

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

**BOLETIN GEOLOGICO**  
VOLUMEN XVIII, No.3 1970

RECURSOS MINERALES  
DE PARTE DE LOS DPTOS.  
DE NORTE DE SANTANDER  
Y SANTANDER

por

Dwight E. Ward y Richard Goldsmith  
U.S. Geological Survey

y

Jaime Cruz B. y Hernán Restrepo A.  
Instituto Nacional de Investigaciones Geológico-Mineras

*Lo responsabilidad de los conceptos emitidos en este Boletín Geológico  
corresponde exclusivamente a sus autores.*

## CONTENIDO

	Página
RESUMEN	1
INTRODUCCION	5
Geografía	5
Topografía	7
Clima y Vegetación	7
Poblaciones y Vías de Comunicación	9
Métodos de trabajo	9
Estudios anteriores	10
Localizaciones	11
Agradecimientos	11
GEOLOGIA REGIONAL	12
MINERALES METALICOS	16
ORO Y PLATA	17
Distrito Minero de California y Vetas	17
Geografía	17
Historia	19
Geología	23
Descripción de minas y prospectos	25
Muestreo geoquímico de sedimentos activos	26

	Página
Objeto	26
Procedimiento	27
Resultados	28
Resumen	37
Investigaciones mineras	38
Conclusiones	40
<b>COBRE</b>	41
Mina Tembladal	42
Cerro El Cacho	42
Pozo Negro	42
Cañada El Tuto	42
Caño Jascajal	42
Alpargateral	43
Las Castillas	43
<b>PLOMO - ZINC</b>	44
Loma El Padre	44
Mina Tembladales	44
Hacienda La Amarilla	45
Montenegro	45

	Página
Quebrada Cedrillal	46
Mina Machacuta	48
Mina Alcohol	48
<b>HIERRO</b>	<b>48</b>
Palencia	48
Quebrada Pajaritos	49
Samaria	49
Quebrada Aguacolorado	49
Quebrada El Bambacho	50
<b>MINERALES NO METALICOS</b>	<b>51</b>
<b>YESO</b>	<b>51</b>
Yeso en la Formación Rosa Blanca, Mesa de Los Santos	52
Geología	54
Correlaciones de las secciones	56
Características del yeso y análisis químicos	58
Cálculo de Reservas	59
Reservas Probadas	59
Reservas Probables	59

	Página
Reservas Posibles	61
Explotación	61
Conclusiones	61
Yeso en la Formación La Paja y de la Mesa de Los Santos	63
CALIZA	65
MARMOL	67
Area de Mutiscua	68
Area de Silos	69
Area del Rfo Mataperros	72
Otras Localidades	72
DOLOMITA	72
ROCA FOSFORICA	74
Miembro Galembo de la Formación La Luna	75
Formación Capacho	76
Base de la Formación Umir	78
CARBON	78
Formaciones Umir, Lisama y Esmeraldas	79
Formaciones Mito Juan, Los Cuervos y Carbonera	79

	Página
ASFALTITA	80
Propiedades de las asphaltitas de la Formación La Luna	81
ARENA SILICEA	82
Análisis químicos de la arena silícea del área de Sabana de Torres	82
SILICE	84
BARITA	84
Mesa de Los Santos y Areas Adyacentes	84
Las Juntas, parte sur	84
Las Juntas, parte norte	85
Quebrada Montelargo	85
Noroeste de la Quebrada Chivatera	85
Sureste de la Quebrada Chivatera	85
Quebrada de La Cañada	86
Los Montes	86
Quebrada Pomarroso	86
Otros depósitos de barita	86
Río de Oro	86
Loma La Ovejera	87

	Página
El Portillo	87
FLUORITA	87
El Mirto	88
Lomas de Ventorrillo	88
ARCILLAS	88
ARENA Y GRAVAS	88
APENDICE A	
Localización de cateos y resultados de los análisis	91
BIBLIOGRAFIA	137

#### ILUSTRACIONES

Plancha I	Mapa geológico del Cuadrángulo H-12 (Bucaramanga) (En bolsillo)	
Plancha1 II	Mapa geológico del cuadrángulo H-13 (Pamplona) (En bolsillo)	
Figura 1	Mapa índice que muestra la ubicación de la parte sur de la zona III	6
Figura 2	Mapa que muestra la ubicación de los depósitos minerales en la mitad sur de la Zona III.	

		Página	
Figura	3	Croquis del Municipio de California y Vetas, Santander, Colombia, que muestra las minas y las áreas de las figuras 4 y 5.	18
Figura	4	Mapa geológico del área minera de California (Alta y Baja) Hojas 1 y 2 (En bolsillo)	
Figura	5	Mapa geológico del área de Vetas. (En bolsillo).	
Figura	6	Histogramas que muestran los resultados de los análisis espectrográficos y otras clases de análisis de minerales pesados en sedimentos activos de corrientes, California (Alta y Baja) y Vetas, Santander, Colombia.	
Figura	7	Cuantfias de Au, Ag, Cu y Pb en muestras de sedimentos del área La Baja, Departamento de Santander. Las muestras están puestas en orden de implementos de contenido de Cu. Localidades de muestreo aparecen en la figura 9.	31
Figura	8	Cuantfias de Au, Ag, Cu y Pb en muestras de sedimentos del área de Vetas, Departamento de Santander. Las muestras están puestas en orden de implementos del contenido de Cu. Las localidades de muestreo aparecen en la figura 9.	32
Figura	9	Croquis que indica la distribución de oro en la muestra de lodo y de cobre y oro en el concentrado de batea de sedimentos activos en los ríos, Municipio de California y Vetas, Santander Colombia.	



			Página
		Las figuras 7 y 8 muestran en forma gráfica los análisis de las muestras y en el cuadro No. 2 se presentan los valores anormales de algunos elementos	35
Figura	10	Mapa que muestra las minas, los prospectos y la localización de las muestras con cantidades significativas de oro, cobre, plomo y zinc, área de La Baja - La Alta, Municipio de California Santander. (En bolsillo).	
Figura	11	Mapa que muestra las minas, los prospectos y la localización de las muestras con cantidades significativas de oro, área de Vetas, municipio de California, Santander. (En bolsillo)	
Figura	12	Croquis de la parte oeste de la Mesa de Los Santos donde afloran capas de yeso macizo en la base de la Formación Rosablanca.	53
Figura	13	Columnas estratigráficas de la zona yesífera de la parte inferior de la Formación Rosa Blanca en El Guayacán, El Diviso y El Toro. En el cuadro 3 se encuentran los resultados de los análisis de las muestras de yeso. En la figura 16 se indica la localización de las columnas.	55
Figura	14	Correlación de las columnas estratigráficas del intervalo yesífero medidas en El Guayacán, El Diviso, El Toro y en el lado occidental del Río Sogamoso. La ubicación de las columnas se indica en la figura 16.	

			Página
Figura	15	Correlación de secciones estratigráficas entre la mina El Guayacán y la mina El Toro.	57
Figura	16	Croquis que muestra los bloques con las reservas probadas y probables de yeso en la Mesa de Los Santos.	64
Figura	17	Croquis del área de la Sabana de Torres La Gómez que muestra la distribución de arena cuarzosa blanca que cubre las terrazas bajas (Cuaternario) tomado de fotos aéreas, Municipio de Puerto Wilches Departamento de Santander.	83
Cuadro	1	Límites inferiores aproximados para la determinación en partes por millón de los elementos trazas analizados por el método espectrográfico semicuantitativo de seis etapas.	29
Cuadro	2	Muestras de concentrados de minerales pesados obtenidas de sedimentos activos del distrito de California y Vetas, que contienen cantidades anómalas de elementos escogidos.	33
Cuadro	3	Análisis químicos de muestras de yeso de la Formación Rosa Blanca en la Mesa de Los Santos.	
Cuadro	4	Cálculos de reservas probadas de yeso en la Formación Rosa Blanca en la Mesa de Los Santos.	60
Cuadro	5	Cálculos de reservas probables y posibles de yeso de la Formación Rosa Blanca en la Mesa de Los Santos.	62

		Página
Cuadro	6	Resumen de los análisis químicos de la caliza cretácea en los municipios de Mutiscua y Cácuta, Departamento de Norte de Santander.
		66
Cuadro	7	Resumen de los análisis químicos de las muestras de mármol de la Formación Silgará, Norte de Santander.
Cuadro	8	Resumen de los análisis químicos de las muestras de mármol de la Formación Diamante en la ladera occidental de la Loma La Pileta por encima del Río La Plata, 110 I-D, G-12N, Municipio de Mutiscua, Norte de Santander.
		70
Cuadro	9	Análisis químicos de las muestras de mármol de la Formación Floresta, pendiente suroccidental de la Cuchilla de Concaceras, 110 III-D, C-11E, C-12 SW, Municipio de Silos.
		71
Cuadro	10	Análisis químicos de las muestras de dolomita de la Formación Diamante en El Portillo, 121 I-B, J-7 NW, Municipio de Silos, Departamento de Santander.
		73
Cuadro	Sinóptico Fosfatos.	
		77

## RESUMEN

El área objeto de este informe está situada en la Cordillera Oriental y comprende parte de los departamentos de Santander y Norte de Santander (Planchas de Bucaramanga y Pamplona). Esta parte de la Cordillera Oriental consiste de un núcleo complejo de rocas metamórficas e ígneas del Precámbrico al Mesozóico, (denominado Macizo de Santander) flanqueado al oriente y al occidente, por rocas sedimentarias falladas y plegadas del Paleozóico Superior al Terciario. Bloques hundidos y fallados de rocas sedimentarias, están localmente presentes en el macizo. Depósitos no consolidados del Cuaternario, principalmente terrazas aluviales, son en parte extensos en los valles de los flancos de la cordillera. En el macizo están localizados los principales depósitos de oro y algunos yacimientos pequeños de cobre, plomo, zinc y fluorita. Las rocas sedimentarias que flanquean el macizo contienen yacimientos importantes de roca fosfórica, yeso y otros minerales no metálicos, tales como caliza, barita, arena para vidrio y carbón. Una faja de manifestaciones de minerales de plomo-zinc en calizas y areniscas del Cretáceo localizada sobre el lado oriental de la cordillera, merece investigación adicional.

El oro y la plata son los únicos minerales metálicos importantes que se han producido en el Macizo de Santander. Su explotación se remonta a los tiempos coloniales, posiblemente precoloniales y continúa hoy en pequeña escala. El distrito de California y Vetas fué el área principal de investigación de minerales metálicos durante el presente proyecto. Los resultados del muestreo geoquímico de los sedimentos activos y los ensayos del material filoniano, indican que el principal potencial del área está en el oro, con cantidades menores de cobre, plomo, zinc y plata. La mineralización del distrito es probablemente Poscretáceo Inferior.

Pequeñas manifestaciones de minerales de cobre, indicadas por manchas de malaquita y azurita, se observan en varias partes del macizo. Los depósitos de mayor extensión superficial se hallan en los conglomerados arcóscicos de la Formación Girón, están siendo explorados y muestreados en la actualidad (1969). Un poco de plomo fué explotado durante un corto tiempo y a escala reducida en el pasado. Pequeñas cantidades de minerales de plomo, zinc y co-

bre, acompañan el reemplazamiento dolomítico de caliza del Cretáceo en unos pocos lugares dispersos y varios prospectos promisorios están siendo investigados por medio de trincheras y perforaciones. Un prospecto de magnetita y varios de hematita fueron estudiados, pero ninguno ofrece potencial para un desarrollo económico.

Capas de yeso en las calizas de las formación Rosa Blanca (Cretáceo Inferior) en la Mesa de los Santos, al sur de Bucaramanga, están siendo explotadas a tajo abierto para la fabricación de cemento. El depósito fué descubierto un poco antes de que comenzara el presente proyecto y aunque su extensión debajo de los estratos suprayacentes no ha sido todavía determinada mediante perforaciones, parece tratarse de una pequeña cuenca de evaporación con unos tres kilómetros de radio. Las reservas de yeso son grandes y su explotación futura tendrá que ser por minería subterránea.

Los afloramientos de caliza cretácica de alta pureza son extensos y adecuados para atender todas las demandas, que en la actualidad son cemento y cal viva, material de construcción para carreteras, cal agrícola y piedra decorativa. Calizas de la Formación Diamante del Paleozóico Superior afloran en unos pocos lugares y se usa, cerca de Bucaramanga, para fabricar cemento.

El mármol está presente en varias localidades del Macizo en rocas del Devónico y del Paleozóico Inferior. Las impurezas, fracturas y cavidades de solución lo hacen en su mayor parte inadecuado para fines decorativos; partes seleccionadas se usan en pisos y mosaicos. La caliza cristalina de la Formación Diamante generalmente llamada mármol, es de pureza uniforme alta a lo largo de una sección gruesa y continúa y es una fuente de materia prima calcárea. En la actualidad se emplea para cal agrícola. El potencial de este yacimiento no ha sido completamente evaluado.

Zonas con dolomita están presentes en la caliza cristalina de la Formación Diamante y en la de la Formación Rosa Blanca. Los potenciales de estas dolomitas no han sido evaluados.

Los depósitos de roca fosfórica son los recursos más importantes descubiertos durante el presente proyecto y ocurren en rocas sedimentarias del Cretáceo Superior, principalmente en

la Formación La Luna. La exploración y evaluación están en proceso.

El carbón se está explotando en pequeña escala en varias localidades en rocas del Paleoceno y del Cretáceo Superior. El carbón varía de subbituminoso a semiantracita y en la mayor parte se usa como combustible en hornos para ladrillo y cal. Los principales obstáculos al desarrollo en una mayor escala son el poco espesor de los mantos, complejidades estructurales y transporte

Asfaltita ocurre en cuerpos lenticulares dispersos como rellenos de fractura en rocas de la Formación La Luna. Algunos de los cuerpos más grandes son explotados y la asfaltita se usa como combustible en hornos para ladrillo, cal y fines industriales.

Arena de cuarzo blanco adecuada para fabricar vidrio, se obtiene de areneras en las terrazas cuaternarias del Valle del Magdalena. El ferrocarril de Bucaramanga a Puerto Wilches, pasa por el área y proporciona transporte adecuado a los mercados principales de otras partes del país. Grandes filones de cuarzo casi puro que afloran cerca de Berlín, son una fuente potencial de sílice para usos industriales.

La barita ha sido extraída de filones en varios lugares, pero ninguna ha constituido un trabajo minero permanente. La mayoría de los depósitos se hallan en calizas del Cretáceo Inferior en el área de la Mesa de los Santos. Otros depósitos, actualmente en explotación, están en calizas y dolomitas de la Formación Diamante. Hay una creciente demanda de barita por la industria del petróleo para usarla en lodos de perforación.

Los filones de fluorita en el granito rosado de Pescadero son pequeñas fuentes de este mineral en dos localidades. Se explotan por apiques y no se conoce el potencial subterráneo para una explotación mayor.

Arcillas arenosas de baja calidad se emplean ampliamente para hacer ladrillos ordinarios y tejas de construcción. Las arcillas de mejor calidad están presentes en la Formación Girón, pero se ha hecho poco uso de ellas.

La arena y la grava utilizadas en Bucaramanga son tamizadas principalmente de depósitos aluviales mal clasificados, alrede-

dor de la base de la terraza de la ciudad. Depósitos mejor clasificados y más abundantes situados hacia el occidente no justifican actualmente su explotación a causa de la distancia.

## INTRODUCCION

El área de este informe, comprende 7.500 kilómetros cuadrados en la parte nororiental de Colombia y está localizada principalmente en el Departamento de Santander, pero incluye parte de los departamentos de Norte de Santander y Boyacá (figura 1). Es la mitad sur de una área designada Zona III por el Inventario Minero Nacional de Colombia (IMN), antecesor del Instituto Nacional de Investigaciones Geológico-Mineras (Ingeominas). La Zona III es una de cuatro áreas seleccionadas para cartografía geológica e investigaciones de campo porque las áreas fueron consideradas prometedoras con respecto a recursos minerales potenciales y no habían sido sistemáticamente investigadas anteriormente. Se espera que la identificación y evaluación de los depósitos minerales encontrados estimule la exploración adicional y su desarrollo hacia la producción. El trabajo fué realizado por el Inventario Minero Nacional, un programa del Ministerio de Minas y Petróleos para trabajar en colaboración con el U. S. Geological Survey (U. S. G. S.). El trabajo fué financiado por el gobierno de Colombia y la Agencia para el Desarrollo Internacional (AID).

Este informe contiene los resultados de investigaciones efectuadas en la mitad sur de la Zona III entre octubre de 1965 y septiembre de 1968. El área cubierta incluye partes de los siguientes cuadrángulos: H-12, H-13, I-12 e I-13 (figura 2). Para los rasgos geográficos y geológicos mencionados en el texto, se debe consultar los mapas geológicos, planchas de Bucaramanga y Pamplona.

### Geografía

La mayor parte de la mitad sur de la Zona III está en la Cordillera Oriental, en la parte nororiental de Colombia (figura 1). El Macizo de Santander surge donde la Cordillera Oriental se bifurca; una de las ramas, la Serranía de Perijá, sigue con rumbo noroeste y la otra, la Serranía de Mérida se interna en Venezuela con rumbo noreste.

