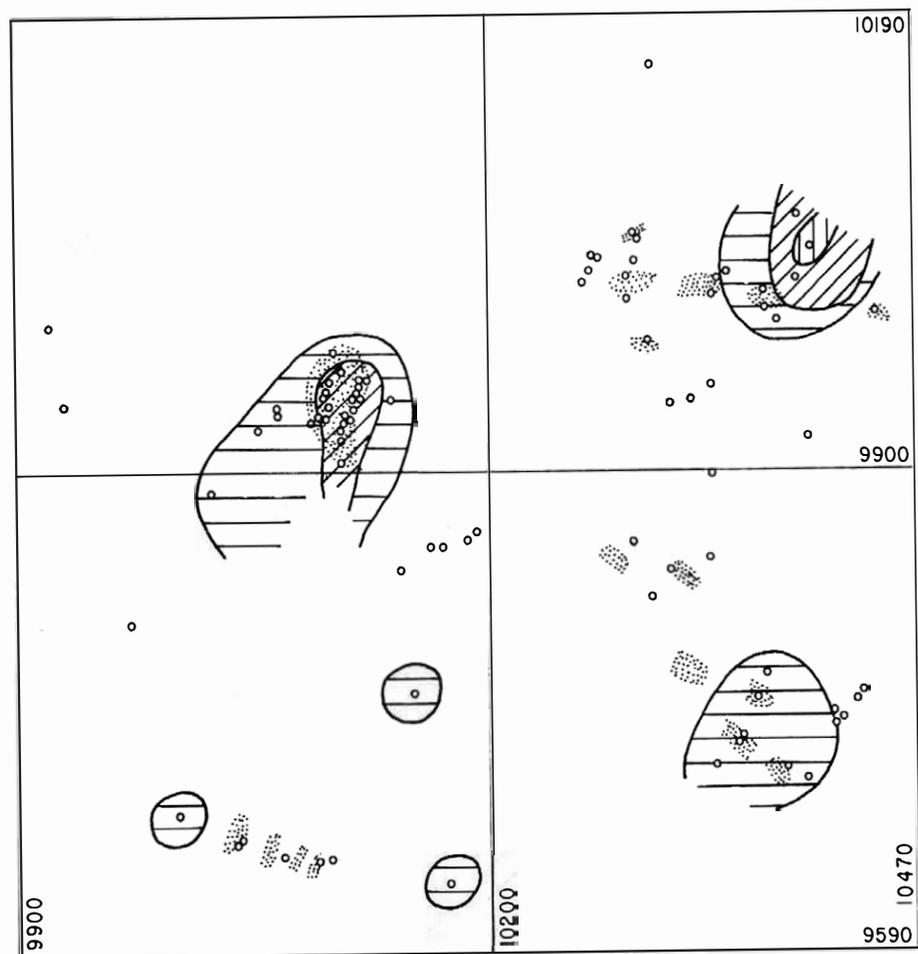


FIG. 10: Proyecto oro diseminado. Fase II, San Antonio. Contenido de plata, análisis por Absorción Atómica (ppm) en esquirlas de rocas.