El macizo forma una triple divisoria de aguas entre el drenaje del Río Magdalena, los Ríos Zulia y Catatumbo en el Lago de Maracaibo y el drenaje del Río Arauca al Orinoco. Los



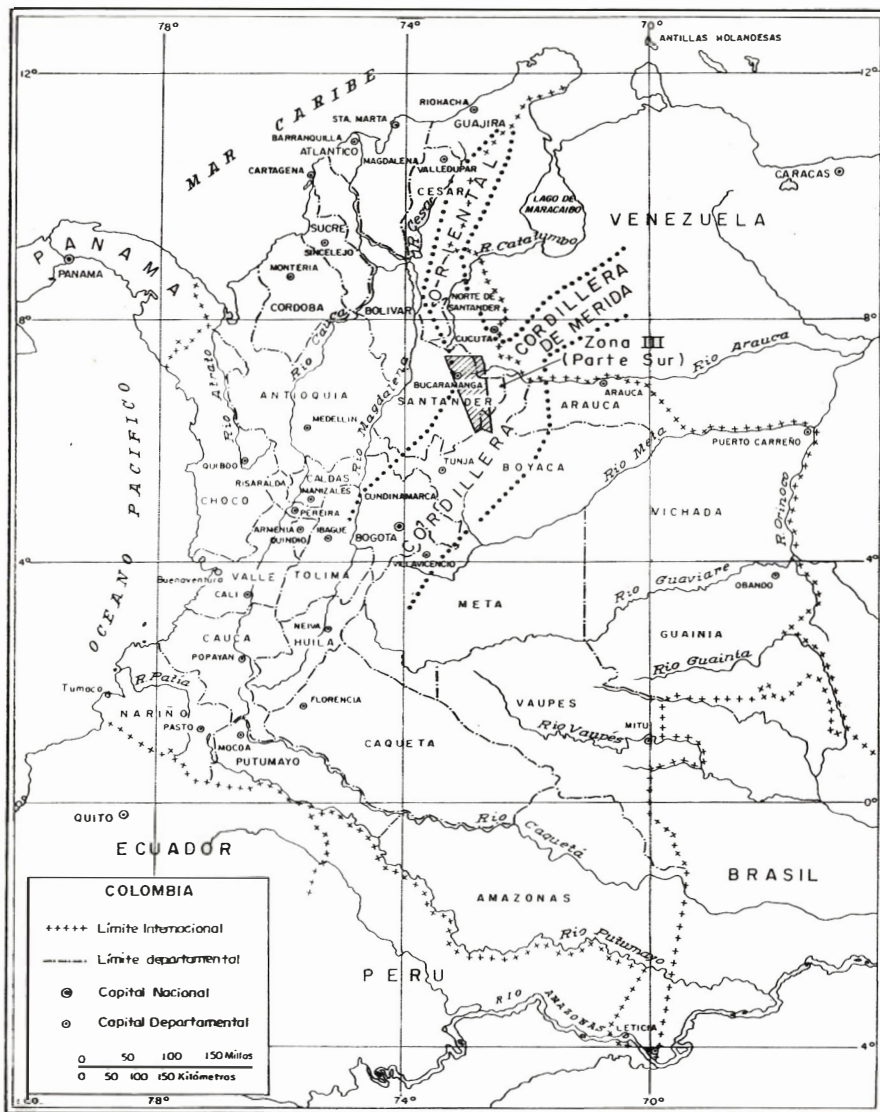


Figura 1 - Mapa índice que muestra la ubicación de la parte sur de la Zona III.

ríos que confluyen hacia el Magdalena son los ríos Chicamocha y Suárez, que forman el Río Sogamoso.

### Topografía

La mitad sur de la Zona III puede dividirse en varias regiones topográficas. Una, es el macizo propiamente dicho que comprende el principal alto cordillerano que se centra en una línea que pasa aproximadamente por Morro Nevado y el Páramo del Almorzadero a alturas de 3.000 a 4.500 metros, y desciende al este y al oeste hasta el escarpe frente de Bucaramanga. Otra es la cuenca, algo más baja, del Río Chicamocha al sur y al suroeste, entre Onzaga y Cepitá, con alturas en las cimas de 2.000 a 2.600 metros. La tercera región incluye las mesas, que se extienden desde Bucaramanga al sur hasta el límite de la zona y las cuales bordean por el oeste el alto cordillerano principal y la hoya del Chicamocha. Las alturas de las mesas van desde 2.250 m. en el sur, hasta 1.300 m. en el norte. Estas son de norte a sur la Mesa de Ruitoque, la de Los Santos y la de Barichara. Bucaramanga está sobre una terraza a 1.000 m de altura en el norte de la región de las mesas. Una cuarta región, a alturas de 1.000 a 1.400 m incluye las mesetas al oeste y noroeste de Bucaramanga y al occidente de la región de las mesas y los riscos y valles al oeste de las mesetas que descienden a la quinta región, el pie de monte y el Valle del Magdalena, al oriente de San Vicente y Vanegas del 100 a 150 m de altura.

La diferencia de alturas en los páramos es de unos 200 m; en el área de la cuenca del Río Chicamocha 2.500 m; sobre los flancos del macizo 2.000 m y en el área de las mesas, riscos y valles 1.200 m.

### Clima y Vegetación

A cualquier altura dada, la temperatura cambia poco con la estación. Las variaciones en las temperaturas diarias varía sólo ligeramente de la estación lluviosa a la seca. La temperatura media anual a alturas más bajas que Bucaramanga va de 25° a 27° C, y en Bucaramanga, oscila entre 21° y 23° C. En el páramo, a alturas de 3.200 a 3.500 m, la temperatura media anual es de 7° a 10° C. A alturas cercanas a 4.000 m o más altas, se alcanzan a veces temperaturas de subcongelación.

Las lluvias varían con la estación y en cantidad total de un lugar a otro. En el área de Bucaramanga la precipitación anual es de 1.000 a 1.500 mm. El curso inferior del Río Chicamocha está en un área relativamente seca y la precipitación anual es de 500 a 1.000 mm. En la cima de la cordillera y en la parte sur de la zona, la precipitación anual es de 1.500 a 2.000 mm. En toda el área hay dos estaciones de lluvias y dos secas. El páramo está nublado durante la mayor parte del año. La precipitación se presenta a veces en forma de nieve. No hay registros disponibles para esta zona.

En el cañón del Río Chicamocha la vegetación es escasa y xeroítica, la capa vegetal es muy delgada. La falta de vegetación en gran parte del área del Río Chicamocha, al oriente y sudeste de Pescadero, se debe a la poca permeabilidad del suelo residual granítico. En las partes más elevadas, al sur de la cuenca del Chicamocha, llueve con más intensidad y la vegetación aumenta. El extremo sur de la zona tiene vegetación selvática y la accesibilidad y los afloramientos son pobres. La parte suroriental, al norte y sur de Málaga, es zona agrícola.

Las vertientes de la cordillera son boscosas o taladas, con muchas parcelas cultivadas. La selva espesa está principalmente por encima de 2.500 m y se extiende hasta el páramo (3.100 m), las pendientes inferiores han sido cultivadas en muchos sitios, generalmente cerca de las carreteras principales. En general la pendiente occidental es más selvática que la oriental.

Las vertientes son abruptas y las márgenes de las corrientes generalmente están cubiertas con vegetación densa. Algunos cauces tienen muchos afloramientos. Los tramos superiores de las corrientes presentan muchos saltos.

La meteorización profunda es característica de las zonas bajas e intermedias; la mayor profundidad de meteorización está en las laderas de las colinas y en las estribaciones a alturas de 1.500 a 2.500 m. La roca algo más fresca, está expuesta en las pendientes más bajas.

En el páramo los afloramientos son más bien abundantes, especialmente en las partes más denudadas y donde la glaciación ha barrido la roca meteorizada.

### Poblaciones y Vías de Comunicación

Bucaramanga, con una población de unos 300.000 habitantes, es la ciudad más grande de la zona, centro industrial, comercial y de transporte. Dispone de servicio aéreo. Está comunicada por carreteras con Bogotá, la costa atlántica y Cúcuta. Un ramal de los Ferrocarriles Nacionales la une con el ferrocarril del Atlántico.

Pamplona en Norte de Santander, con una población de unos 30.000 habitantes, es la segunda ciudad de importancia en el área. Numerosas poblaciones de menos de 7.000 habitantes están esparcidas en toda el área principalmente cerca de Bucaramanga y hacia el sureste a lo largo del curso superior del Río Chicamocha. La mayor parte de la población es rural. El sector menos poblado es el páramo y la mayor parte de los habitantes vive a alturas menores de 2.500 m.

La mitad sur de la Zona III está relativamente bien servida por carreteras (figura 2). La mayor parte del área entre las carreteras es accesible solo por caminos de herradura. Ningún lugar dista más de un día de camino de carretera. El ramal del ferrocarril Bucaramanga - Puerto Wilches proporciona acceso a algunas partes del cañón del Río Lebrija.

El área al sur y al oeste de Bucaramanga es territorio descubierto, fácilmente accesible, menos los cañones de los ríos Chicamocha, Suárez y Sogamoso. Al norte, oeste y noroeste, las pendientes están cubiertas con rastrojo y selva. Las haciendas están principalmente sobre los riscos. El Río Lebrija y sus tributarios han cortado cañones en este territorio con pendientes cubiertas por material de talud y selva. Los cañones son de difícil acceso. Hacia el Valle del Magdalena las haciendas alternan con la selva y el clima es cálido y húmedo.

### Métodos de trabajo

La cartografía geológica regional sistemática, fué la base del programa de evaluación de recursos minerales, asignado para estudiar áreas individuales de 150 Km<sup>2</sup>. Como mapas básicos se utilizaron planchas del I. G. A. C. a escala 1:25.000 y además de

fotografías aéreas a escala 1:60.000. Este trabajo por lo general, consistió de detallados esbozos cartográficos y muestreos y la mensura de secciones estratigráficas cuando se justificaba.

A la terminación de la fase cartográfica del programa, las localidades con minerales o rocas de posible valor económico encontradas durante el trabajo fueron objeto de investigaciones detalladas. Las investigaciones mineralógicas en las áreas auríferas de California y Vetas fueron realizadas por un grupo especial que trabajó allí durante todo el proyecto. Un muestreo geoquímico preliminar fué efectuado en el área de California y en dos prospectos de plomo-zinc en las partes sur y suroriental de la Zona. No se efectuaron trabajos geofísicos, aunque un asesor visitó varios de los sitios e hizo recomendaciones.

#### Estudios anteriores

El área de California y Vetas, ha sido trabajada por lo menos desde el siglo XVI, y aparentemente lo fue por los aborígenes en tiempos precolombinos. Vicente Restrepo (1883, ed 1937) fué el autor de un interesante y erudito resumen de la literatura sobre la región aurífera de Santander con anterioridad al siglo XX. Modesto Bargallo (1955) en su libro sobre la minería en la América Española durante la época de la Colonia hace mención de las minas pero en forma poco detallada.

La literatura reciente sobre los depósitos económicos de la zona es limitada. Muchos de los informes son generales o resúmenes, tales como los de Singewald (1950) y Wokittel (1957), en los cuales los datos sobre las localidades mineras provienen de fuentes de segunda mano. En una disertación teórica Radelli (1961) relacionó las épocas de mineralización con los eventos plutónicos de los Andes Colombianos.

Algunos informes, tales como el de G. Botero R. (1945), describen brevemente los resultados de estudios locales en minas o prospectos. El área aurífera de California y Vetas, ha sido objeto de estudios más intensos, (Arce, 1951; Wokittel, 1954; Nelson, 1955; Pagnacco, 1962; Bueno 1955a, 1955b; Champetier de Ribes y Alvarez, 1961). Informes sobre minerales no metálicos de Santander hechos por Martínez (1962, 1964) sobre depósitos de caliza, yeso y barita; y por Jimeno y Yepes (1963) sobre los depósitos de yeso de Los Santos. Un estudio de los depósitos de fosfatos de Colombia por

Cathcart y Zambrano (1967), donde se hace referencia a los depósitos del área cartografiada, fué publicado en 1967.

Las áreas de rocas sedimentarias del Valle del Magdalena medio han sido intensamente estudiadas por geólogos de compañías petroleras.

### Localizaciones

Las localizaciones mencionadas en el texto, son hechas de dos maneras dependiendo principalmente del tamaño del lugar. Las localizaciones generales se dan con referencia a ciudades o puntos arcifrnios que pueden ser fácilmente localizados en los mapas de los cuadrángulos geológicos o en la figura 2.

Donde se necesitan localizaciones más precisas, la referencia se hace a los mapas topográficos a escala 1:25.000 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Estos mapas se identifican en la figura 2 por medio de círculos que encierran números arábigos, romanos y letras mayúsculas. Los mapas, llamados planchitas, cada una de 150 Km<sup>2</sup>, llevan las letras A, B, C, D, etc. de arriba hacia abajo y los números 1, 2, 3, etc. de izquierda a derecha. Una posición dentro de un kilómetro cuadrado de la retícula puede además ser fijada indicando el cuadrante en que está localizada, NW, NE, SW, SE. Así, una localización puede darse como planchita 110-III-C, J-13 NW. Los nombres de las corrientes, haciendas y ranchos se usan cuando se conocen con exactitud, pero la experiencia ha mostrado que éstos no están siempre localizados o designados con seguridad en las planchitas.

### Agradecimientos

Entre las muchas organizaciones y personas cuya colaboración ha sido importante en las investigaciones del Inventario en la Zona III, se agradece en particular a las siguientes:

Dr. Leonardo Restrepo B. de la zona minera de Medellín, por el análisis de las muestras de California y Vetas: Dr. Alvaro Mondragón G., del laboratorio químico, por el análisis de muestras de minerales no metálicos. Universidad Industrial de Santander, por servicios de laboratorio e información geológica. Muchas personas han tomado parte y queremos agradecer especialmente los esfuerzos de aquellas de los departamentos de Ingeniería de Petró-

leos, Consultas Industriales y Metalurgia de la División de Ciencias Físicoquímicas, la División de Investigaciones Industriales y el Proyecto UNESCO.

## GEOLOGIA REGIONAL

Las rocas cristalinas del Macizo de Santander son predominantemente metasedimentarias y metaígneas intruídas por cuerpos plutónicos que varían en composición de diorita a granito. Sobre los flancos del macizo y en sus fosas tectónicas afloran rocas sedimentarias. Las determinaciones radiométricas indican que las rocas más antiguas del Macizo de Santander, (Neis de Bucaramanga), corresponden al Precámbrico e incluyen neises, esquistos y migmatitas. Estas rocas fueron probablemente parte del Precámbrico del Escudo Guayanés. Rocas metamórficas, de grado bajo a medio, del Precámbrico Superior al Ordoviciano incluyen filitas, esquistos, metalimolitas, metareniscas y mármoles de la Formación Silgará, una serie geosinclinal de considerable extensión en la Cordillera Oriental y posiblemente en la Serranía de Mérida. Entre las metamórficas de grado alto a medio del núcleo central del macizo, hay rocas plutónicas metamorfoseadas (ortoneis) que van de granito a tonalita y probablemente representan rocas de dos edades, Precámbrico y Ordoviciano a Devónico Inferior. El ortoneis más joven y la Formación Silgará subyacen estratos del Devónico Medio de la Formación Floresta que muestran un grado de metamorfismo generalmente bajo. Las filitas y argilitas son abundantes; mármol y otros estratos calcáreos son menos comunes y fosilíferos. Con excepción de la recristalización en la caliza del Permo-Carbonífero de la Formación Diamante, las rocas sedimentarias Posdevónicas no están metamorfoseadas.

Los efectos del metamorfismo dinámico - térmico regional y del plutonismo sobre los depósitos geosinclinales del Precámbrico alcanzaron la facies más alta de la anfibolita en el Neis de Bucaramanga. Los depósitos geosinclinales más jóvenes (Formación Silgará) estuvieron sometidos a efectos de metamorfismo durante el Ordoviciano Superior y el Silúrico Inferior y alcanzaron solamente la facies de esquistos verdes o la facies de la anfibolita de bajo grado. Los ortoneises generalmente, muestran una foliación y lineación concordantes con las de las rocas encajantes de la

Formación Silgará y Neis de Bucaramanga y tienen un grado de metamorfismo similar. El metamorfismo dinamo-térmico regional del Pérmico Superior y Triásico produjo rocas de bajo grado en la Formación Floresta y recristalización en las calizas de la Formación Diamante. El Neis de Bucaramanga y la Formación Silgará, muestran evidencia de metamorfismo retrógrado, con alta actividad de potasio y agua, pero no está claro si esto ocurrió durante este tectonismo o después.

Los batolitos, plutones y cúpulas no metamorfoseadas del Macizo de Santander varían de diorita a granito. Las edades radiométricas indican que la mayor parte de ellos pertenecen a un solo período de plutonismo Juratriásico a Jurásico, y constituyen el Grupo Plutónico de Santander, en el cual se distinguen dos conjuntos: uno de granito y cuarzo monzonita rosados y otro de cuarzo monzonita y granodiorita grises. Observaciones, en los contactos indican que las rocas rosadas, más graníticas, son más jóvenes que las grises, más máficas. No se poseen suficientes datos de edades radiométricas que permitan confirmarlo. Las rocas plutónicas no datadas que no están claramente relacionadas al Grupo son asignadas tentativamente a posiciones cronológicas más antiguas o más jóvenes.

La riolita situada al oeste de la Falla Bucaramanga forma un pequeño cuerpo en Plancha I, c-1 y un cuerpo tabular intrusivo con granófiro y brechas intrusivas en rocas sedimentarias del Triásico en Plancha I, c-2. Su edad es desconocida, pero probablemente es más joven que el Grupo Plutónico de Santander.

Los diques, comunes en los batolitos, plutones y rocas adyacentes, son félsicos, máficos y lamprofíricos en composición y la mayoría, parece ser sin genéticos con ellos. Los diques más escasos de pórfido dacítico, basalto y diabasa está relacionados a ellos. El pórfido dacítico es el único que intruye rocas del Cretáceo. Los de basalto y diabasa están ampliamente esparcidos y han sido observados en rocas hasta el límite Jurásico-Cretáceo. La mineralización de cuarzo aurífero ocurrió en las rocas metamórficas e ígneas del distrito de California-Vetas a fines o después del intervalo plutónico del Mesozóico. Los filones de fluorita-galeña están cerca o en las rocas plutónicas del Mesozóico.

El levantamiento que acompañó al emplazamiento de los batolitos del Triásico Superior y Jurásico y la erosión de los te-



chos pendientes proporcionaron el material para la formación de los lechos rojos y los conglomerados de la Formación Jordán correspondientes al Jurásico; la erosión de los batolitos y de la Formación Jordán, proporcionó los sedimentos arcóscicos de grano grueso y conglomerático, y la de la formación Jordán los materiales finos y rojizos de la Formación Girón del Jurásico, en gruesas acumulaciones a las cuencas adyacentes al levantamiento. La arenisca y la arcosa de la Formación Girón localmente contienen escasos minerales de cobre secundarios. Este período de acumulación continental fué seguido por la transgresión marina del Cretáceo. En el área del Valle del Magdalena, la sedimentación del Cretáceo Inferior comenzó con arenas cuarzosas de la Formación Tambor y continuó con calizas fosilíferas de la Formación Rosa Blanca, lutitas negras de la Formación Paja, calizas fosilíferas, areniscas glauconíticas y lutitas negras de la Formación Tablazo, y shale negros de la Formación Simití. En el Cretáceo Superior, lutitas calcáreas negras, lutitas y estratos fosfáticos de la parte superior de la Formación La Luna, fueron depositados durante el intervalo del mayor avance de la transgresión marina. Después, se acumularon lutitas grises, estratos limoníticos y mantos de carbón de la Formación Umir, a medida que las condiciones marinas pasaron gradacionalmente a continentales en el Cretáceo más superior. Los depósitos de plomo-zinc se encuentran en la serie del Cretáceo Inferior, principalmente en estratos calcáreos.