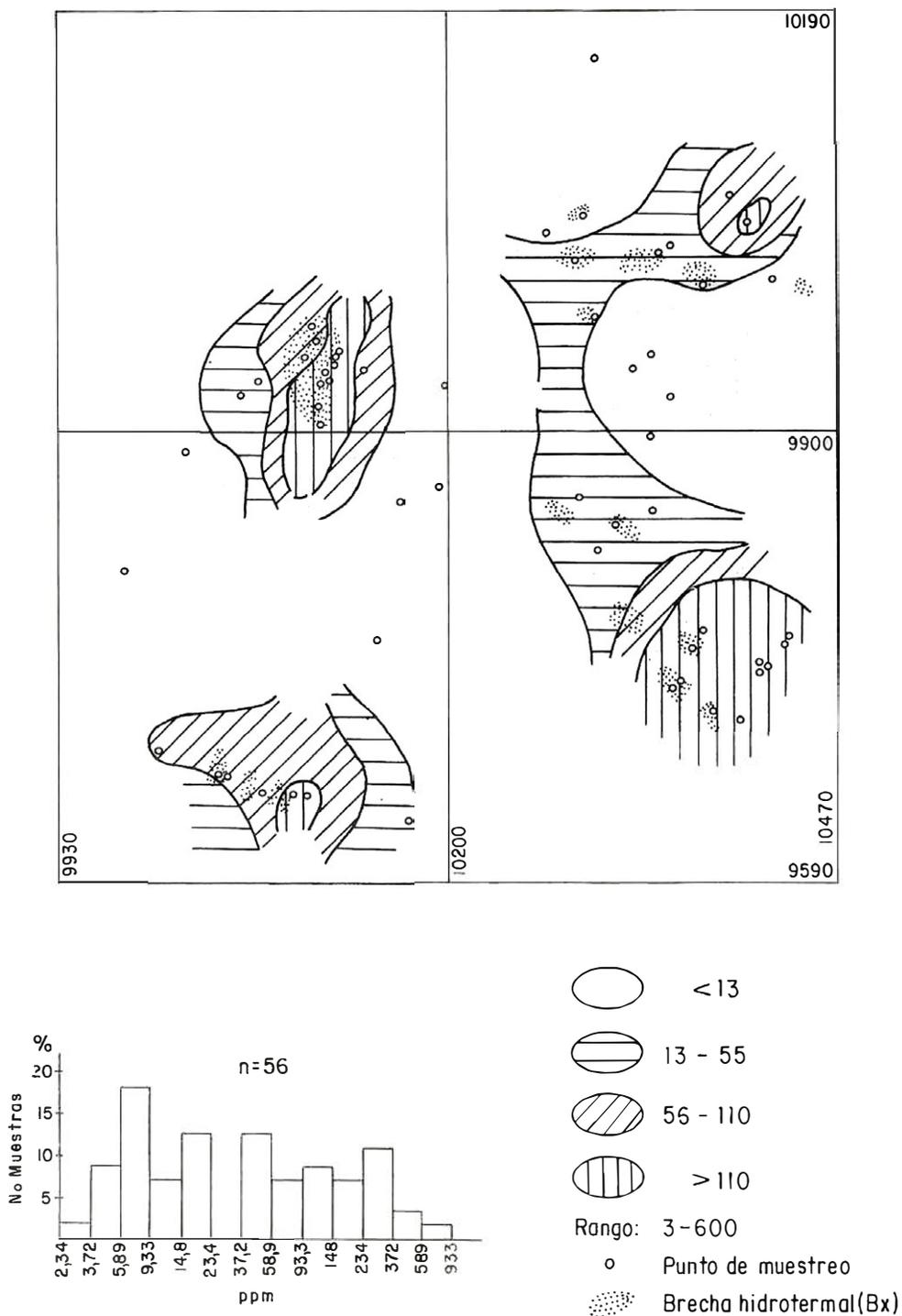


FIG. 11: Proyecto oro diseminado. Fase II, San Antonio. Contenido de arsénico, análisis por Colorimetría (ppm) en esquirlas de rocas.

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 (≥ 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 (≥ 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 (≥ 100 ppm) del área de San Antonio.

4.2.1.8. *Bario (Figura 16).*- Los valores anómalos para bario (≥ 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

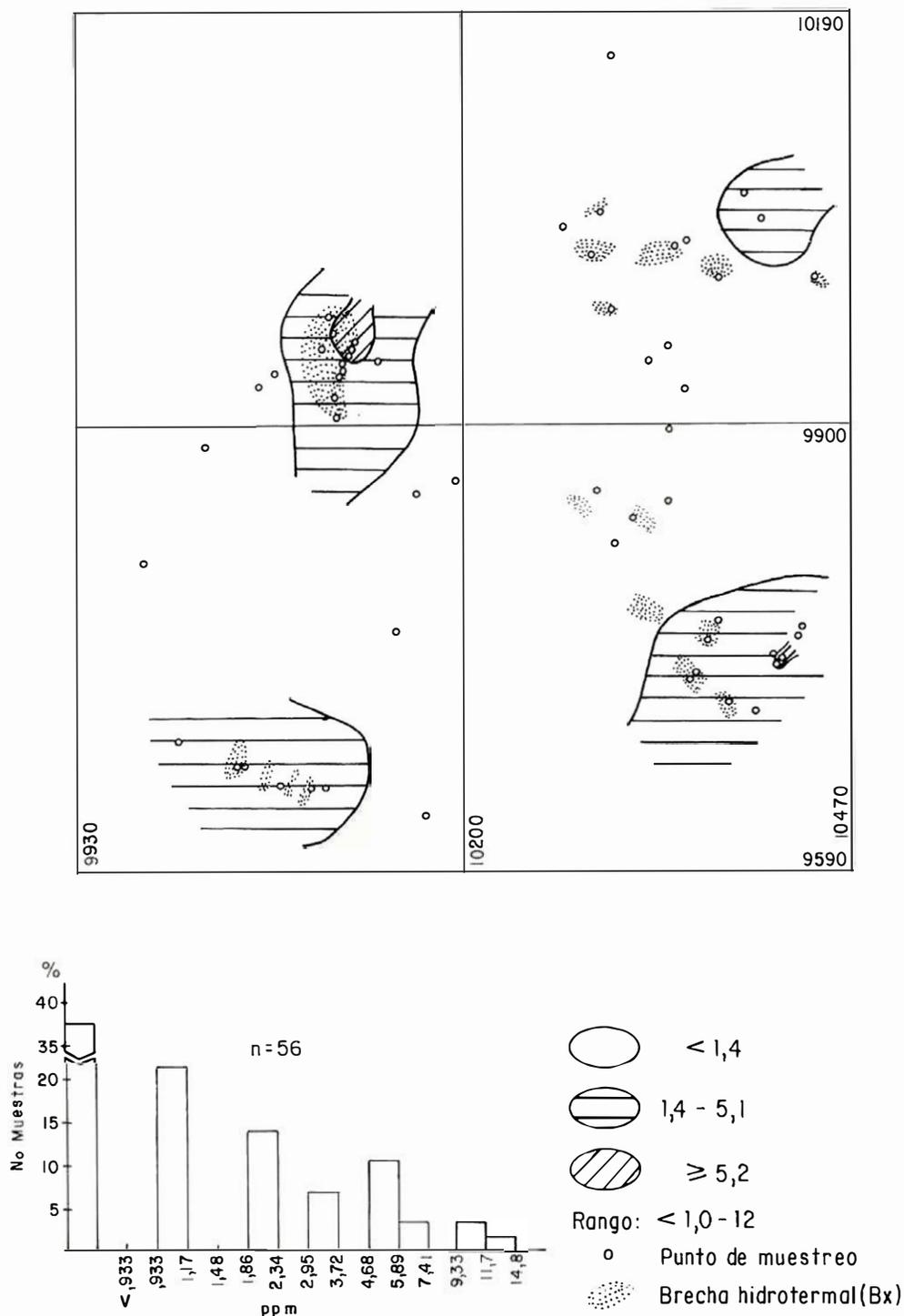


FIG. 12: Proyecto oro diseminado. Fase II, San Antonio. Contenido de Antimonio, análisis por Colorimetría (ppm) en esquirlas de rocas.

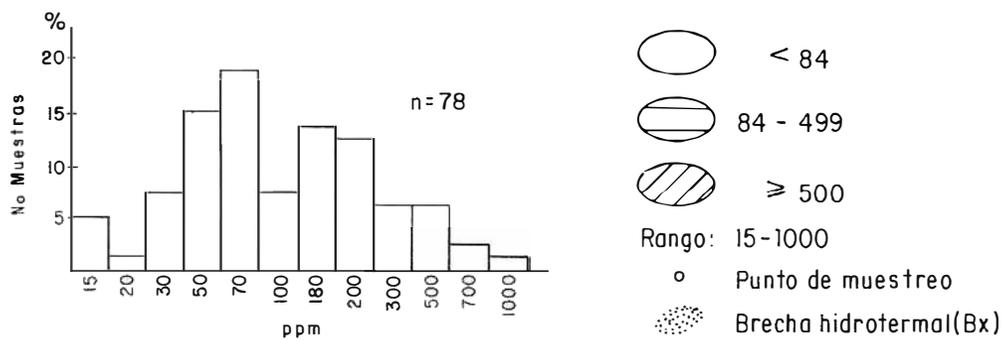
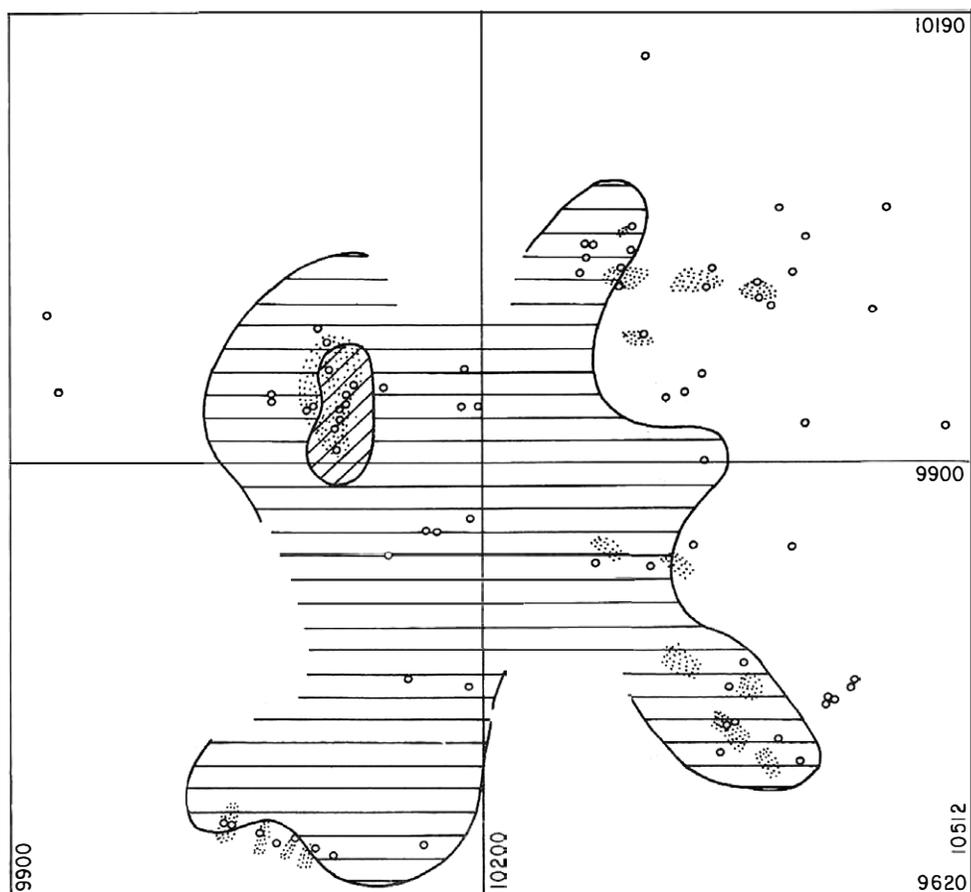


FIG. 13: Proyecto oro diseminado. Fase II, San Antonio. Contenido de cobre, análisis por Espectrografía (ppm) en esquirlas de rocas.

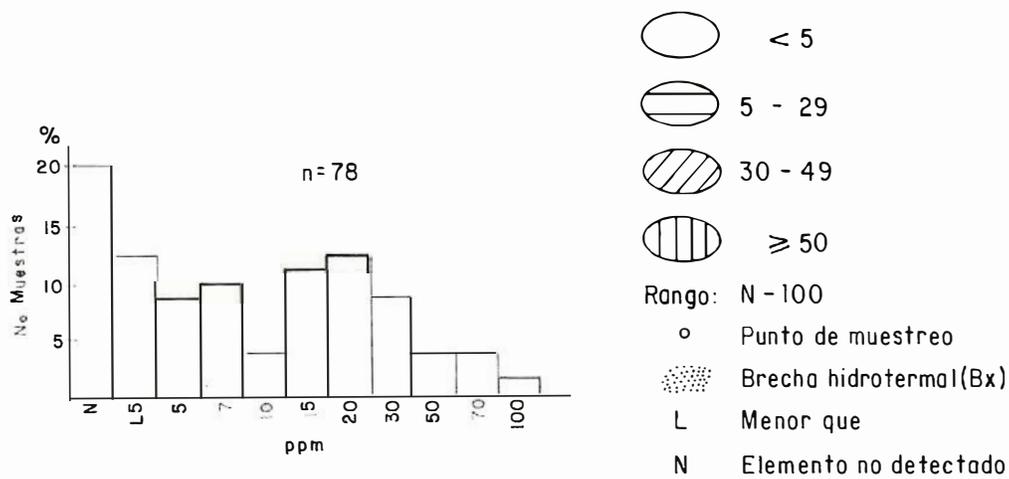
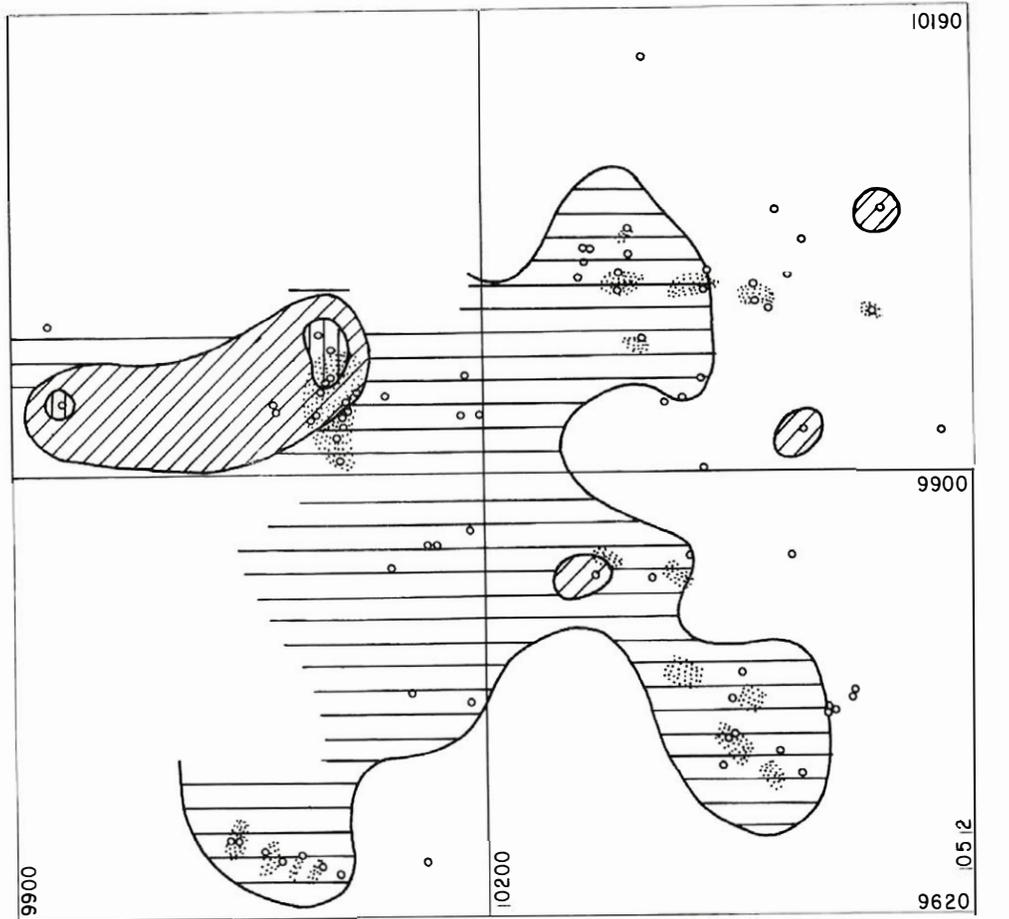