Las formaciones cretácicas del área son en su mayoría uniformes litológicamente, pero no en espesor, y los remanentes de estas rocas que han escapado a la erosión del macizo, son semejantes a las rocas cretácicas del Valle del Magdalena, en el oeste, y de la Cuenca de Maracaibo, en el este.

En el área del Valle del Magdalena, las condiciones continentales prevalecieron durante el Terciario. La Formación Lisama del Paleoceno, que contiene estratos carboníferos, fue seguida en el Eoceno por gruesas areniscas conglomeráticas de la Formación La Paz y areniscas, limolitas y lutitas de la Formación Esmeralda; en el Oligoceno, por lutitas de la Formación Mugrosa y lutitas con areniscas de grano grueso y conglomeráticas de la Formación Colorado; en el Mioceno por sedimentos de mayor espesor y de grano más grueso del Grupo Real; y en el Plioceno y el Pleistoceno por el Grupo Mesa. La mayor parte de la sección del Terciario en el lado colombiano de la Cuenca de Maracaibo es semejante en litología, pero las unidades son más delgadas que las del

Valle del Magdalena. Estas rocas fueron erosionadas o no depositadas en el área que es ahora la parte más alta del macizo.

Durante el Pleistoceno se formaron glaciares alpinos sobre el Macizo de Santander y las terrazas de los valles más bajos pueden ser de ese tiempo. El macizo está actualmente cerca de la máxima altura alcanzada durante el último levantamiento, la acción de las corrientes, la meteorización intensa y los deslizamientos están erosionando rápidamente los flancos del macizo.

La Falla de Bucaramanga, una falla regional de rumbo, se orienta norte-noroeste, pasa a través del área de Bucaramanga y se prolonga hasta Santa Marta. Los estudios actuales de esta falla indican una historia larga y compleja, asociada con desplazamiento lateral izquierdo y posteriormente desplazamiento vertical, con el levantamiento del Macizo de Santander, en el oriente, que continúa hasta hoy.

Al oeste de la Falla de Bucaramanga hay tres áreas estructuralmente diferentes:

- 1). - Un bloque en forma de cuña, hundido, ligeramente inclinado hacia el oeste, limitado por las fallas de Bucaramanga y Suárez, es principalmente un área de mesas coronada por areniscas del Cretáceo Inferior. En el vértice norte de la cuña se acumularon, en la cuenca fallada durante el Cuaternario gravas y lodos que hoy forman la terraza disectada sobre la cual está localizada Bucaramanga.
- 2). - Una faja de mesetas que bordea las mesas al oeste de la Falla de Suárez está formada principalmente por estratos disectados, ondulados a fuertemente inclinados de la Formación Girón.
- 3). - Al oeste del área de las mesetas todas las rocas sedimentarias desde el Jurásico al Terciario buzan al oeste hacia la profunda fosa del sinclinal de Nuevo Mundo. Este angosto sinclinal está sobre el flanco oriental más profundo del área geosinclinal de la cuenca del Valle del Magdalena. Está principalmente separado de la parte menos profunda del geosinclinal al oeste por la falla de dirección norte de Salinas, donde las rocas del Cretáceo Superior del lado oriental, están en contacto con rocas del Oligoceno y del

Mioceno al oeste.

En la región alta que se extiende al sur y al oriente de las rocas metamórficas e ígneas del Macizo de Santander, existen dos cuencas estructurales de dirección norte separadas por la falla regional de Servitá. La cuenca occidental contiene rocas sedimentarias del Devónico al Cretáceo Superior y presenta un fallamiento complejo. Las rocas de la cuenca oriental van del Cretáceo Inferior al Eoceno y han experimentado un plegamiento que fué más intenso hacia el oeste.

Varias fallas fueron cartografiadas al oriente y occidente de la Falla de Bucaramanga y muchas otras, están indicadas por alineamientos en las fotografías aéreas. La mayoría, tienen rumbos que van desde norte-noreste a norte-noroeste, y por lo general son paralelas a la dirección estructural. Solamente unas pocas fallas mayores cortan transversalmente esta dirección. Sobre los flancos oriental y occidental del Macizo de Santander, ocurren franjas de rocas sedimentarias, que incluyen principalmente formaciones del Cretáceo, que han escapado a la erosión en los bloques hundidos de las fallas mayores. Sobre el flanco oriental los bloques hundidos están en el lado oeste de las fallas y sobre el occidental, los bloques hundidos están en el lado este, lo que sugiere un levantamiento más activo de las áreas laterales o un hundimiento del área central con relación a los flancos.

## MINERALES METÁLICOS

Históricamente la única explotación de importancia de minerales metálicos en el Macizo de Santander ha sido la del área de California y Vetas, donde el oro y la plata se han explotado desde tiempos precolombinos. Depósitos de oro de aluvión, probablemente originados de filones en este distrito han sido trabajados a lo largo del Río de Oro y Río Suratá cerca de Girón y Bucaramanga. Pequeños depósitos de metales básicos, principalmente plomo, se han trabajado en unos pocos lugares del Macizo, pero estos trabajos han sido abandonados. El IMN en su investigación de los recursos minerales, ha delimitado grandes áreas en el Macizo dentro de las cuales se hallan pequeñas cantidades de minerales de cobre, plomo y zinc. Estas áreas son actualmente exploradas a fin de determinar su potencial. No se encontraron cantidades importantes de me-

tales distintos a los ya mencionados, durante la fase inicial del programa.

Se realizaron estudios detallados en el distrito minero de California y Vetas para evaluar los recursos potenciales de oro y determinar el potencial de otros metales que pudieran estar asociados.

La localización de los depósitos de minerales metálicos se muestra en la figura 2.

## ORO Y PLATA

### Distrito Minero de California y Vetas

Geografía. - El distrito minero de California y Vetas está a unos 40 kilómetros al noreste de Bucaramanga en el Municipio de California. El distrito ocupa un área de unos 50 kilómetros cuadrados a lo largo del Río La Baja y Río Vetas (figura 3) en las cabecezas de Río Suratá. California está a 50 kilómetros al noreste de Bucaramanga por carretera (Plancha II, a-2) y Vetas a 85 kilómetros al noreste por la carretera a Cúcuta, desviando en Berlín hacia el norte por un ramal de 15 kilómetros (Plancha II, a-2). California, sobre el borde occidental del distrito y Vetas, en el borde suroriental, están comunicadas por caminos de herradura. California, a una altura de 2.000 m es el punto más bajo en el distrito, Vetas está cerca de la línea de bosque a una altura de 3.200 m. Al norte, nordeste y este del distrito las alturas están comprendidas entre 3.800 y 4.000 m. El clima es frío y húmedo, con una estación relativamente seca de Diciembre a Marzo. Los ríos Vetas y La Baja corren en Valles profundos en forma de V. Las pendientes de los tributarios llegan a 600 m por kilómetro. Los cursos inferiores de los tributarios mayores tales como la Quebrada Móngora tienen una pendiente de 150 m por kilómetro. El relieve local va desde 600 a 1.400 m; el relieve máximo en el distrito es de unos 2.000 m.

La población es escasa y está dispersa en pequeñas fincas. Gran parte de la tierra entre las fincas está cubierta con vegetación raquítica. El único remanente de selva está en el valle de la Quebrada Móngora. Las pendientes en algunas áreas están extensamente modificadas por las trazas de los antiguos trabajos de minería.



Un ejemplo notable es la pendiente que se extiende arriba y al nor-este de Vetas.

Historia. - La historia de la minería del oro en los departamentos de Santander y Norte de Santander se relata en varios trabajos, siendo el más detallado de ellos el de Vicente Restrepo (1883, ed 1937). Un resumen más reciente y más breve es el de R. Wokittel (1954). El distrito fué posiblemente una fuente de oro para los indígenas en tiempos precolombinos (Duarte, 1966, p. 12). Los depósitos de oro de aluvión de Río de Oro, cerca de Girón y Bucaramanga, fueron trabajados alrededor de 1550, poco después de la colonización de la región y casi enseguida se trabajaron los aluviones del Río Surata. En 1555, después de la fundación de Pamplona, se descubrió oro en Vetas, desatándose la fiebre del oro. Un interesante recuento hecho por el R. P. J. H. Rocheaux del descubrimiento del oro se copia a continuación:

"Al penetrar en las sombrías peñas que cierran el paso de Santurbán en su unión con el páramo de Tona, el viajero no tarda en llegar a un inmenso llano que ofrece a la vista un paisaje triste y grandioso a la par. Un sinnúmero de riachuelos arrastran el oro sobre una tierra negra y estéril. El lúgubre frailejón y las raquíticas plantas de las altiplanicies andinas crecen allí, . . . en medio de piedras y arenas auríferas e informes restos de antiguas minas atestiguan que millares de desgraciados indios, ateridos por el frío y agobiados por el pesado yugo de la esclavitud, arrancaron a esta helada tierra una parte de su oro.

Ambición y sufrimiento, oro y miseria, tales son las impresiones que quedan de estas soledades inmensamente ricas e inmensamente tristes, y de las cuales el viajero se aleja de prisa, pisando con desprecio esta tierra que encierra en sus entrañas el metal, causa de tantas locuras y de tantas desgracias.

Hacia el sur, y paralelo al Santurbán, se encuentra otro páramo, igualmente triste y desierto, barrido por los vientos, y que se extiende en el horizonte como una banda gris en la que se arrastra oscura masa de pesadas nubes.

-----  
Era allá por los años de 1. 550 a 1. 555.

Varios caballeros de la ciudad, en traje de caza y montados en briosos caballos, recorrían este páramo desconocido hasta entonces, y que pocos días después iba a recibir el nombre de Páramo Rico.

Después de haber gastado la mitad del día en perseguir los graciosos venados blancos que abundan en estas regiones, y que cual fantasmas, se ven saltar y desaparecer en las desnudas crestas, los jinetes, abrumados por la sed y el cansancio, buscaron una quebrada, y se sentaron a orillas del cristalino arroyuelo para preparar un frugal almuerzo.

Apenas habían comenzado, cuando uno de ellos reparó en un hombre de traje pobre y andrajoso, que subía penosamente por la pendiente.

Hola! hombre! le dijo uno de los caballeros, Qué suerte trae a Ud. por estos desiertos?

Algo amedrentado por el aspecto de los ricos señores que le dirigían la palabra, el pobre se detuvo un momento, y con fuerte acento extremeño les dijo:

Sírvanse perdonar vuestras Mercedes que les hubiera acompañado. Pocas semanas ha que salí de Extremadura, para buscar con qué remediar mi pobreza; tengo mujer e hijos, y los dejé en la miseria más espantosa. La suerte ha querido que viniese hasta Pamplona, y hoy, al ver subir vuestra comitiva, creí que iban a buscar el oro y los seguí.

Y usted viene a buscar el oro con las alforjas! contestó uno de los caballeros, riéndose a carcajadas de la sencillez del hombre. Mejor habría sido que hubiera traído una partida de bestias para llevar la carga, pues creo que ésta sea algo pesada.

Apenas me contentaré con lo que quepa en las alforjas, replicó el hombre, que no caía en la cuenta del chiste.

Pues bien amigo, le dijo uno de ellos, el trabajo que usted se ha tomado para trepar por estos riscos no se ha perdido--allá, arriba, en la cumbre, hay el oro suficiente para llenar unas cuantas alforjas como las suyas; suba, pues, y

cuidado con romperse alguna costilla al volver con la carga.

Ni sospechó el extremeño que aquellos señores querían abusar de su sencillez, y con gran pena y dificultad trepó por entre las breñas. Al fin llegó a la cima. Rendido de cansancio, y desesperado ya de encontrar cosa alguna en estas desnudas rocas, se dejó caer en el tostado suelo.

Abajo, en la quebrada, veía a los alegres compañeros que empezaban a ensillar las bestias, y el estrépito lejano de sus carcajadas subía hacia él, como un insulto a su desgracia.

Quiso entonces levantarse para seguirlos, temiendo quedarse solo en esos helados desiertos que él no conocía; y para ayudarse a parar, se agarró de una mata; pero el peso de su cuerpo venció las raíces, y se quedó con la planta en la mano.

Oh sorpresa! allí en esa negra tierra que las raíces retienen, brilla una cosa amarilla, brilla otra . . . . . es el oro!

Febrilmente el hombre recoge una . . . . dos . . . . veinte pepitas. Sus temblorosos dedos abren la tierra y recogen el polvo; por todas partes está el oro.

Ya no piensa más en irse. El precioso polvo en el que, a la luz del sol centellean millares de chispas, se amontona en las alforjas, y, cuando después de penoso trabajo echa por fin la carga en sus espaldas que no sienten más el cansancio se dispone a volver a la llanura, dirige otra mirada a sus compañeros, que lo miran atónitos sin comprender lo que pasa.

No tardó en tocarle el turno en la broma.

Dios lo pague todo a Vuestras Mercedes, les dice al llegar a su lado. Aquí va ya en las alforjas con qué remediar la casa.

Qué! estará loco el hombre? dijo uno de los caballeros. Apenas había pronunciado esta palabra, cuando el extremeño le puso en la mano una pepita del precioso metal.



Estupefactos, con los ojos abiertos, y sin atravesar palabra se miran unos a otros los alegres compañeros. Mientras tanto el hombre vuelve a echar la pepita en las alforjas y mirándolos con una sonrisa burlona, se despide de ellos, dirigiéndose a Pamplona.

Pocos minutos después, el Gobernador y sus compañeros de caza volvían también hacia la ciudad al galope de sus caballos.

El Páramo era el Páramo Rico, y Pamplona iba a llamarse Pamplonilla la Loca."

Restrepo refiere brevemente la misma historia. Este distrito fué un importante productor de oro hasta 1644 cuando las minas fueron abandonadas. Después fueron trabajadas periódicamente hasta 1886, cuando el gobierno dió permiso de explotación a varias para que fueran trabajadas por compañías privadas. Desde entonces pequeñas compañías han trabajado de manera rudimentaria algunas de las minas. Dos de ellas con capital extranjero, hicieron trabajos de desarrollo en algunas partes del distrito. La Colombian Mining Association, trabajó desde 1824 hasta fines del siglo XIX. A comienzos de 1900 una compañía francesa, la Francia Gold and Silver Company, trabajó por un corto tiempo. Ambas montaron plantas relativamente grandes y equipos cuyos restos pueden verse todavía en el distrito. El abandono periódico de las empresas se ha atribuido a varias causas, tales como agotamiento del mineral fácilmente explotable, de fácil procesamiento; falta de fuerza hidráulica para desarrollo a gran escala; luchas políticas; administración inadecuada; problemas legales relacionados con los títulos de las propiedades mineras y dificultades en los procesos técnicos de tratamiento del mineral. Se estudió la posibilidad de explotar cobre en el área de la Baja, pero ningún estudio fue más allá de la etapa exploratoria.

Se dispone de algunas cifras de producción de oro y plata en el distrito. Entre 1945 y 1953 la producción promedio por año de oro fue 100,400 y de 68,700 gramos de plata (Wokittel, 1954, p. 6). En 9 meses de 1966 se produjo un promedio mensual de 15,844 gramos de oro, del cual el 75% provino de Vetas. (Duarte 1966 p. 14).

La siguiente descripción de los métodos mineros usados en el pasado es tomada de Duarte (1966, pp. 14-15). En un principio

la minería se hacía con apiques y trincheras que seguían las partes oxidadas expuestas de los filones. El agua de lagos y de embalses se usaba para remover el suelo y destapar los filones. Las trincheras eran irregulares y angostas porque se escavaba únicamente la parte aurífera. Las explotaciones profundas eran prohibitivas por la falta de herramientas adecuadas, explosivos, iluminación y sistemas de ventilación. Las rocas con trazas de oro se molían en "arrastres" o a mano en morteros de piedra usando pistilos de cuarzo. Las bateas de madera eran el único medio de concentración y usaban mercurio para la recuperación. La minería era ejecutada en operaciones pequeñas y aisladas. Más tarde se emplearon molinos con piones de hierro, con ruedas accionadas por bestias o hidráulicamente. El sistema de cianuración fué introducido con resultados favorables.

En 1906 la Francia Gold and Silver Company montó una planta para triturar, moler y procesar el mineral. El concentrado era tostado en un horno de reverbero para remover el azufre y los volátiles, luego de tostado y parcialmente oxidado, se mezclaba con cal y se fundía en un horno accionado por una planta hidroeléctrica que aprovechaba una cabeza de agua de 200 m. La escoria era removida y el mate de cobre con oro y plata, se exportaba a Europa.

Geología. - Las rocas encajantes en este distrito son un complejo de rocas metamórficas pre-devónicas y rocas ígneas mesozóicas (figuras 4 y 5). Paraneises pelíticos, semi-pelíticos y arenáceos y neises con hornblenda del Neis de Bucaramanga predominan en el área de Vetas y en la parte norte del área del Río La Baja. Gran parte de este neis es migmatítico. Los rumbos de estas rocas son norte y noreste en el área de Vetas y norte a noroeste, en el área del Río La Baja. Un gran cuerpo de tonalita y diorita de grano fino a medio aflora desde el sur del distrito hasta el noreste de California. Cerca de la confluencia de los Ríos Vetas y La Baja aflora un intrusivo de granito a cuarzomonzonita, pobre en máficos, de grano fino a medio y localmente porfirítico. Y cuerpos más pequeños del mismo ocurren en la parte oriental del área de California y en el área de Vetas. Diques de esta roca y diques de una cuarzomonzonita biotítica (cuarzomonzonita La Corcova) de grano fino son abundantes en los neises en el área de la Baja y menos frecuentes en el área de Vetas. Los diques más jóvenes son pórfidos dacíticos de color gris claro, comunes cerca de California. Las rocas sedimentarias del Cretáceo suprayacen discordantemente las rocas ígneas y metamórficas al oeste de California, más allá del área de

alteración hidrotermal y los filones. Sin embargo, los diques de pórfido dacítico, son más jóvenes que los estratos del Cretáceo Inferior y están aparentemente afectados por la alteración hidrotermal y la mineralización, por lo tanto la mineralización, probablemente, es posterior al Cretáceo Inferior.