FIG. 14: Proyecto oro diseminado. Fase II, San Antonio. Contenido de molibdeno, análisis por Espectrografía (ppm) en esquirlas de rocas.

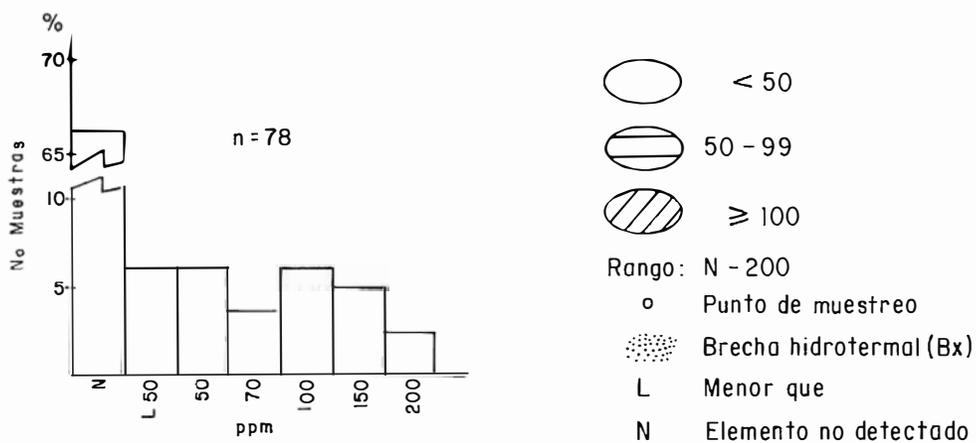
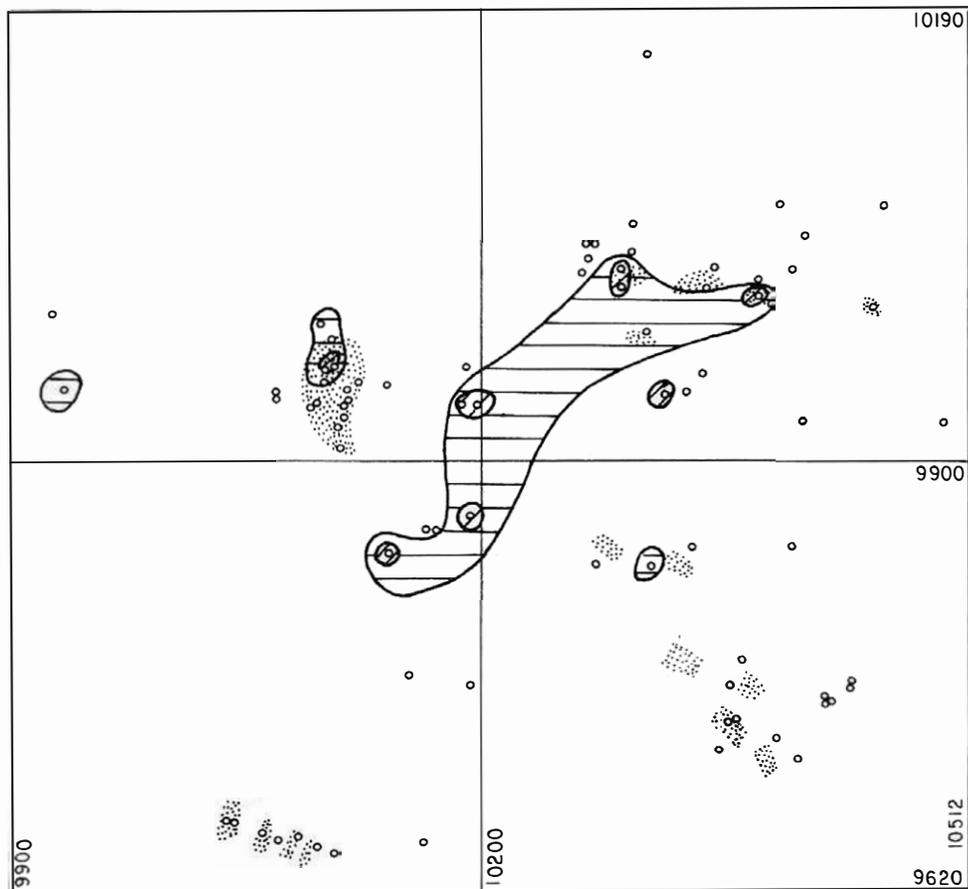


FIG. 15: Proyecto oro diseminado. Fase II, Contenido de tungsteno, análisis por Espectrografía (ppm) en esquirlas de rocas.

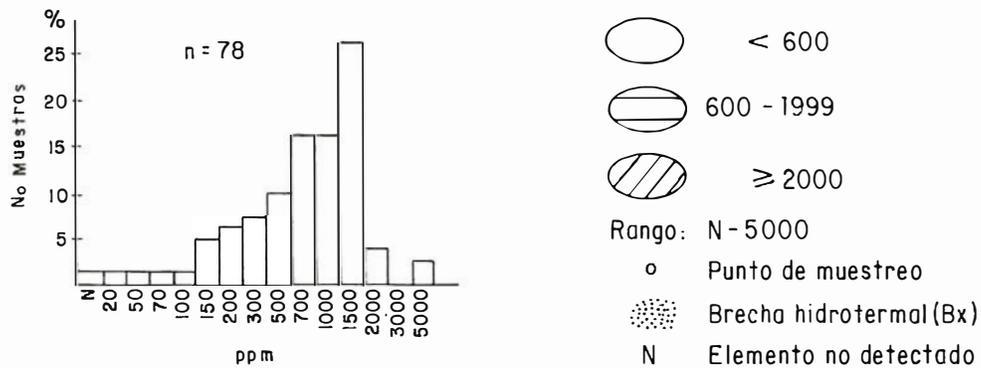
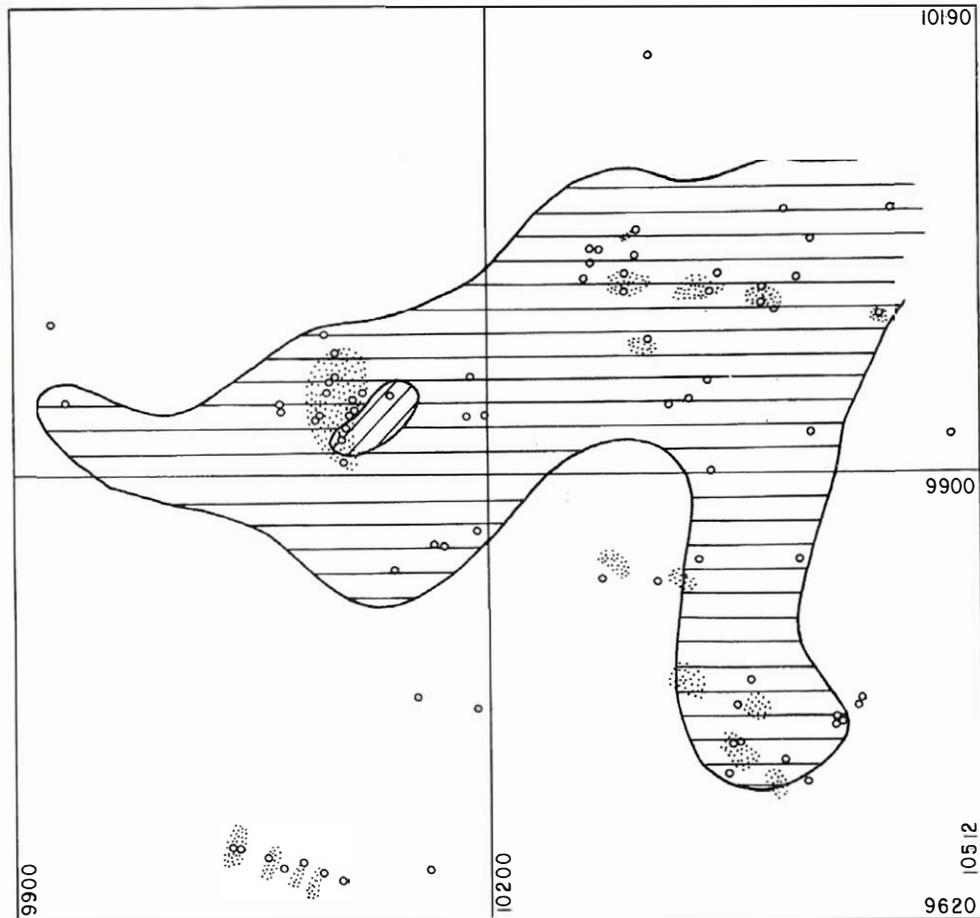


FIG. 16: Proyecto oro diseminado. Fase II, San Antonio. Contenido de bario, análisis por Espectrografía (ppm) en esquirlas de rocas.

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 esquirlas 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 (≥ 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° . 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 (≥ 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 ≥ 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.