Al oriente de California son abundantes rocas alteradas y silicificadas. Manchas de sulfato de hierro son abundantes sobre las rocas expuestas a lo largo del Río La Baja y la parte inferior del Río Vetas. En algunos lugares del área de La Baja, las costras de malaquita abundan en las paredes de los viejos socavones lo cual no ocurre en el área de Vetas. En la cuarzomonzonita pobre en máficos, la aplita, el pórfido de California y en los diques de varios lugares se encuentran pequeñas fracturas rellenas con cuarzo que contiene pirita y rara vez otros sulfuros. Localmente hay silicificación entre las fracturas. La monzonita y el pórfido parecen ser las rocas más susceptibles de fracturamiento y silicificación en este distrito. Sin embargo, el fracturamiento, la silicificación y la mineralización de sulfuros ocurren, aunque con menos frecuencia en el Neis de Bucaramanga, en la parte superior de La Baja y en Vetas. La alteración es menor en el área de Vetas y está limitada a zonas angostas.

Afloramientos dispersos de roca alterada pueden verse a lo largo del Río Vetas cerca a Vetas; pero aparentemente la alteración no está generalizada en esa área. Se tienen noticias de unos pocos prospectos y minas, no cartografiados. La parte alta, al sur, llamado Páramo Rico, fué la fuente del oro de aluvión en los tiempos de la Colonia; pero no se encontraron restos de antiguos trabajos.

Filones de cuarzo y una zona extensa silificada en la cual las estructuras originales de las rocas metamórficas están preservadas afloran en el filo, entre las quebradas Páez y el Pozo; pero no se observó mineralización de sulfuros. Un enjambre de filones de cuarzo corta la cuarzomonzonita biotítica porfirítica en el filo entre la mina El Volcán y Vetas; pero estos filones tampoco parecen contener sulfuros. Estas masas de cuarzo se suponen que son de edad diferente a la del cuarzo de las zonas mineralizadas adyacentes. La mineralización en el distrito no está restringida a tipos particulares de roca.

Los sistemas de fallas del distrito no han sido cartografiados en detalle. Las grandes fallas regionales del área tienen rum-

bo norte a noreste. Una de ellas, la de Cucutilla, penetra en el área de La Baja desde el noreste, a lo largo de la Quebrada Romeral, (figura 4). Esta falla puede haber tenido algún control sobre la mineralización de oro y sulfuros. Las trazas exactas de su extensión en el distrito no son claras. El valle del Rfo La Baja puede estar controlado por un satélite de ésta. Una falla de orientación oeste-suroeste, a lo largo de la cual las rocas están cloritizadas, se proyecta desde el este del distrito hacia la mina. El Volcán cerca de Vetas (figura 5). Esta puede, posiblemente, ser parte de un sistema que controla la mineralización en el área del Rfo Vetas. Los valles de la Quebrada El Salado y del tramo al norte de Vetas, pueden estar controlados por esta falla o fallas paralelas.

Como las fallas mayores de la región, tienen dirección norte a noreste, es razonable interpretar los filones del área del Rfo La Baja como resultados de esfuerzos tensionales en un sistema de cizallamiento de orientación noreste.

Cerca de Vetas el rumbo de los filones es norte a nor-noroeste y los filones de cerca de El Volcán, tienen rumbo nor-noroeste. Lo cual hace suponer que otro juego de fallas fue mineralizado aquí por esfuerzos tensionales distintos al anterior. En el área del Rfo La Baja los filones están en grupos especialmente en La Baja, El Cuatro, La Angostura, El Silencio (figura 4). Los dos grupos mayores de filones, el de La Baja - El Cuatro y el de La Angostura La Alta, tienen cada uno de 250 a 300 metros de ancho y cerca de 1 kilómetro de longitud. Lo cual sugiere que muchos de los filones (individuales) puedan realmente tener una longitud mucho mayor que la aparente, es decir, estar conectados entre sí a lo largo del rumbo y aún más, es posible que se intersecten con filones desconocidos hasta ahora.

Descripción de minas y prospectos. - La distribución de las minas y prospectos en el distrito de California y Vetas se muestra en la figura 3. Muchos de los socavones antiguos son total o parcialmente inaccesibles, a causa de derrumbes y deslizamientos. La mina La Francia en la Quebrada La Plata y un número de excavaciones más pequeñas a su alrededor están casi completamente tapadas por deslizamientos y no se estudiaron por eso. Las minas cartografiadas se muestran en las figuras 4 y 5. Donde están presentes varias galerías, las más altas pueden observarse sobrepuestas a las más bajas.

En el distrito, los filones mineralizados son generalmente verticales o subverticales. Los del área de La Baja, individualmente, tienen rumbo más o menos este pero están dispuestos de manera escalonada en una dirección noreste, con el eje aproximadamente paralelo al Rfo La Baja. En el distrito por lo general la mineralización se manifiesta principalmente por silicificación y reemplazamiento de sulfuros, predominando pirita, en fracturas, zonas de cizallamiento y zonas adyacentes. Evidencias de cizallamiento, brechamiento, reemplazamiento y recristalización repetidos, se observan claramente. Varias generaciones de cuarzo y sulfuros están presentes. Los cuerpos mineralizados, generalmente con buzamiento grande de fuerte inclinación, siguen zonas estrechas de cizallamiento y fracturas en la roca encajante silicificada y alterada. Las concentraciones de sulfuros tienden a ser lenticulares. La salbanda es angosta y ocurre en la mayoría de las vetas.

En las áreas de California y Vetas, el sulfuro más abundante es la pirita. En Vetas, los sulfuros distintos a pirita son escasos y el oro está asociado con ella. En la zona desde La Baja a Quebrada Angostura, la calcopirita es abundante localmente con cantidades menores de covelita y bornita. Esfalerita, galena y rara vez molibdenita, están localmente presentes en las minas de San Celestino, La Catalina y La Mascota. En la mina de San Celestino, se encuentra tetrahedrita a la cual está asociada la plata. La calcopirita y los otros sulfuros son escasos en las minas de la parte superior de Quebrada Páez y cerca de La Alta; uraninita, meta-autunita y zeunerita ocurren en las minas del área de San Celestino. La uraninita está finamente diseminada en cuarzo, y éste parece ser el cuarzo más joven del área.

En la roca encajante, adyacente a las fracturas mineralizadas, los feldespatos están caolinizados; los minerales máficos lixiviados y a mayor distancia de las zonas mineralizadas, alterados a clorita. La piritización y la silicificación son más comunes en el granito relativamente pobre en máficos, la aplita y el pórfido del área de California y en los diques aplíticos de los neises circundantes. Sin embargo, los neises están localmente mineralizados como las rocas antes mencionadas.

#### Muestreo geoquímico de sedimentos activos

Objeto. - Muestras de sedimentos activos fueron recolectadas por el Inventario Minero Nacional durante 1.967 en 69 sitios

en las quebradas más pequeñas del distrito minero de California y Vetas; éstas fueron analizadas semicuantitativamente para un amplio rango de trazas de elementos a fin de obtener información sobre la clase, distribución y cantidades relativas de los elementos metálicos que acompañan al oro y la plata y que pudieran ser de valor económico potencial en el distrito. Se esperaba que las muestras también pudieran dar, de ser posible, una indicación de la distribución del principal producto conocido, oro, e indicar, la extensión y la tendencia de las concentraciones anómalas de los minerales metálicos. A causa del alto relieve y la precipitación pluvial en el área, se ignoraba la clase de resultados que se obtendrían del programa de muestreo. No se esperaban resultados cuantitativos útiles sistemáticamente a causa de la presencia de minas activas y abandonadas en algunas de las cuencas hidrográficas y la ausencia de minas en otras. Los valores anómalos aislados y no sistemáticos, obtenidos en algunas áreas, deberían mirarse con escepticismo a causa de la posibilidad de contaminación en el distrito durante la larga historia de colonización y explotación minera.

Procedimiento. - Fueron recolectados dos tipos de muestras en cada sitio: un concentrado de batea y una de finos seleccionados. Se hizo un intento de barequear una cantidad uniforme del material en bruto. Los guijarros se separaron a mano durante el barequeo. No se hizo ningún intento de tamizar el material por temor de contaminación con el material del cedazo disponible. La muestra resultante, no obstante, fué un material del tamaño de arena, bastante uniforme. La cantidad de material varió considerablemente entre las diferentes muestras. El muestreo y el barequeo fueron hechos por barequeros locales que usaron bateas de madera para oro. El muestreo estuvo bajo la dirección de Jaime Galvis V.

Las muestras de lodo fueron recolectadas en las orillas y cauces de las corrientes y analizadas sin tamizar o clasificar. Se notó variación en el tamaño del grano entre las diferentes muestras, y unas pocas, contenían cantidades apreciables de arena.

Las muestras fueron colectadas sin tener en cuenta la presencia o ausencia de minas activas o abandonadas, aguas arriba. En realidad se intentó colectar una, abajo de las minas y prospectos con el fin de averiguar qué elementos procedían de ellas. El muestreo aguas arriba de las minas y prospectos no fué tan completo

como se deseaba, principalmente a causa de la inaccesibilidad desfavorable de condiciones adversas en las corrientes; algunas de estas son muy pendientes y con numerosos saltos que hacen difícil el acceso a los sitios donde se pudieran tomar las muestras.

Unos 50 gramos promedio por muestra se enviaron para análisis, pero las muestras fueron remitidas al U.S. Geological Survey, Denver, Colorado, para análisis. Los concentrados de minerales pesados fueron analizados para 62 elementos por medio de análisis espectrográfico semicuantitativo (de seis etapas). Las muestras de lodo fueron analizadas primeropara uranio equivalente (eU), que es una medida de la radioactividad bruta en una muestra de cualquier procedencia y luego analizada para oro, por copelación y por absorción atómica (Huffman y otros, 1967).

Resultados - Los histogramas de los resultados de los análisis espectrográficos de trazas elementos en los concentrados de minerales pesados, determinaciones para oro por copelación y absorción atómica y resultados de las determinaciones de uranio equivalente (eU) en muestras de lodo se muestran en la figura 6. Los histogramas de los análisis espectrográficos se refieren sólo a aquellos elementos trazas presentes en cantidades detectables. Los límites de detección se indican en el Cuadro 1. Los elementos detectados en el presente estudio están subrayados; otros elementos anotados en el cuadro mencionado, pero no dibujados en la figura 6, están en cantidades por debajo del límite de detección. No se investigaron Ir, Os, Rh, ni Ru porque no se halló Pd ni Pt.

La mayoría de los histogramas mostrados en la figura 6 revelan una distribución normal o indican que los elementos están presentes en cantidades por debajo de los límites de detección. Los histogramas que muestran una asimetría notable indican metales que están presentes en cantidades anómalas; ellos son Au, Ag, Cu, Pb y Zn. Los valores, en ppm, encima de los cuales estos metales se consideran anómalos son: Au, 06; Ag, 1; Cu, 300, Pb 100; y Zn 300. Los histogramas para Ba, Mo, Sn, W, Eu y posiblemente Pr, tienen formas y cantidades que indican anomalías; pero estas son bajas. Comparadas con las cantidades de los otros metales, tales como Cu, Pb y Zn, las cantidades de Mo, Sn, W y Pr no parecen ser bastante altas para indicar que estos elementos están presentes en cantidades de importancia económica. Estos son elementos indicadores, que normalmente pueden esperarse en asociación con la mineralización metálica, pero generalmente no en cantidades

CUADRO 1.- Límites inferiores aproximados para la determinación en partes por millón de los elementos trazas analizados por el método espectrográfico semicuantitativo de seis etapas.

( Denver Laboratory, U. S. Geological Survey. )

<u>Elemento</u>	<u>ppm</u>	<u>Elemento</u>	<u>ppm</u>	<u>Elemento</u>	<u>ppm</u>
<u>Mn</u>	1	<u>In</u>	10	<u>Sr</u>	5
		<u>Ir</u>	50	<u>Sm</u>	100
<u>Ag</u>	0.5	<u>La</u>	30	<u>Ta</u>	200
<u>As</u>	1,000	<u>Li</u>	50	<u>Tb</u>	300
* <u>Au</u>	20	<u>Lu</u>	30	<u>Te</u>	2.000
<u>B</u>	20				
<u>Ba</u>	1.5	<u>Mo</u>	3	<u>Th</u>	200
		<u>Nb</u>	10	<u>Tl</u>	50
<u>Be</u>	1	<u>Nd</u>	70	<u>Tm</u>	20
<u>Bi</u>	10	<u>Ni</u>	5	<u>U</u>	500
<u>Cd</u>	20	<u>Os</u>	50	<u>V</u>	7
<u>Ce</u>	150				
<u>Co</u>	3	<u>Pb</u>	10	<u>W</u>	100
		<u>Pd</u>	1	<u>Y</u>	10
<u>Cr</u>	1	<u>Pr</u>	100	<u>Yb</u>	1
<u>Cu</u>	1	<u>Pt</u>	30	<u>Zn</u>	200
<u>Dy</u>	50	<u>Re</u>	30	<u>Zr</u>	10
<u>Er</u>	50				
<u>Eu</u>	100	<u>Rh</u>	2		
		<u>Ru</u>	10		
<u>Ga</u>	5	<u>Sb</u>	150		
<u>Gd</u>	50	<u>Sc</u>	5		
<u>Ge</u>	10	<u>Sn</u>	10		
<u>Hf</u>	100				
<u>Ho</u>	20				

Nota: Algunas combinaciones de elementos afectan los límites de determinación. Se dan valores aproximados. En concentraciones de materiales excepcionalmente favorables los valores algo más bajos que los dados, pueden ser detectados. En materiales no favorables los límites de detección pueden no ser alcanzados por algunos de los elementos.

Los elementos subrayados son los detectados en las muestras enviadas del distrito de California-Vetas, a excepción de Bismuto representado en la fig. 6

\*.02 por ensaye de capilación y técnicas de absorción atómica



económicamente recuperables. Las cantidades altas de Ba, Mo, Sn y W comunmente se hallan aguas abajo de las minas donde las cantidades de los otros metales son también altas; de no ser así, ellos no se detectarían en las muestras.

El modo del Zr parece excepcionalmente alto, pero las rocas encajantes graníticas y metamórficas, contienen zircón como mineral accesorio común. Una cantidad anómala de uranio equivalente se registró en un solo lugar.

Los histogramas mostrados en la figura 6 indican que Au, Ag, Cu, Pb y Zn son los únicos elementos metálicos presentes en cantidades significativamente anómalas. Con excepción del oro, las cantidades de estos elementos no son altas en los concentrados de batea, ni aún aguas abajo de las minas.

Los datos para oro, en el lodo, y para plata, cobre y plomo en los concentrados han sido trazados gráficamente en las figuras 7 y 8. Las muestras se han agrupado según las cantidades crecientes de cobre y las cantidades de oro, plomo y plata han sido trazadas de igual modo. Las de oro y de otros elementos de importancia en el concentrado, se muestran en partes por millón en el Cuadro 2. La localización de las muestras se indica en la figura 9.

Los gráficos de las figuras 7 y 8 indican la correlación de las cantidades de los elementos en una localidad cualquiera. La relación más obvia es aquella donde un elemento es alto y uno o más de los otros tiende a ser también alto. Cantidades generalmente altas indican la presencia de una mina, aguas arriba. Las cantidades de cobre, plomo y por deducción las de zinc, parecen estar algo más sistemáticamente relacionadas entre sí que con la plata y el oro. Las cantidades de oro son semejantes en las muestras de lodo y en las de concentrado. El modo para oro en lodo varía entre 0,02 y 0,05 ppm, que parece ser un "background" bien alto. Este modo está por encima de los modos de oro en áreas no mineralizadas o débilmente mineralizadas según determinaciones de Fischer y Fisher (1968, p. 2). Las cantidades de oro en lodo son valores verdaderos porque no ha habido concentración de estas muestras. Las cantidades de oro en el concentrado que son mayores que el límite de detección por medios espectrográficos, 20 ppm, son apreciablemente más altas que para las muestras de lodo de la misma localidad; pero no hay ningún factor consistente entre los resultados de cada sitio que indique el grado de concentración en las muestras

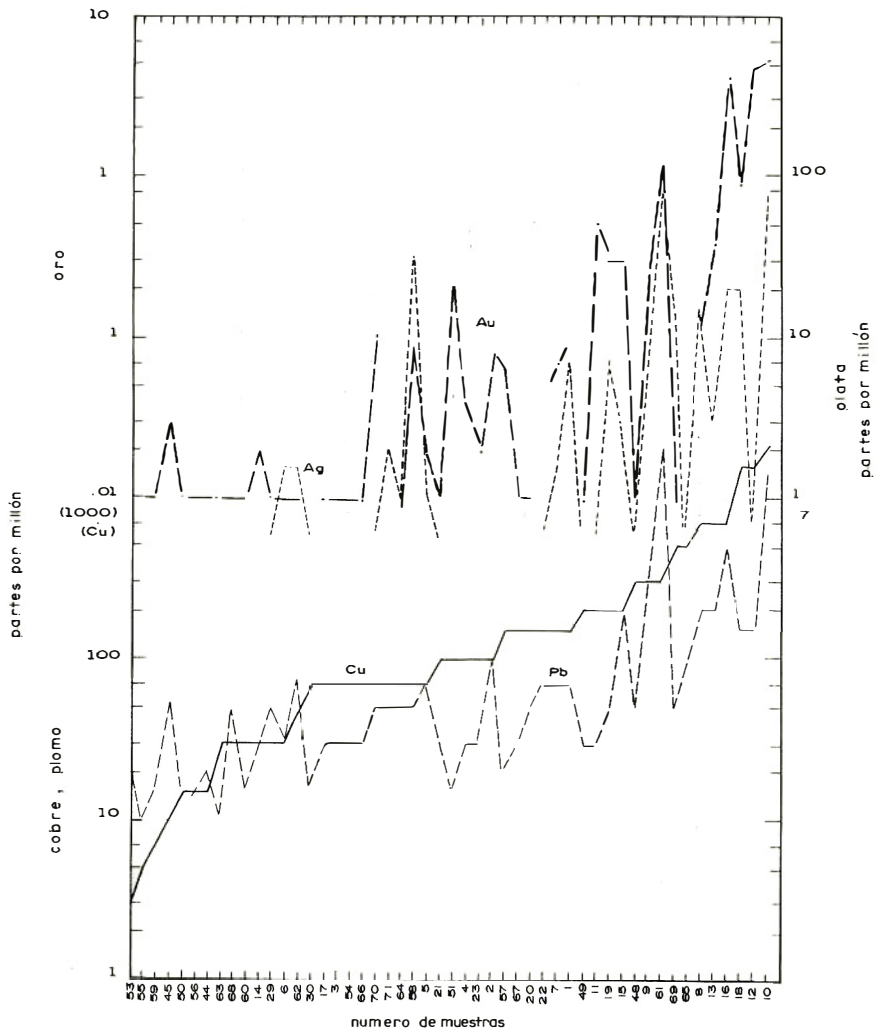


FIGURA 7 - Cuantías de Au, Ag, Cu y Pb en muestras de sedimentos del área La Baja, Departamento de Santander. Las muestras estan puestas en orden de implementos de contenido de Cu. Localidades de muestreo aparecen en la Fig.9