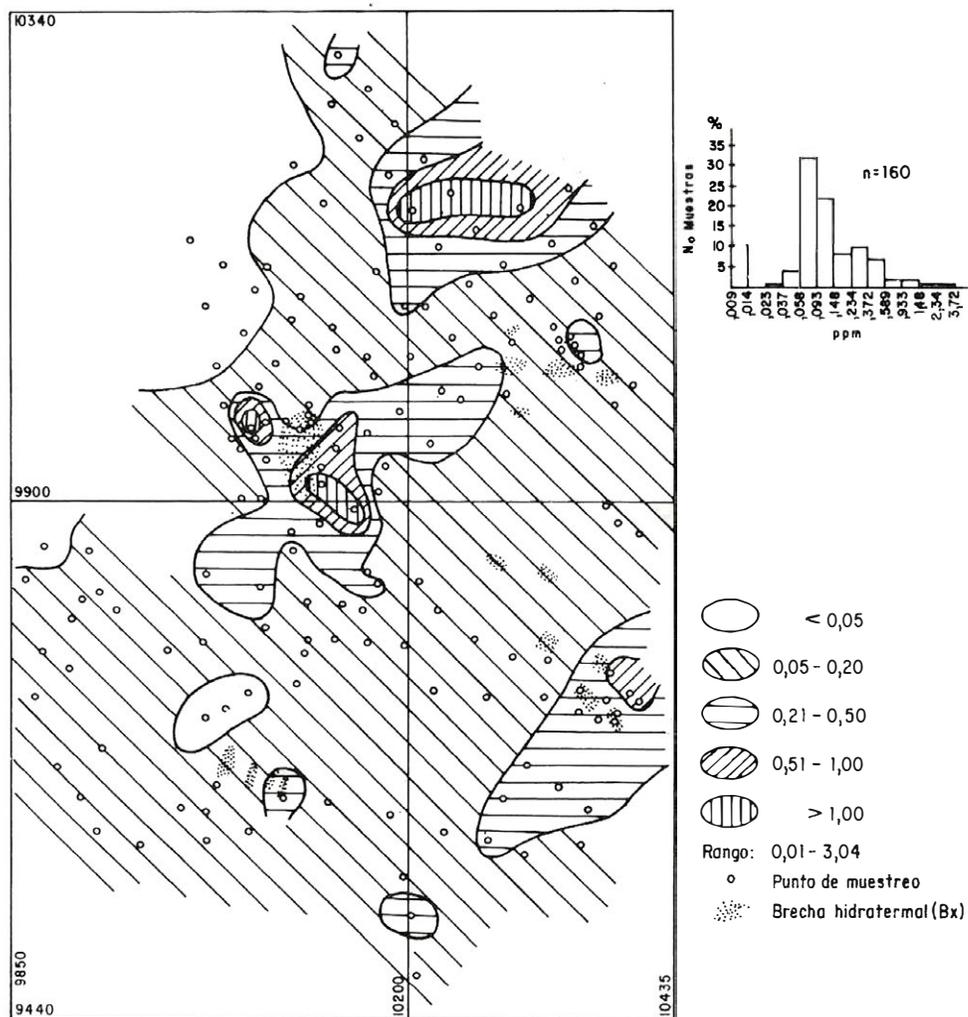


FIG. 18: Proyecto oro diseminado. Fase I', San Antonio. Contenido de oro, análisis por Absorción Atómica (ppm) en suelos.

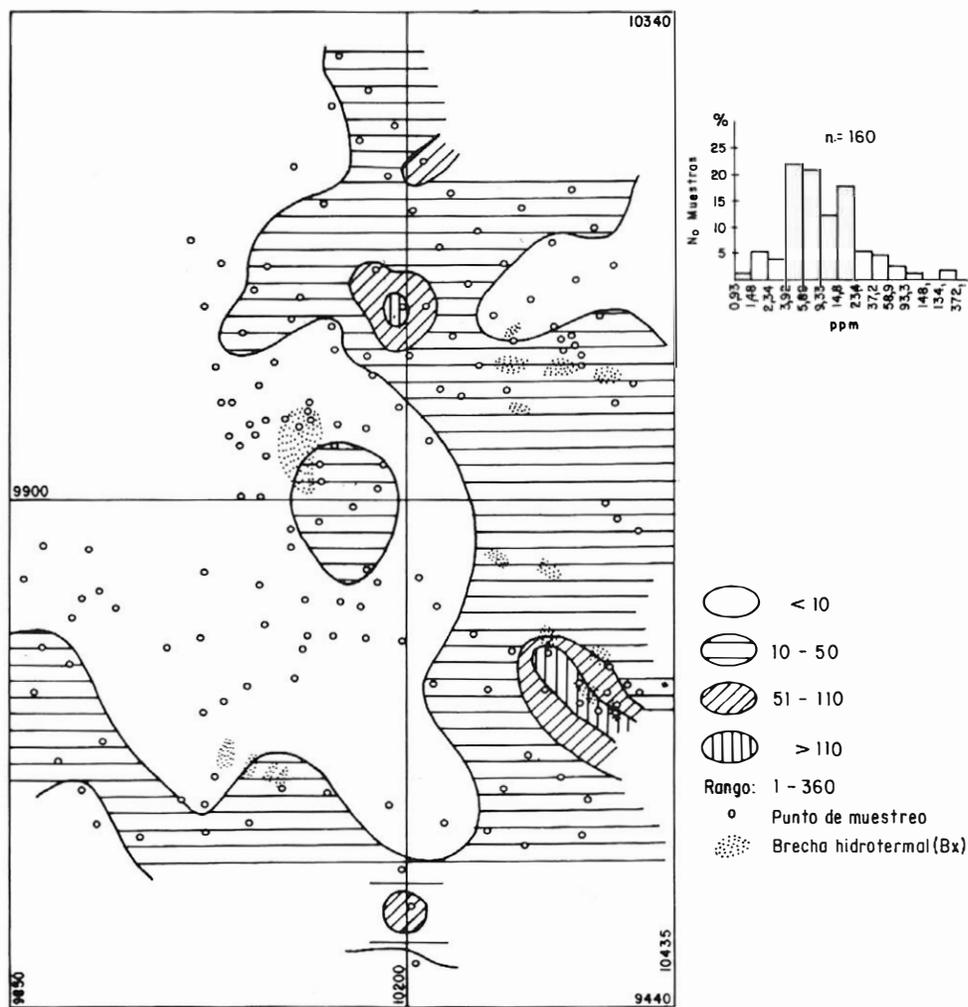


FIG. 19: Proyecto oro diseminado. Fase II. San Antonio. Contenido de arsénico, análisis por Colorimetría (ppm) en suelos.

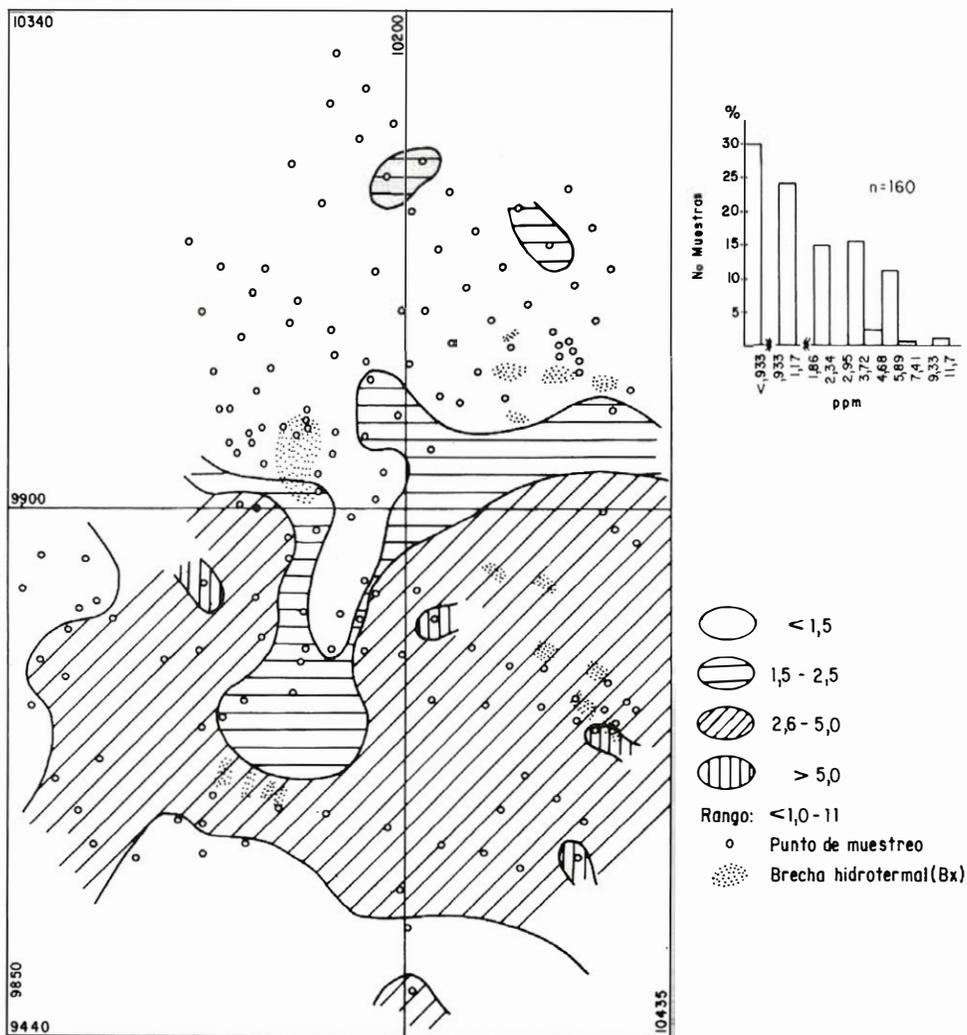


FIG. 20: Proyecto oro diseminado. Fase II, San Antonio, Contenido de antimonio, análisis por Colorimetría (ppm) en suelos.

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 esquilras 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 esquilras 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.

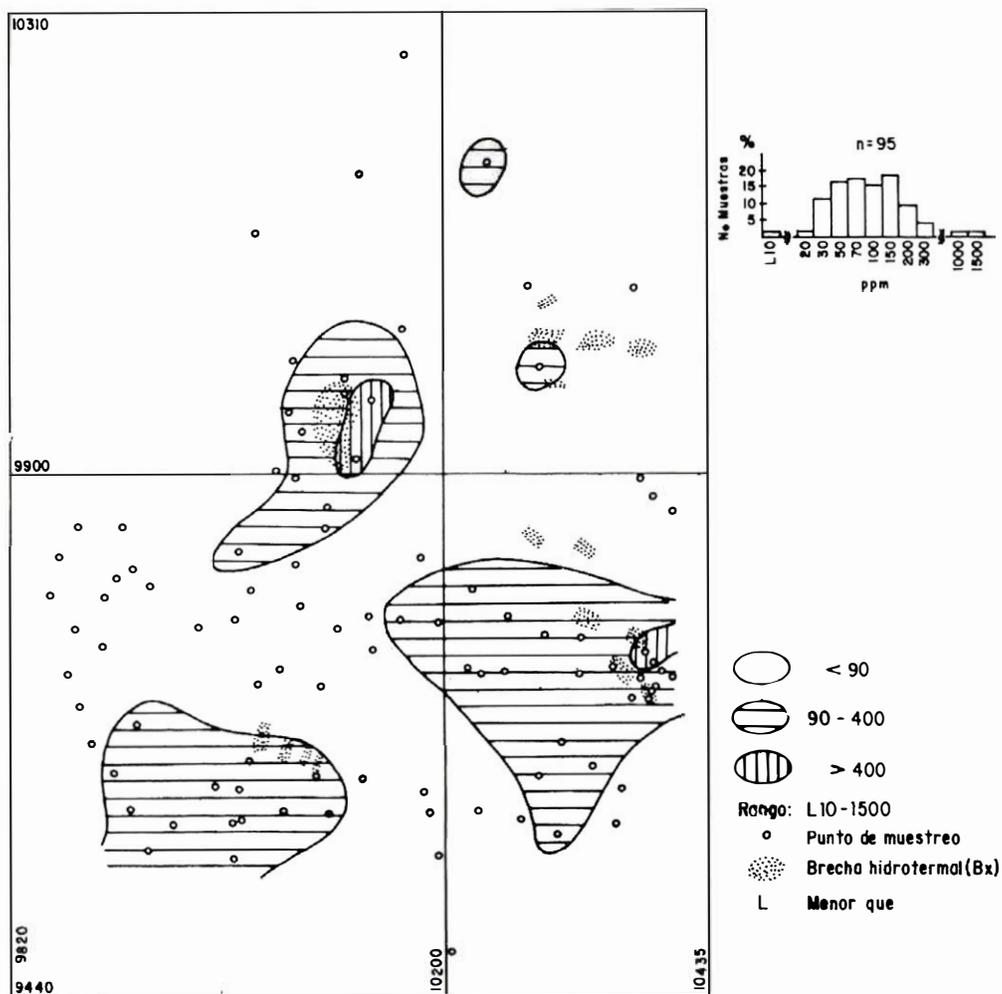


FIG. 21: Proyecto oro diseminado. Fase II, San Antonio. Contenido de cobre, análisis por Espectrografía (ppm) en suelos.