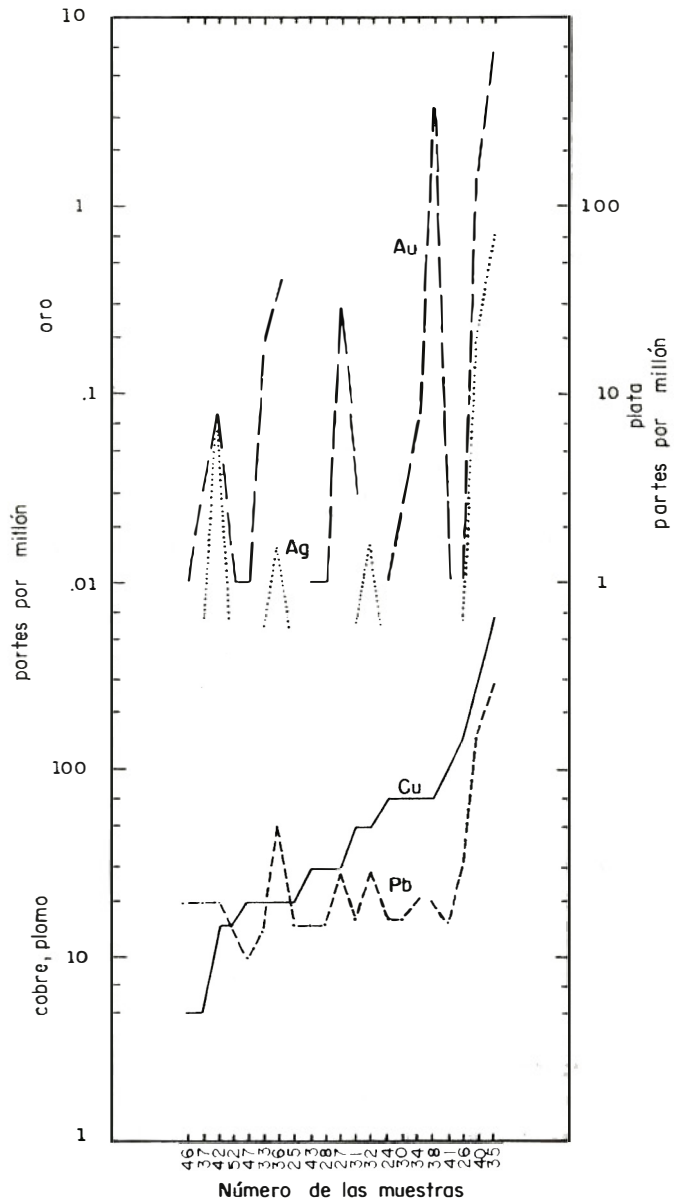


Figura: 8 Cuantías de Au, Ag, Cu, y Pb en muestras de sedimentos del área de Vetas, departamento de Santander. Las muestras están puestas en orden de implementos del contenido de Cu. Las localidades de muestreo aparecen en la Fig. 9

CUADRO 2.- Muestras de concentrados de minerales pesados obtenidas de sedimentos activos, del distrito de California y Vetos, que contienen cantidades anómalas de elementos escogidos.

(Análisis espectrográficos por J. L. Finley. La ubicación de las muestras se indica en la fig. 9)

\* eU se determinaron muestras de lodo por John Gardner, U.S. Geological Survey.

No	Partes por millón					Comentarios
	Zn	Mo	W Area La Baja	Otras		
1		15	100	Sn 15		Aguas abajo
8			150			Aguas abajo
10	700	15		eU 0.12%*		Aguas abajo
11		5				
12		30				
13		20				
15			500			Aguas abajo
16		5				Aguas abajo
17			100			
18		15		Ba. 50.000		Aguas abajo
19		7				
20		7				
21		7				
45	300			Sn. 30		
48	1.500					
49		7				
61	7 000			Ba 7.000		Aguas abajo
Area de Vetos						
26		10				
32				Sn 20		
35	7 00	7				Aguas abajo
38				Sn 20		
40	500	15				Aguas abajo
41		20				
43		5				

barequeadas, presumiendo que tanto el lodo como la arena, tuvieran la misma cantidad de oro originalmente. Es muy probable que el lodo y la arena lleven diferentes cantidades de oro a causa de la forma y hábito de este metal, en el filón original. La mayor parte del oro es fino y está contenido en pirita. El oro es rara vez visible pero su presencia está indicada, en algunos lugares, por arcilla amarilla brillante a lo largo de los cuerpos mineralizados con diseminación de mineral por esta misma arcilla. Aún así, la masa más grande de oro extraída en Colombia, es de la mina Pie de Gallo (localidad 6, figura 7), ésta pesó 65 kilogramos aproximadamente (Restrepo, 1883 ed. 1937).

Hablando en términos geoquímicos de elementos trazas se puede decir: Muestras con cantidades considerables de molibdeno y tungsteno también contienen cantidades apreciables de oro o de cobre, plomo y zinc. Otras, con valores altos de trazas de estaño también tienden a contener cantidades altas de oro. Muestras con cantidades apreciables de plata generalmente tienen también cantidades altas de oro; pero la proporción de oro a plata no es uniforme. Existe una mejor relación entre plomo, plata y oro que entre cobre y los otros metales (figuras 7 y 8). Los valores altos de oro y plata en la localidad 58 no están acompañados por valores anómalos de cobre y plomo. Una relación similar existe en varios lugares en el área de Vetas, como en la localidad 33. La cantidad alta de oro en el concentrado de minerales pesados de la localidad 45 está acompañada por cantidades anómalas de zinc y estaño (Cuadro 2), pero con cantidades bajas de cobre. En esta quebrada se justifica un muestreo adicional para determinar si las anomalías son reales o se deben, a contaminación o error. Hasta donde se conoce, esta localidad drena un área de rocas sedimentarias no mineralizadas. El alto porcentaje de bario en la localidad 18 no tiene explicación, pero ésta se encuentra debajo de varias minas en explotación. Una cantidad anómala de uranio equivalente (eU) fué observada en la localidad 10. Este lugar está al norte de las localidades 1 y 6 de la figura 7, en donde se han identificado minerales radioactivos (Pagnacco, 1962).

Las cantidades de oro indicadas en los histogramas se muestran en la figura 9 mediante círculos de tres tipos diagramados para tener en cuenta cualquier error analítico y para una presentación más clara. El primer tipo entre 0.02 y 0.05 ppm, comprende muestras con cantidades modales o casi modales de oro. El segundo, muestras con cantidades superiores al modo entre 0.06 y 0.5 ppm.

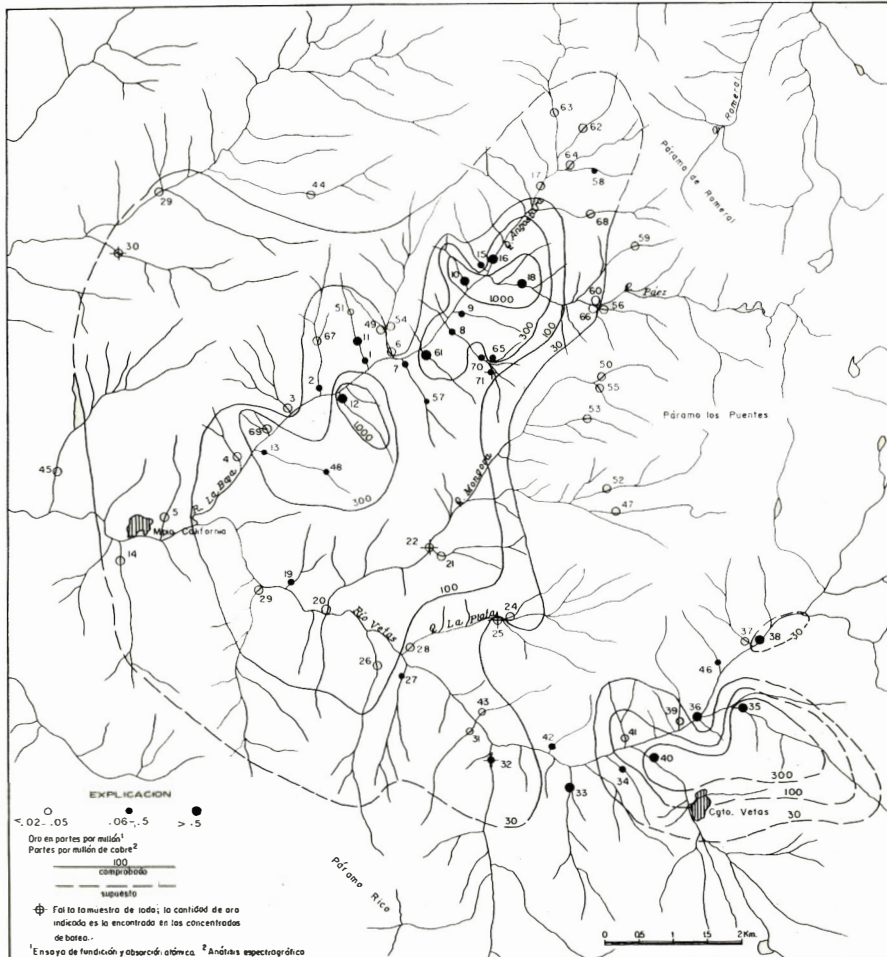


Fig.9 - Croquis que indica la distribución de oro en la muestra de lodo, y de cobre y oro en el concentrado de balsa de sedimentos activos en los ríos, Municipio de California y Vetas, Santander, Colombia. Las figuras 7 y 8 muestran en forma gráfica los análisis de las muestras y el cuadro N° 2 se presentan los valores anormales de algunos elementos.

El tercero, muestras que son claramente anómalas, por encima de 0.6 ppm.

El límite inferior de detección de oro para algunas muestras fué elevado de 0.02 ppm hasta 0.08 ppm, a causa de que la cantidad de material era insuficiente para los análisis de copelación y absorción atómica. La mayor parte de estas muestras están señaladas en la figura 16 como si contuvieran la cantidad mínima, menos de 0.02 ppm.

De igual manera, las cantidades de cobre en el concentrado están agrupadas mediante contornos de isotrazas con 30, 100, 300 y 1.000 ppm de cobre, (figura 9). Las áreas altas en cobre coinciden aproximadamente, con las altas en plomo y zinc, y la distribución de cobre anómalo, puede considerarse como representativa de la de plomo y probablemente de la de zinc. El modo de cobre en las muestras es 70 ppm. Los contornos de 30 y 100 ppm encierran un área en la cual las muestras contienen cantidades modales y casi modales de cobre. Las áreas entre 100 y 300 ppm, contienen cantidades de cobre por encima del modal, pero no son necesariamente anómalas. Las áreas con valores por encima de 300 ppm son anómalas. En ellas se encuentra la mayor parte de las minas activas e inactivas.

En el mapa de la figura 9, se observan dos franjas con valores anómalos de oro: una con rumbo al noreste a lo largo del Río La Baja; la otra, con rumbo este o este noreste a lo largo y al sur del Río Vetas. La zona de La Baja, está bastante bien definida y la cantidad anómala de oro en la localidad 58, sugiere la posibilidad que el área con cantidades anómalas de oro se extienda hacia el noreste, dentro del drenaje de la Quebrada Romeral. Sin embargo, la convergencia hacia esta localidad, de las muestras con bajo contenido de oro, indica que el área anómala probablemente no se extiende hacia el noreste. Las muestras con valores máximos se agrupan en el área de confluencia de las Quebradas Angostura y Páez y se dispersan hacia el suroeste. En la Baja, las muestras con cantidades anómalas de cobre ocurren en dos modos superpuestos sobre las franjas de anómalas de oro y coinciden, aproximadamente con las áreas de cantidades máximas de oro. Una línea trazada por los centros de los dos nodos, coincide con la orientación del área de cantidades anómalas de oro. El área anómala de cobre es más pequeña que la de oro.

La zona con valores anómalos de oro a lo largo del Río Vetas está menos definida que la del Río La Baja porque falta control al sur y al este. Las evidencias de campo sugieren que la anomalía no se extiende mucho hacia el este, pero puede que se extienda hacia el área del Páramo Rico, al suroeste. El área anómala para cobre, en la zona de Vetas, es más pequeña que la de oro, y también que el área anómala para cobre en La Baja. Esto concuerda con las observaciones de campo; la alteración es menos extensa y los minerales de cobre, plomo y zinc, son menos abundantes en el área de Vetas. No se tomaron muestras al sur y al este de Vetas. Los contornos trazados aquí se basan en las manifestaciones de mineralización en las rocas de la superficie a falta de minas.

Se desconocen las diferencias que pueden existir entre los valores de metales en los sedimentos activos aguas abajo de las minas activas y los valores de metales en los sedimentos aguas abajo de posibles localidades ricas en minerales donde no ha habido actividad minera. Bajo las condiciones topográficas y climáticas existentes, los valores de metales en los sedimentos activos podrían ser no mayor al contenido normal. Aún donde existen rocas mineralizadas no explotadas, la evidencia es contradictoria. Donde los valores de oro están por encima del modo, 0.06 a 0.5 ppm, generalmente ha existido alguna explotación. Las muestras de las quebradas que drenan al Páramo Los Puentes, al oriente del Río La Baja y al norte del Río Vetas, contienen cantidades mínimas de oro y las rocas, en la superficie, no parecen estar mineralizadas, ni ha habido minería. Sin embargo, valores anómalos de metales que podrían esperarse en las muestras debajo de los antiguos trabajos abandonados de la cuenca de la Quebrada La Plata, (muestras 24, 25 y 28), no se manifiestan en los análisis. Por otra parte, valores relativamente grandes de oro se encontraron en el concentrado de la localidad 45, donde no hay indicios de mineralización o actividad minera. Esto sugiere que los valores anómalos de oro sí indican mineralización favorable para este elemento. En conjunto, las anomalías indicadas en la figura 9, están localizadas en áreas de actividad minera, antigua y moderna. En las zonas de la Baja y Vetas, las muestras con los valores más grandes de oro están en las partes nororiental y oriental de la zona, respectivamente. Estas son las áreas de mayor actividad minera en la actualidad.

Resumen. - Los resultados de muestreo geoquímico de sedimentos activos en el distrito minero de California y Vetas,



indican que el oro es el metal de principal interés económico. El cobre, plomo, zinc y la plata, son de interés secundario. Valores menores de molibdeno, tungsteno y estaño están presentes en unas pocas muestras. Los valores de los otros metales carecen de importancia. En una sola localidad de la zona de California - La Baja, se registró una radioactividad algo anómala y ésta fué baja.

Se determinaron dos zonas de anomalías. Una tiene rumbo noreste, aproximadamente paralela al Río La Baja, al noreste de California; la otra, menos bien definida, tiene rumbo este a lo largo y al sur del Río Vetas. Las concentraciones mayores de metales están en el área de confluencia de Quebrada Angostura y Quebrada Pérez, en la zona de La Baja y al norte y noreste de Vetas, en la zona de Vetas. Estas son las áreas donde hay actividad minera. En general la distribución de las anomalías de oro y de otros metales coincide con las zonas de mineralización conocida y con las áreas de explotación.

Investigaciones mineras. - Los socavones accesibles en las áreas de California y Vetas, fueron cartografiados y muestreados durante este programa. Unas 590 muestras de canal se tomaron del techo o respaldos a intervalos de 10 metros a lo largo de galerías y en las caras de cruceros o túneles en el material filoniano y en la roca encajante. Las muestras de canal fueron de diferentes longitudes siendo la mayoría de cerca de 1 metro de largo. Estas fueron ensayadas para oro y plata y también analizadas para cobre, plomo y zinc en los laboratorios del Ministerio de Minas y Petróleos en Medellín.

En el Apéndice A pueden verse los datos de los análisis y la localización exacta de las muestras. Estos datos están resumidos en las figuras 10 y 11, en las cuales se indican las minas cartografiadas y las muestras que contienen cantidades significativas de oro, cobre, plomo y zinc. Solamente se señalan aquellas en las cuales el oro es mayor de 5 gramos por tonelada (5 ppm), o que contienen más del 1% cobre, 2,5% plomo y 3,5% zinc. Las minas están identificadas en las figuras 10 y 11 por letra y número de acuerdo a los datos y mapas detallados del Apéndice A.

Los sitios con muestras que contienen 5 g/t (5 ppm) o más están esparcidos a través del área de La Baja y La Alta. Muestras que contienen más de 20 g/t son bastante comunes y algunas con más de 50 g/t se encuentran en varias minas. Las muestras con

valores altos en cobre, plomo y zinc están restringidas principalmente a la zona de La Baja a La Angostura. Pocas contienen más de 500 g/t de plata y éstas son de las minas de San Celestino (AG, AF) y la Catalina (W).

La cantidad de cobre es alta en algunas muestras de las minas cercanas a La Baja y en las minas de El Cuatro (C) y La Mascota (J). Sin embargo, sólo unas pocas contienen más de 5%. La cantidad de plomo es alta en muestras de las minas de San Celestino y La Mascota, y la de zinc únicamente en San Celestino y La Catalina. Unas pocas, contienen hasta 13% plomo y 38% zinc. La mayoría, contienen menos del 5% en plomo o zinc.

En el área de Vetas solamente las muestras de la mina El Volcán contienen oro, en cantidades apreciables. Ninguna contiene cantidades significativas de cobre, plomo o zinc. Unas 90.000 toneladas de colas de material arenoso y más fino, se encuentran cerca del molino de la mina. La fracción arenosa contiene 18 g/t de oro y 38 g/t de plata. La fracción limosa, contiene 26 g/t de oro y 44 g/t de plata. El croquis y los resultados de los análisis de las muestras de núcleos en las colas se presentan en el Apéndice A.

Con base en perforaciones y toma de muestras, la Nippon Mining Company calculó las reservas de mineral de las áreas mineras de San Celestino y San Antonio (Report of prospection of the California Mines, July, 1967, Nippon Mining Company, Ltd.: Informe en los archivos del Servicio Geológico Nacional, Bogotá). Estimaron las reservas de oro de las minas de San Celestino y San Antonio en unas 46.000 toneladas con tenor de 12 gramos por tonelada, y unas 40.400 toneladas de mineral de cobre con un tenor de 1,24% en la mina San Antonio. Otras minas en esta área tuvieron tenores y toneladas más bajos y concluyeron que las cantidades de uranio no son económicas. Los núcleos de las perforaciones mostraron que el uranio disminuye con la profundidad.

Unas 70 muestras seleccionadas al azar del área de La Baja se analizaron espectrográficamente para 62 elementos en los laboratorios del U. S. Geological Survey, Denver Colorado, para verificar el contenido de los elementos trazas y comprobar los resultados de los ensayos y análisis efectuados en los laboratorios del Ministerio de Minas y Petróleos en Medellín. Los análisis para oro se hicieron por copelación y por absorción atómica. Los resultados para oro y

plata de los dos laboratorios son similares.

Los resultados de los análisis espectrográficos de las 70 muestras apoyan la conclusión derivada de los resultados del programa de muestreo de los sedimentos activos y están en armonía con la mineralogía observada en las minas. Los elementos metálicos diferentes al oro, cobre, plata, plomo y zinc faltan o están presentes en cantidades muy pequeñas para ser de interés económico. Ninguna muestra del área de Vetas fué sometida a análisis espectrográfico.

Las cantidades de unos pocos de los elementos son suficientes para ser de interés en algunos lugares. Arsénico y antimonio son relativamente altos, en unas pocas muestras indicando la presencia de arseniuros y antimoniuros. Estos valores coinciden con los tenores altos de plomo y zinc y con la abundancia, relativamente alta, de esfalerita, galena y tetrahedrita. Dos muestras de la mina de San Antonio contienen 3.000 y 7.000 partes por millón de molibdeno, respectivamente. Las cantidades más altas de molibdeno en otras minas son 100 ppm en dos muestras de las minas La Mascota y La Catalina. En la mayoría de las muestras no fué detectado o estaba en cantidades menores de 50 ppm.

El tungsteno ocurre en cantidades hasta de 770 ppm en muestras del área de la mina La Mascota y de 100 a 500 ppm en algunas muestras de las minas del área de La Baja donde el plomo y el zinc son altos. Una muestra de la mina El Porvenir (A-8), cerca a El Cuatro, contenía 1.500 ppm de tungsteno. El uranio fué analizado espectrográficamente en muestras de San Celestino (AF) (2.000 ppm) y en las minas de San Antonio (T) (1.000 y 700 ppm) y Begonia (V) (3.000 ppm). Ninguna muestra contenía cantidades anómalas de estaño.

Conclusiones. - Los resultados del programa de cartografía y del muestreo de reconocimiento del distrito de California y Vetas, indican, que el oro es el producto principal del distrito y que el cobre, plomo, plata y zinc son demasiado pequeños y no pueden ser más que subproductos en la producción de oro. Ninguna nueva manifestación superficial de mineralización aurífera se descubrió durante las investigaciones y los resultados indican que el distrito no se extiende mucho más allá del área de los trabajos actuales. El área del Rfo La Baja es más promisoría que el área de Vetas.

Las muestras con contenido alto de oro están distribuidas a lo largo del Río La Baja sobre una faja bastante larga desde La Baja hasta La Alta, una distancia de 3,3 kilómetros. Los dos enjambres filonianos más grandes tienen áreas de 0.5 y 0.3 kilómetros cuadrados. Los filones individuales pueden ser más continuos entre sí que lo que indica el levantamiento de los socavones conocidos. La existencia de posibles conexiones de los filones conocidos, con otros a lo largo del rumbo y de intersecciones de filones podría ser investigada por medio de un programa de perforación.

Teniendo en cuenta el tamaño del área de cada enjambre filoniano es claro que la exploración y la explotación requieren un trabajo y una capacidad de operación mayor y mejor que la actual. A causa del tamaño generalmente fino de las partículas de oro y su diseminación en pirita, los métodos actuales de procesamiento deben modernizarse para evitar las pérdidas de oro.

El potencial futuro del distrito de California y Vetas, depende de un aumento en el precio del oro y de la consolidación de pequeños trabajos en una explotación a mayor escala.

Las cantidades de plata, cobre, plomo y zinc son demasiado pequeñas y serán subproductos de la producción de oro.

Con los actuales trabajos, relativamente primitivos, el distrito podría continuar indefinidamente como productor de oro, pero siempre con un volumen bajo y con pérdidas considerables de oro y de los subproductos metálicos.

## COBRE

La descripción de los productos minerales en esta sección y las siguientes, excluye el distrito de California - Vetas (La mineralización de cobre en el distrito de California - Vetas se dió en la sección anterior). La localización de los depósitos de cobre se muestra en la figura 2.

No se conocen depósitos comerciales de cobre en el área del informe y ninguna de las ocurrencias de los minerales descritos aquí parece tener potencial económico, con la posible excepción de

los de la Cañada El Tuto y Caño Jascajal. A causa de la extensión lateral de la mineralización de cobre en los afloramientos de los estratos del Girón en estas localidades se requieren estudios más detallados.

Mina Tembladal. - La mineralización de cobre de esta mina se incluye en el capítulo sobre plomo y zinc.

Cerro El Cacho - (Planchita 110-II-C, G-15 NW). Municipio de Pamplona, Norte de Santander. Cuarzo monzonita fracturada con minerales de cobre diseminados aflora unos 3 kilómetros al oriente de la carretera Pamplona - Chitagá sobre el lado norte del sendero al Cerro El Cacho. Los minerales incluyen covelita, cantidades muy pequeñas de cobre nativo y malaquita. La mineralización se extiende sobre un área de unos 800 metros cuadrados.

Pozo Negro. - (Planchita 110-II-D, F-15, SW) Municipio de Silos, Norte de Santander. Desde Campamento, sobre la carretera al suroeste de Silos, un sendero conduce al prospecto que está sobre el lado norte del Río Caraba unos 500 metros aguas arriba de su confluencia con el Río Angosturas (o Quebrada Pajaritos). En un pequeño apique en esquisto sericitico graffítico están expuestos dos pequeños filones de cuarzo de 4 y 5 centímetros de ancho (rumbo N 55° E., buzamiento 72° NW) que contienen pirita, calcopirita, malaquita secundaria, calcita y limolita. Manchas de malaquita se hallan también, en pequeñas cantidades, unos 30 metros aguas arriba. El prospecto está cerca del contacto del esquisto con el ortoneis diorítico.

Cañada El Tuto. - (Planchita 121-I-B, G-8, SE). Municipio de Silos, Norte de Santander. A una distancia de 3,2 kilómetros N 30° E de El Portillo, sobre la carretera Berlín-Baraya, estratos arokósicos gruesos de la formación Girón (rumbo N 62° W, buzamiento 32° NE) sobre la ladera noroeste de Cañada El Tuto, están manchados con malaquita derivada aparentemente de la oxidación de granos finos diseminados de sulfuros de cobre. Sobre una sección del Girón, de unos 300 m, se presentan cuatro manifestaciones de mineralización. La mayor de las cuales se extiende por 136 m a lo largo del rumbo en un estrato de 5,4 m de espesor.

Caño Jascajal. - (Planchita 121-I-D, A-10, SE). Municipio de Silos, Norte de Santander. Esta localidad está en el lado oriental del Caño Jascajal a una distancia de 4,8 Km. S 73° E de El Portillo

sobre la carretera Berlín - Baraya. Granos finos diseminados de sulfuros de cobre probablemente dieron origen a la malaquita que se encuentra en un estrato de arenisca, arkósica, gris localmente conglomerática de 70 cm. de espesor y en el estrato subyacente de limolita arenosa, gris oscura, ligeramente calcárea de 50 cm de espesor (rumbo N 10° W)?, buzamiento 45° Ne ?. Estos estratos pertenecen a la Formación Girón y la mineralización puede seguirse aproximadamente por 250 m a lo largo del rumbo.

Unos 200 m aguas arriba, hacia el sur de la ocurrencia descrita, un estrato de conglomerado arkósico (rumbo N 32° E., buzamiento vertical) de 1,2 metros de espesor presenta manchas de malaquita cuya extensión lateral no fué determinada. Se encuentra también un poco de galena.

Alpargateral. - (Planchita 121-II-A, F-1, NE). Municipio de Chitagá, Norte de Santander. Este depósito se encuentra en limolitas fracturadas de la Formación Jordán en una cuchilla 500 metros al noroeste del sendero que se extiende desde la Hacienda Burgua hacia el suroeste, pasando por Alpargateral a El Portillo, sobre la carretera Berlín-Baraya. Pequeñas cantidades de calcocita, covelita y cuarzo se encuentran en las fracturas; pero la mayor parte de los sulfuros han sido aparentemente oxidados a malaquita y azurita. Los estratos de Jordán que normalmente tienen un color marrón rojizo, son grises en la zona mineralizada. Esta tiene dos a tres metros de ancho y está expuesta en la superficie sobre una distancia de unos 8 metros. Está localizada a lo largo de una falla con rumbo oeste-noroeste. Un socavón de prospección, fuertemente inclinado, fue excavado dentro de la roca mineralizada hasta una profundidad de unos 6 metros.

Las Castillas. - (Planchita 136-II-B, C-7, SW), Municipio de Covarachía, Boyacá. De Covarachía se llega al depósito por la carretera a Nogontova y El Limón, siguiendoluego por un sendero a Ayuelal, El Jazmín y Las Castillas sobre la ladera sur del Río Chicamocha. En un área de unos 40 por 30 metros ortoneises fracturados contienen pirita, calcopirita, calcita y cuarzo con malaquita y azurita (?). Sobre la roca mineralizada fué excavado un pequeño apique.

## PLOMO-ZINC

Hasta el momento de escribir este informe (1969) ningún depósito de plomo o zinc se estaba explotando en escala comercial. De los yacimientos que se describen aquí, los de la Hacienda La Amarilla, Montenegro y Quebrada Cedrillal, parecen favorables para justificar investigaciones adicionales por trincheras y posiblemente con perforaciones. En los dos últimos, que están muy separados, la dolomitización de la caliza así como la mineralización de plomo y zinc, son muy semejantes.

Loma El Padre, - (Planchita 110 - III - C, C - 15, NE) Municipio de Tona, Santander. A unos 2,5 kilómetros al oriente de Berlín sobre la carretera a Pamplona, el depósito está unos 600 metros al norte de la carretera. En una falla que corta esquistos micáceos y una pegmatita granítica, se encuentra una zona de 20 centímetros de anchura con incrustaciones de cristales verde amarillentos de piromorfita, un fosfato de plomo secundario, relleno de pequeñas cavidades en la roca limonítica blanda de la zona fallada. Fué excavada una trinchera a lo largo del rumbo de la falla, por una distancia de unos 8 metros con profundidades hasta de 4 metros. Una muestra de la pila de roca mineralizada fué analizada y dió 25,6% plomo, 1 gramo de oro por tonelada y 26,5 gramos de plata por tonelada.

Mina Tembladales, - (Planchita 110 - III - C, C - 8, NE) Municipio de Tona, Santander. La mina (abandonada) está 5 kilómetros al oeste de Berlín en la Quebrada Tembladales, al norte del sendero a Tembladales y Tona. Galena, fluorita, cuarzo y pequeñas cantidades de pirita, calcopirita y esfalerita se presentan en una zona fallada brechosa, que tienen dirección E a N 75° E., en la Formación Tambor. La zona mineralizada tiene unos 2 m. de ancho donde ha sido trabajada en un corte abierto a lo largo del cauce de la quebrada por una distancia de unos 15 m. Puede seguirse hasta unos 50 metros aguas arriba, donde se adelgaza a menos de 1 metro donde sólo se encuentra fluorita.

Un molino de bolas y una mesa Wilfley (con capacidad de 8 toneladas por día), fueron usados para beneficiar el mineral, pero el tamaño pequeño del corte de la mina y de la pila de colas del

molino indican que los trabajos tuvieron una corta duración. Las reservas son pequeñas, probablemente no mayores de 1.000 toneladas de sulfuros y 3.000 - 4.000 toneladas de fluorita. Una muestra de la pila de mineral, fué analizada y dió 3,38% plomo, 0,77% cobre, 0,24% zinc, 6 gramos de oro y 47,6 gramos de plata por tonelada. No se hizo evaluación de la fluorita de este depósito.

Hacienda La Amarilla, - (Planchita 110-IV-C, C-6, C-7) Municipio de Chitagá, Norte de Santander. De la carretera, 5,5 kilómetros al norte de Chitagá, un camino cruza el Río Chitagá en Puente Bolívar y sigue a la Hacienda La Amarilla. En un área de aproximadamente 1 kilómetro cuadrado sobre la ladera norte del Río Caraba, se encontró mineralización de galena en sendos afloramientos de la arenisca basal de la Formación Tibú y en calizas de la formación Mercedes. La galena con cuarzo, rellena pequeñas fracturas hasta de 15 cm de largo y 2 de ancho. Los afloramientos son pocos en el área y la mineralización en la caliza se observa mejor en los guijarros y cantos rodados que se encuentran debajo del afloramiento. La manifestación mayor de la mineralización tiene cerca de 1,6 m de longitud 0,9 m de ancho máximo en areniscas altamente fracturadas. Con la galena puede encontrarse asociada argentita. La formación Tibú encima de su arenisca basal consta principalmente de calizas que no están expuestas y son probablemente la parte de la sección más favorable para mineralizaciones de plomo y zinc de reemplazamiento, por lo tanto es necesario realizar una investigación más detallada en el área.

Montenegro, - (Planchita 136-II-A, E-10, NW). Municipio de Concepción, Santander. El depósito está 7,5 Km al sureste de Concepción y se llega a él por el camino El Cedro -Alto Platera, hacia la Hacienda Montenegro, hasta llegar a la quebrada Cañada Caja de Agua, donde se encuentra una zona mineralizada en la Formación Mercedes, unos 3 metros debajo de la superficie en una excavación de unos 11 metros de longitud. Los estratos calcáreos, rumbo N 20° W., buzamiento 80° SW, están dolomitizados, con finos cristales rómbicos de dolomita con una matriz cristalina de textura uniforme. Galena cristalina de grano medio, esfalerita, dolomita y calcita ocurren en concentraciones lenticulares irregulares paralelas a la estratificación, como concentraciones ocasionales y como granos diseminados. En el apique se observa la siguiente secuencia: 20 a 30 cms de costra limonítica blanda en el tope, 2,2 m de zona mineralizada y por debajo arcillas arenosas



grises meteorizadas.

Los resultados de los análisis de cuatro muestras tomadas de lentes en la zona mineralizada fueron los siguientes:

<u>No. IMN</u>	<u>Localización en la zona mineralizada.</u>	<u>Fe</u>	<u>Zn</u>	<u>Pb</u>	<u>Mn</u>	<u>Cd</u>
13834	Base	3.35	17.25	0	0.90	0
13838	1,2 m arriba de la base	8.35	6.25	22.50	2.24	0
13839	1,6 m arriba de la base	3.19	56.60	0.55	1.10	0
13840	Tope	12.45	37.75	0.05	2.00	0

Se hizo un intento de seguir la extensión de la mineralización a lo largo por medio de exploración geoquímica. Se tomaron once muestras de suelo y cuatro de sedimentos activos hasta una distancia de 150 m al norte y 110 m al sur del apique. Los análisis espectrográficos semicuantitativos efectuados en los laboratorios de Denver del U. S. Geological Survey, mostraron concentración más alta de plomo (100 ppm) en una muestra de suelo tomada a 25 m al noroeste del apique. Otras, llegaron hasta 50 ppm; la mayor parte dieron menos de 30 ppm. En ninguna de las muestras se encontró zinc. Parece que todas las muestras son más bien de material coluvial y no de suelo residual.

Quebrada Cedrillal, - (Planchita 151 - II - D, C - 15, SE), Municipio de Coromoro, Santander. En la quebrada Cedrillal, 1.2 km al noreste de la hacienda Miraflores, se encuentra caliza dolomitizada de la Formación Rosa Blanca con galena, esfalerita, calcopirita y venitas de siderita. Aflora como una pendiente estructural por una distancia de unos 90 metros en el fondo de la Quebrada Cedrillal. La roca meteorizada es de color marrón anaranjado, probablemente debido al contenido de siderita. En los límites superior e inferior del afloramiento, la roca mineralizada parece acuñarse como un lente entre una caliza fosilífera y lutita calcárea por arriba, la caliza fosilífera por debajo.

En la exploración y evaluación de este prospecto se perforaron 5 hoyos en la quebrada con equipo portátil. La profundidad de los hoyos varió entre 2,3 a 4,3 m y atravesaron de 2.1 a 3.2 m de roca mineralizada antes de alcanzar la caliza

fosilífera estéril infrayacente.

Después, se usó un equipo más pesado y se perforaron 4 hoyos los cuales están referenciados al primer hoyo en la quebrada, con los siguientes resultados: en el primero, a 40 m S 88 E se perforaron 25 m en total, se encontraron 2 m de roca mineralizada a 8.7 m.

En el segundo, a 60 m S 87 W se perforaron 31,1 m en total y se encontró el mayor espesor de mineralización entre 9.3 y 2.0 m. con dos intervalos estériles de 0.6 y 0.8 localizados aproximadamente en la parte central de la roca mineralizada.

En el tercero a 140 m S 82 W se perforaron 38.1 m y se encontró roca mineralizada entre 12.8 y 16.8 m.

En el cuarto, 115 m S 63 W se perforaron 30.5 m en total en la misma sección estratigráfica sin encontrar mineralización.

La información obtenida indica un cuerpo mineralizado alargado que se extiende 200-250 m de este a oeste y hasta 60 m de ancho de norte a sur, con un espesor máximo de unos 10 metros. Los estratos al sureste y sur, con ángulos de  $5^{\circ}$  a  $25^{\circ}$ . Hacia el oeste el cuerpo termina contra una falla de dirección este-noreste. Se halló una mineralización semejante en un área más pequeña adyacente a esta falla, pero sobre el lado opuesto y unos 100 m al oeste del cuerpo principal lo que sugiere, que las dos áreas mineralizadas son partes de un cuerpo desplazado por movimientos laterales de la falla. Un hoyo perforado a 16.8 m de la falla en el área occidental encontró solamente 0.6 m de roca mineralizada a una profundidad de 3.2 m en una secuencia estratigráfica semejante a la del área oriental. En una dirección de N  $10^{\circ}$  W de esta localización una segunda perforación a 18 m de distancia y 4.6 m de profundidad total y más alta en la sección, encontró roca mineralizada desde la superficie hasta una profundidad de 4.3 m. Esta área mineralizada, donde los estratos buzcan  $35^{\circ}$  hacia el norte, puede extenderse unos 100 m de este a oeste a lo largo de la falla y un ancho de 40-50 m de norte a sur.