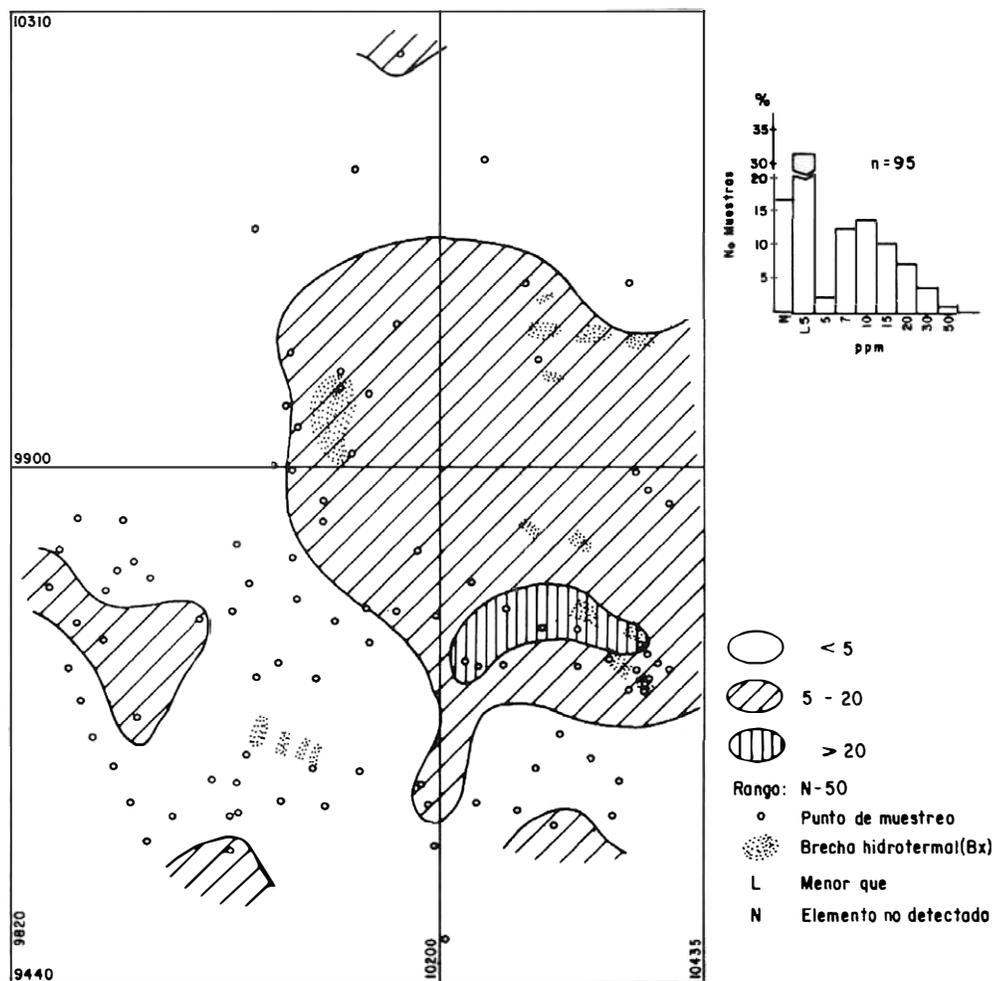


FIG. 22: Proyecto oro diseminado. Fase II, San Antonio. Contenido de molibdeno, análisis por Espectrografía (ppm) en suelos.

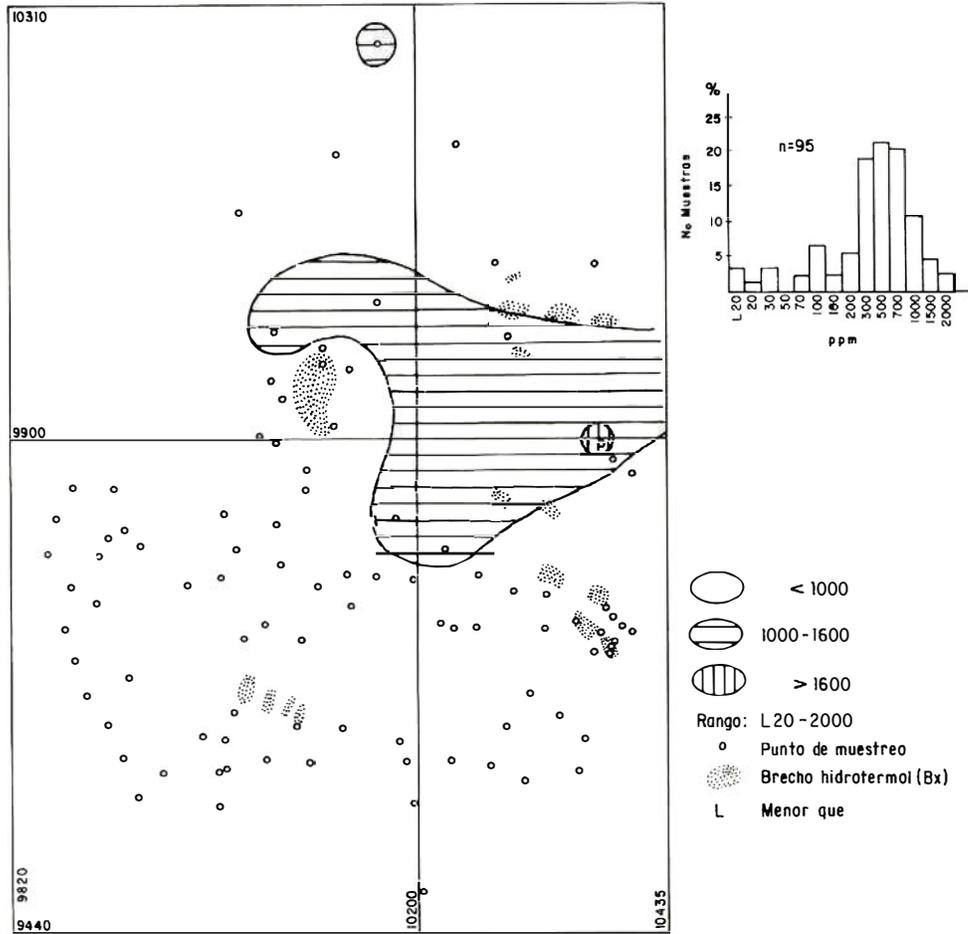


FIG. 23: Proyecto oro diseminado. Fase II, San Antonio. Contenido de bario, análisis por Espectrografía (ppm) en suelos.

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	