La mayor concentración de galena, esfalerita y calcopirita se halló en el centro del cuerpo principal. Los análisis químicos dan un promedio de 1.32% Pb, 0.57% Zn y 0.04% Cu. Las reservas calculadas con estos tenores son del orden de las 100.000 toneladas.

Aunque en apariencia es pequeño y poco profundo puede ser explotado por el método de cielo abierto, lo cual sería un factor favorable al considerar su desarrollo.

Informes anteriores de Botero R. (1945 b) y Singewald (1950) aparentemente se refieren a este yacimiento. Botero R. (1945 a) menciona un intento de desarrollar este depósito en 1942 y éste es probablemente el origen del socavón inclinado, ahora derrumbado que se encuentra al este de la Quebrada Cedrillal.

Mina Machacuta, - (Planchita 136 - IV - C, J - 3, SW). Municipio de Soatá, Boyacá. Esta mina abandonada, actualmente y cubierta por deslizamientos, está 2 kilómetros al suroeste de Tipacoque, sobre el lado occidental de la Quebrada La Calera, en la Formación Capacho y al oeste de una falla con rumbo noreste a lo largo de dicha Quebrada. El mineral de esta mina abasteció un pequeño horno de fundición de plomo de Tipacoque en 1951 instalado por el IFI.

Mina Alcohol, - (Planchita 152 - II - A, B - 4 NE). Municipio de Soatá, Boyacá. Esta mina abandonada está a unos 2.5 kilómetros al oeste de La Playa. Un socavón fué excavado por unos 80 m a lo largo de una zona de falla mineralizada en la Formación Aguardiente. Otro, unos 25 m encima del primero, pero no a lo largo de la falla, se extiende unos 8 metros hacia dentro y luego por 30-40 metros a lo largo de la estratificación que buza 20° SW. Se informó que esta mina, proporcionó mineral para el horno de fundición de Tipacoque.

## HIERRO

No se explotó mineral alguno de hierro en el área de este informe y ninguno de los prospectos descritos aquí tiene interés económico.

Palencia, (Planchita 121 I - B, A - 1, N). Parte Central, Municipio de Silos, Norte de Santander. Unos 12 kilómetros al sureste de Berlín sobre la carretera a Baraya; la ocurrencia está 700 m al oeste de la carretera en la ladera oriental de la Cuchilla de Palencia. Vetas lenticulares delgadas de magnetita y hematita y pequeñas cantidades de cuarzo rellenan fracturas verticales que tienen rumbo este en un techopendiente de rocas metasedimentarias

en cuarzo monzonita del Batolito de Santa Bárbara. Un lente de magnetita de 90 centímetros de espesor está expuesto en un apique por una longitud de 2.5 metros y otro, no bien determinado se halla en el fondo del apique. En el área de la mineralización, aproximadamente de 200 x 75 m, hay quizás otras 20 ocurrencias como relleno de fracturas que en promedio tienen 1 centímetro de espesor. Una poligonal con magnetómetro (de mano) a través de un pequeño lente dió una curva típica para un cuerpo tabular vertical. Cantos de magnetita están distribuidos a trechos sobre las laderas más bajas. Una estimación preliminar indica que pueden existir unas 15.000 toneladas de magnetita en el área mineralizada.

Quebrada Pajaritos. (Planchita 121 I - B, A - 12, S parte central). Municipio de Silos, Norte de Santander. De Santa Elena, sobre la carretera al sur de Silos, puede llegarse al yacimiento por el camino a El Hatico y de aquí a la escuela de Patacón cercana al depósito, que está sobre la ladera sur de la Quebrada Pajaritos. Hematita especular y calcita ocurren en bandas lenticulares que rellenan fracturas en caliza cristalina gris oscuro a pálido altamente fracturada de la Formación Bocas (?). La recristalización es similar a la textura. La mejor exposición de la mineralización de hematita está en un afloramiento de forma tabular de unos 22 m de largo y 0.9 m de espesor. El contenido de hematita probablemente no excede del 10% del volumen del afloramiento. Hacia el oeste termina en una falla de rumbo sur. Otros afloramientos menores con siderita ocurren en el lado opuesto de la falla, a lo largo de una distancia de más de 400 m al sur del afloramiento principal.

Samaria. - (Planchita 121 - II-A, F-8, NW). Municipio de Chitagá, Norte de Santander. De Samaria, sobre la carretera 7 kilómetros al sur de Chitagá, el depósito está unos 800 m al este en el lado norte de la Quebrada Churumbelero. Numerosos cuerpos lenticulares, de hematita hasta de 30 centímetros de espesor ocurren en diques pegmatíticos que intruyen el neis de Bucaramanga. Los lentes comprenden de 10 a 20% de la roca, en volumen. El rumbo y buzamiento promedios de los lentes son N 54° E y 67° SE. La longitud de los lentes individuales no fué determinada, pero la mineralización puede seguirse por unos 200 m a lo largo del rumbo. La mejor exposición de la hematita está en un apique parcialmente derrumbado.

Quebrada Aguacolorado. - (Planchita 136 I-D, F-11, NW). Municipio de San José de Miranda, Santander. Esta mineralización

está 5 kilómetros al suroeste de San José de Miranda en la Quebrada Aguacolorado cerca a su nacimiento, sobre la ladera sureste del Alto El Laurel. En un afloramiento de la Formación Girón, de unos 3 x 5 m, ocurre hematita especular en tres filones que alcanzan hasta 15 centímetros de espesor y también como material cementante del conglomerado.

Quebrada El Bambacho, - (Planchita 137 III -D, G-I NW). Municipiodel SanMateo, Boyacá. DesdeVijagual, sobre la carretera de San Mateo a Guacamayas, la ocurrencia es accesible desde el sendero que va al noroeste a Chapetón. Un estrato de hematita arenosa oolítica de cerca de 1 metro de espesor está en areniscas y arcillolitas de la Formación Barco (rumbo N-S, buzamiento 15°E). La oolita es similar a la hematita oolítica silícea del área de Paz del Río, unos 60 kilómetros al suroeste en donde se explotan los estratos no silíceos superiores para la planta de acero de Belencito. Sin embargo, los estratos de Paz del Río están en la Formación Concentración.

## 'MINERALES NO METALICOS

La mayor parte de las necesidades locales de materiales no metálicos para construcción son satisfechas de fuentes locales y algunas materias primas, se llevan a otras áreas. Además de los materiales de construcción, más ampliamente usados, tales como arcilla para ladrillo, teja, arena y gravas; la caliza, es el recurso de más uso. Recientemente se descubrió un depósito de yeso que abastece no sólo las necesidades locales sino también que permitirá satisfacer las del resto del país. Arena silíceas es enviada a otros lugares para la fabricación de vidrio. Pequeñas cantidades de carbón, asfaltita y mármol se explotan y utilizan localmente. Pequeñas cantidades de barita y fluorita se envían a plantas procesadoras en otras ciudades.

El mayor recurso mineral no desarrollado, es la roca fosfórica hallada y estudiada durante el curso de los trabajos e investigaciones que cubren este estudio. Un informe separado describe este recurso (Cathcart y Zambrano, 1967) pero aquí solo se presenta un resumen.

Algunos de los campos que producen petróleo y gas natural de la cuenca del Medio Magdalena, están dentro del área del informe; pero estos recursos no fueron incluidos en las investigaciones que sirven de base a este informe.

La localización de los depósitos y afloramientos de los minerales no metálicos y rocas de interés económico, se muestra en la figura 2.

### YESO

La roca yesífera que se explota actualmente en Mesa de Los Santos es transportada a las plantas de cemento de Bucaramanga y San Gil y despachada por ferrocarril desde Bucaramanga a otras plantas tan distantes como la de Cali. La roca es de color gris a gris oscuro posiblemente debido a material arcilloso y carbonoso, pero aún no se ha determinado si esto hace el yeso inadecuado

para usos distintos a la fabricación de cemento.

Yeso en la Formación Rosa Blanca, Mesa de los Santos.

(Resumen del informe de J.A. Cruz B. y R. Vargas H. Inventario Minero Nacional, agosto 1968. Las figuras 12 - 16 y los Cuadros 3 - 5 corresponden a este informe).

El área estudiada está en el Municipio de Los Santos, Santander, a lo largo de la escarpa suroeste de la Mesa de Los Santos, en la vecindad de la confluencia de los ríos Suárez y Chicamocha, que forman el Rfo Sogamoso (figura 2, 120 IV - C y 135 II - A, y figura 12).

De Los Santos, salen carreteables que conducen a los frentes de explotación El Guayacán (18,3 Km), El Diviso (12 Km) y El Toro (9 Km).

Las primeras investigaciones de campo fueron hechas por R. Perea con el fin de determinar la extensión del depósito de yeso más allá de los trabajos de las tres minas. En las quebradas Aguagorda, Dañina, Chivatera, Los Santos y Volantín, al norte de Guayacán, no se encontró yeso masivo similar al de las canteras mencionadas (figura 12). Una trinchera en la colina Púlpito, entre las quebradas Chivatera y Los Santos, mostró un estrato de yeso masivo de 50 centímetros de espesor.

Kilómetro y medio al sureste de El Toro, una trinchera en una pequeña quebrada mostró un estrato de yeso masivo de 90 centímetros de espesor en la parte inferior de la sección yesífera. La parte superior está cubierta por material coluvial. Más al oriente, en las quebradas Pozo Negro y Tablazo y en el Caño de Castilla, no se halló yeso en la sección basal de la Formación Rosa Blanca.

En investigaciones posteriores, R. Vargas midió un total de 14 secciones en el intervalo yesífero, incluyendo 11 en los sitios de las tres minas y secciones parciales en Cerro Morrogrande (figura 12, sección 14), Quebrada Aguagorda (Sección 13) y sobre el lado occidental del Rfo Sogamoso, entre el Rfo Suárez y la Quebrada Las Vegas (sección 15). La figura 13 muestra una sección típica en cada una de las minas. La columna de la sección No. 8 de la

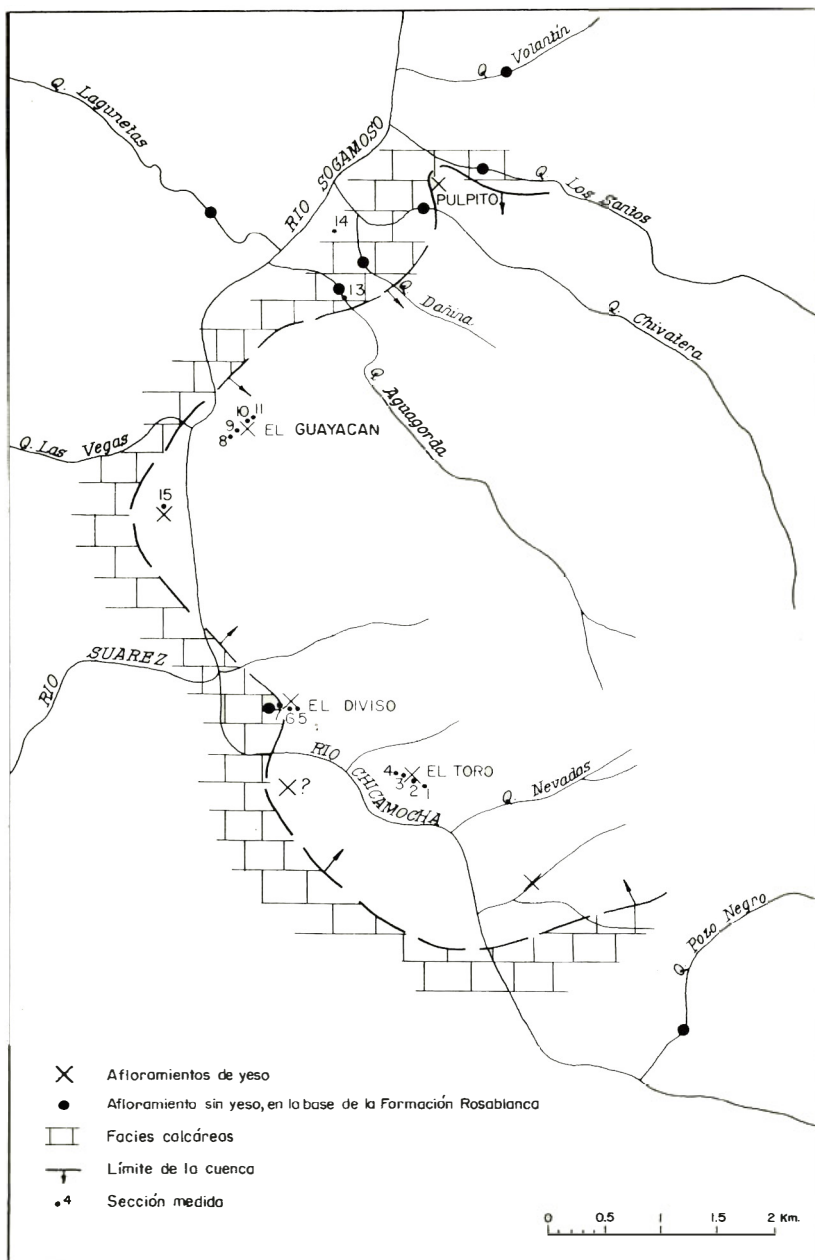


Figura 12 - Croquis de la parte oeste de la Mesa de los Santos donde afloran capas de yeso macizo en la base de la Formación Rosablanca



mina Guayacán se extiende hacia abajo hasta la parte superior de la formación Tambor.

Los estratos de yeso no pueden seguirse continuamente entre los sitios de las canteras a causa de la cubierta coluvial. Al sur de El Diviso y al oriente de El Toro, los estratos de yeso afloran en escarpes inaccesibles; pero como éstos tienen superficies meteorizadas diferentes en apariencia a la de los otros estratos, fue posible trazarlos visualmente desde lejos.

Basados en el estudio de I de Julivert (1963) sobre la formación Rosa Blanca se intentó seguir las capas yesíferas sobre el lado occidental del Río Sogamoso, en la quebrada Lagunetas.

El lado suroccidental del cañón del Río Chicamocha es demasiado escarpado para trazar la sección yesífera, pero en base a la meteorización de los estratos que se observan del lado norte del río, se cree que la sección yesífera esté presente allí.

Geología. - El depósito de yeso está en una sección de sedimentos marinos del Cretáceo Inferior y Medio. Areniscas de la Formación Tambor, de unos 150 m de espesor y seguidos por 300 m de calizas de la Formación Rosa Blanca, constituyen las rocas de la pared del cañón desde el nivel del río. Esta cambia bruscamente a pendientes suaves en la Formación Paja, de unos 300 m de espesor que corona la mesa en esta área con excepción de algunos remanentes de la Formación Tablazo en los puntos más altos. El buzamiento regional es suave de  $4^{\circ}$  -  $12^{\circ}$  hacia el oeste. Los rasgos estructurales principales son una pocas fallas normales de desplazamiento pequeño. La más importante de éstas tiene rumbo hacia el noreste y forma el límite norte de los afloramientos de yeso en El Guayacán y está asociada con un fuerte fracturamiento. El lado norte de la falla está hundido unos 150 m en El Guayacán. La sección yesífera de la Formación Rosa Blanca tiene un espesor promedio de 12 m y su base, está aproximadamente 20 m encima del contacto Tambor-Rosa Blanca (figura 13, sección 8). Los estratos lenticulares y masivos de yeso varían entre 16 centímetros y 2,10 m de espesor y están intercalados con shale calcáreo gris (algunos de los cuales contienen yeso), shale arenosa gris y calizas grises azulosas y calizas dolomíticas de grano fino. Encima de la sección está una serie de estratos de caliza dura gris azulosa, con nódulos de chert cerca de la base (figura 13, sección 6). Estos estratos afloran como un banco prominente a lo largo de ambos lados del cañón.



Las incrustaciones, los rellenos de fractura y los estratos delgados, son numerosos en la sección y están presentes también, en una menor cantidad en las partes más altas de la Formación Rosa Blanca, en la Formación Paja y en los estratos superiores de la Formación Tambor.

Correlaciones de las secciones. - La figura 14 muestra una correlación de los estratos de yeso en las secciones medidas y descritas en las tres canteras, El Toro, El Diviso, El Guayacán y sobre el lado oeste del Río Sogamoso, tomando como base una arcillolita limonítica rosada de 5 - 10 centímetros persistente en el tope de la sección yesífera como horizonte guía. La figura ilustra la naturaleza lenticular de los estratos de yeso, que pasan lateralmente a shale calcáreo con o sin yeso. En El Toro, la sección yesífera se adelgaza rápidamente desde la sección 1 a la 4, en una distancia de 262 m. La sección 5 de El Diviso está correlacionada con la sección 4; pero los estratos individuales son más delgados. Desde la sección 5 a la 7 en El Diviso, en una distancia de 123 m, los estratos masivos de yeso desaparecen y solamente se presentan estratos laminares de yeso en shale calcáreo.

En el Guayacán el primer estrato masivo de yeso está 20.4 m encima del contacto Tambor - Rosa Blanca (figura 13, sección 8) y los nueve estratos de yeso de la sección yesífera de 11,30 m varían desde 16 centímetros a 1.97 m de espesor.

Dos estratos de yeso afloran sobre el lado occidental del Río Sogamoso (figura 14, sección 15). Estos están correlacionados con los estratos inferiores de la sección de El Guayacán. Encima de éstos, la sección está en su mayor parte cubierta y es posible, que algunos de los estratos superiores más altos estén también presentes.

La figura 15 muestra una correlación entre la sección 9 de El Guayacán y la sección 2 de El Toro, en una distancia de 3.800 m. El espesor de la sección yesífera y la distribución y espesores de los estratos individuales, son muy semejantes.

Además de la ausencia de estratos masivos de yeso en la sección 7, otros rasgos sedimentarios de El Diviso sugieren que el límite de la cuenca está cerca. Estos fenómenos incluyen la presencia de canales de erosión y marmitas en el yeso, que han sido rellenos con material arcilloso, guijos de yeso y shale y capas

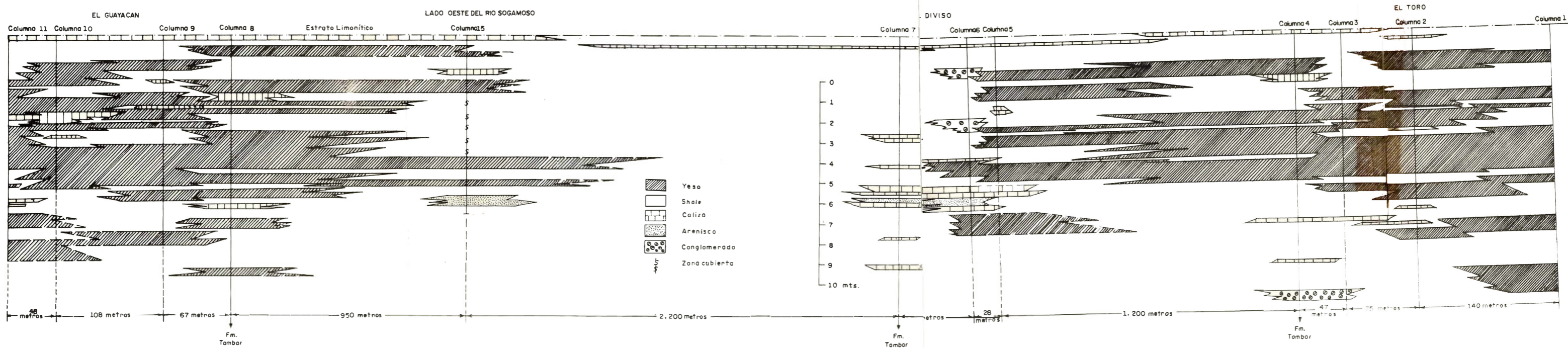


Fig.14 - Correlación de columnas estratigráficas del intervalo yesífero medidas en El Guayacán, El D<sub>50</sub>, El Toro y en el lado occidental del Río Sogamoso. La ubicación de las columnas se indica en la figura 16.

EL GUAYACAN

EL TORO

Sección 9

Capa Limonítica

Sección 2

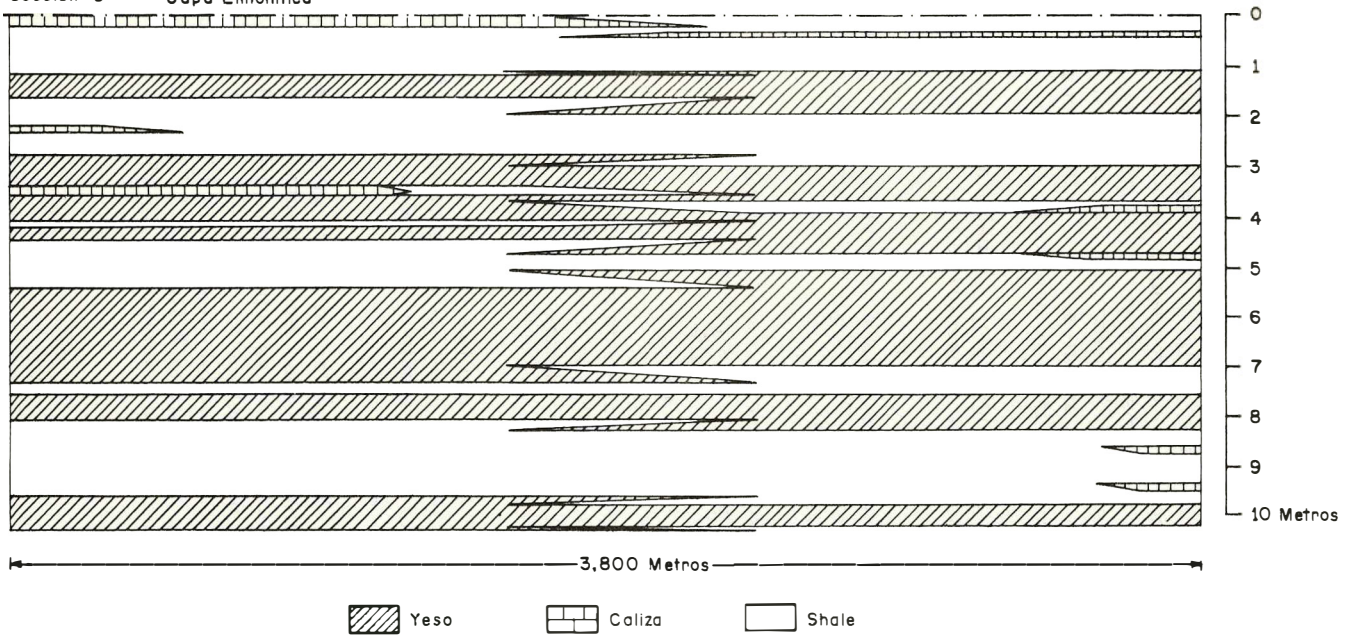


Figura 15 Correlación de secciones estratigráficas entre la mina El Guayacán y la mina El Toro.

de clásticos gruesos (figura 13, sección 6). Con base en esta información y la ausencia de yeso en la parte basal de la Formación Rosa Blanca en otros sitios a lo largo del lado occidental de la mesa, es posible determinar, aproximadamente, el límite occidental de la cuenca en la cual se depositó el yeso (figura 12). Esta cuenca tiene su parte más profunda debajo de la Mesa de Los Santos al Oriente de las canteras actuales. Perforaciones posteriores comprobaron la extensión hacia el oriente de la cuenca.

Características del yeso y análisis químicos. - Tres variedades de yeso están presentes en el área de Mesa de Los Santos:

- 1 - Selenita asociada principalmente con shale de la Formación Paja, que fué estudiada por Jimeno y Yepes (1963).
2. - Yeso fibroso o espato satinado, que ocurre como cuerpos tabulares paralelos a la estratificación, como rellenos de fisura y como incrustaciones en las superficies expuestas.
3. - Estratos masivos de roca de yeso gris, de grano grueso interestratificado con shale, calizas y calizas dolomíticas. Estos estratos constituyen el depósito principal y son el objeto de este estudio.

El Cuadro 3 presenta los resultados de los análisis de 59 muestras efectuados por el entonces Laboratorio Químico Nacional. Las muestras de las tres secciones medidas en la figura 13, están incluidas en este Cuadro.

Con fines de comparación de las propiedades del depósito de Mesa de Los Santos con los requerimientos comerciales, es útil la siguiente información: el yeso puro contiene 20.9% de agua de cristalización, 46.6% de  $\text{SO}_3$  y 32.5% de  $\text{CaO}$ . La pureza mínima para que el material sea llamado yeso es de 70.0% de  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (American Society for Testing Materials). La mayoría del yeso comercial se produce con una pureza del 85-95%.

Cuadro 3- Análisis químicos de muestras de yeso de la Formación Rosa Blanca en la Mesa de Los Santos

(Laboratorio Químico Nacional, Bogotá)

N° de muestra (INMINERO)	Humedad 45°C	Pérdidas entre 45-230°C	Pérdidas entre 230-900°C	Residuos insolubles en HCl	Porcentaje de Fe O	Porcentaje de Al O	Porcentaje de Ca O	Porcentaje de Mg O	Porcentaje de SO <sub>3</sub>	Porcentaje de Ca SO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O
13.919	0.13	11.12	13.16	1.39	0.13	0.22	38.28	1.39	33.95	72.99
13.920	0.61	4.27	4.47	65.00	1.62	3.68	9.20	1.95	8.81	18.94
13.921	0.10	18.12	4.31	3.69	0.14	0.06	31.85	1.34	40.29	86.62
13.922	0.11	17.00	4.03	4.16	0.27	0.23	31.72	0.84	41.32	88.83
13.923	0.08	18.52	2.28	2.77	0.13	0.02	32.22	0.37	43.38	93.27
13.924	0.05	18.37	2.07	2.95	0.14	0.16	32.77	0.14	43.16	92.79
13.925	0.50	3.00	10.24	54.45	0.16	2.29	15.81	3.04	10.20	21.93
13.926	0.15	12.63	10.51	1.22	0.14	0.06	36.31	1.06	37.82	81.31
13.927	0.16	9.51	18.61	5.10	0.30	0.25	38.28	1.97	25.68	55.21
13.928	0.20	16.48	3.35	11.83	0.43	0.52	28.44	0.86	37.62	80.88
13.929	0.06	14.96	10.01	1.71	0.10	0.20	36.88	0.14	35.74	76.84
13.930	0.09	15.84	5.44	5.00	0.23	0.37	32.58	1.05	39.29	84.47
13.931	0.15	6.05	26.33	7.41	0.37	2.63	34.51	7.23	15.17	32.61
13.932	0.11	12.22	14.22	7.59	0.39	0.41	31.40	4.50	28.97	62.28
13.933	0.13	13.91	10.60	6.32	0.50	0.45	30.63	4.20	33.09	71.14
13.934	0.08	17.27	6.22	2.15	0.07	0.28	31.70	2.51	39.60	85.14
13.935	0.03	17.85	4.42	1.63	0.06	0.29	33.01	0.99	41.55	89.33
13.936	0.06	13.50	12.89	3.81	0.11	0.29	31.35	6.02	31.76	68.28
13.937	0.05	13.10	11.82	4.67	0.13	1.32	34.27	2.32	32.23	69.29
13.938	0.06	13.58	10.73	4.86	0.13	1.47	33.54	3.07	32.49	69.85
13.939	0.06	13.17	11.72	4.93	0.36	0.94	33.38	2.92	32.39	69.64
13.940	0.11	17.15	3.66	2.17	0.11	0.49	32.81	0.29	43.12	92.71
13.941	0.02	16.55	3.59	5.19	0.23	0.67	31.85	1.14	41.66	89.57
13.942	0.02	13.86	4.64	3.27	0.23	0.72	34.37	0.64	42.11	90.53
13.943	0.02	13.51	11.11	1.81	0.19	0.46	36.46	1.48	34.89	75.01
13.944	0.03	16.25	8.16	1.76	0.21	0.24	33.81	2.63	36.71	78.92
13.945	0.02	17.00	4.89	1.94	0.19	0.41	33.31	1.22	40.82	87.76
13.946	0.02	14.62	9.94	3.55	0.33	0.72	33.54	2.34	34.80	74.82
13.947	0.02	16.23	6.35	2.24	0.09	0.46	32.81	1.93	39.70	85.35
13.948	0.02	16.09	4.22	1.88	0.19	0.31	33.18	1.43	42.61	91.61
13.949	0.02	17.39	3.35	2.62	0.19	0.46	32.81	0.75	42.29	90.92
13.950	0.13	7.14	24.54	9.70	0.54	1.76	29.90	9.42	16.68	35.86
13.951	0.02	16.66	6.02	1.48	0.19	0.31	33.54	1.17	40.55	87.18
13.952	0.02	7.08	21.13	10.65	0.49	0.66	33.91	5.12	20.75	44.61
13.953	0.09	14.44	5.65	7.01	0.33	0.62	31.35	2.27	38.07	81.85
13.954	0.02	15.82	5.17	9.71	0.54	0.36	30.63	1.39	36.22	77.87
13.955	0.02	16.00	7.35	1.88	0.20	0.35	31.61	3.80	38.66	83.12
14.198	0.02	16.34	9.19	1.66	0.13	0.47	32.69	2.23	37.16	79.89
14.199	0.03	18.50	3.09	3.47	0.13	0.67	31.73	0.71	41.27	88.73
14.200	0.04	15.17	10.25	3.53	0.11	0.69	35.52	0.44	33.95	72.99
14.201	0.03	19.35	3.20	1.83	0.07	0.43	32.07	0.25	42.49	91.35
14.202	0.03	18.46	4.87	1.90	0.10	0.70	32.31	0.60	40.93	88.00
14.203	0.07	18.31	3.97	3.50	0.07	1.03	31.59	0.09	41.15	88.47
14.204	0.04	15.38	11.08	2.01	0.10	0.50	36.18	0.06	34.46	74.09
14.205	0.02	11.38	17.71	7.07	0.34	1.16	31.15	5.77	25.06	53.88
14.206	0.02	16.95	7.46	2.85	0.14	0.36	31.59	2.68	37.73	81.12
14.207	0.03	18.31	3.89	2.86	0.10	0.90	32.52	0.05	41.15	88.47
14.208	0.01	15.31	11.67	2.27	0.05	1.00	32.51	2.05	34.55	74.28
14.209	0.02	19.38	2.13	3.56	0.06	1.09	30.62	0.31	42.77	91.96
14.210	0.05	18.94	3.96	1.30	0.05	0.65	32.16	0.21	42.36	91.07
14.211	0.06	18.40	3.96	3.43	0.10	1.00	31.52	0.74	40.68	87.46
14.212	0.02	17.70	4.67	6.23	0.10	1.15	29.44	0.55	40.06	86.12
14.213	0.02	18.83	2.87	3.93	0.06	1.04	30.72	0.00	41.99	90.28
14.214	0.03	18.66	4.41	2.68	0.04	1.06	30.47	0.30	42.05	90.41
14.215	0.01	18.30	4.52	2.80	0.06	0.74	31.59	0.69	41.02	88.19
14.216	0.03	14.20	14.22	4.66	0.08	1.42	30.75	2.80	31.68	68.11
14.217	0.02	17.75	6.85	1.84	0.22	0.63	29.66	2.38	40.19	86.41
14.218	0.05	14.84	8.98	7.82	0.21	3.61	26.97	4.09	33.19	71.36
14.219	0.01	20.43	0.90	0.20	0.00	0.30	32.21	0.11	45.76	98.38

### Cálculo de Reservas.

Las reservas han sido agrupadas en tres categorías, probadas, probables y posibles, con base en la información geológica disponible.

Reservas Probadas. - Estas reservas fueron calculadas con base a las secciones estratigráficas medidas en los afloramientos, su longitud y los resultados de los análisis químicos de las muestras recolectadas. La figura 16 muestra las reservas probadas en 11 bloques cuyas dimensiones individuales fueron determinadas así:

Espeor. - El de la sección yesífera medida en el afloramiento.

Longitud. - Desde el extremo del afloramiento yesífero al punto medio entre las secciones adyacentes medidas o entre estos puntos medios. Hay cuatro bloques en el Toro, cuatro en el Guayacán, dos en El Diviso y uno, en el lado occidental del Río Sogamoso.

Ancho. - Igual a un tercio de la longitud total del afloramiento en cada bloque.

Con el volumen del bloque y el porcentaje de roca yesífera en la sección media, se calcula el volumen y el tonelaje de la roca yesífera. Con el tenor promedio, basado en los análisis químicos de las muestras, se calcula el tonelaje de mineral de yeso puro para cada bloque, como se indica en el Cuadro 4. Las reservas probadas totales calculadas son 1' 637.371 toneladas distribuidas así: 880.073 en El Toro, 367.239 en El Guayacán, 17.555 en El Diviso y 364.504 en el lado occidental del Río Sogamoso, en las cercanías de la sección 15.

Reservas Probables. - Considerando el origen sedimentario, la naturaleza del depósito y la correlación entre las secciones medidas, las reservas probables fueron calculadas para los dos bloques indicados en la figura 16 como B II i y B II i.



Cuadro 4 - Cálculos de reservas probadas de yeso en la Formación Rosa Blanca en la Mesa de Los Santos.

RESERVAS PROBADAS										
Bloque No	Espesor de la Sección m.	Longitud m	Profundidad m.	Volumen del Bloque m <sup>3</sup>	Mineral de Yeso		Volumen de mineral m <sup>3</sup>	Toneladas de mineral	Tenor Promedio Ca SO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	Toneladas de Yeso
					Espesor	%				
El Toro										
B-I	13,88	270,00	170,00	637,092	6,39	46,03	293,253	645,157	77,23	498,254
B-II	11,31	107,50	170,00	206,686	6,19	54,73	113,119	248,862	86,04	214,121
B-III	9,19	61,00	170,00	95,285	4,66	50,70	48,309	106,280	77,89	82,781
B-IV	8,64	73,50	170,00	107,950	4,34	50,23	54,224	119,293	77,89	92,917
Total 888,073 T.										
El Diviso										
B-V	4,90	54,00	38,50	10,187	2,83	57,75	5,883	12,943	77,42	10,020
B-VI	3,61	61,50	38,50	8,547	1,75	48,47	4,143	9,114	82,68	7,535
Total 17,555 T.										
El Guayacán										
B-VII	11,30	133,50	117,66	177,490	5,12	45,31	80,420	176,924	76,05	134,551
B-VIII	9,06	87,50	117,66	93,269	5,01	55,29	51,568	113,450	86,28	97,884
B-IX	6,25	78,00	117,66	57,359	4,11	65,76	37,719	82,982	89,60	74,352
B-X	9,03	54,00	117,66	57,371	5,42	60,02	34,434	75,755	79,11	60,452
Total 367,239 T.										
Lado oeste del Rio Sogamoso										
B-XI	1,36	900,00	300,00	367,200	0,86	63,23	232,180	510,796	71,36	364,504
Gran Total								2.101,556		1.637,371

El bloque B Ii incluye el área al oeste de una línea entre las secciones 2, en El Toro, y 9, en El Guayacán. El espesor de la sección yesífera, el porcentaje de yeso en la sección y el tenor, son valores promedios basados en las secciones medidas 3, 4, 5, 6, 8 y 9.

El bloque B Iii se extiende hacia el oriente desde la línea entre las secciones 2 y 9 por una distancia igual a un tercio de la distancia entre estas dos secciones. El límite sureste del bloque se trazó perpendicular al afloramiento de El Toro y el límite norte es la falla que limita a El Guayacán por el norte. El espesor de la sección yesífera, el porcentaje de yeso en la sección y el tenor, son valores promedios basados en las secciones medidas 1, 2, 3, 4, 8, 9, 10 y 11.

Con base en los datos anteriores, las reservas probables totales son de 49.691.273 toneladas así: 38.032.253 en el bloque B Ii y 11.659.020 en el bloque B Iii (Cuadro 5).

Reservas Posibles. - El límite occidental supuesto de la cuenca en la cual el yeso se acumuló (figura 12), sugiere un área aproximadamente circular con un radio de unos 3 Km. Suponiendo un espesor promedio 8.70 m para la sección yesífera con base en las secciones medidas, un contenido promedio de mineral de 53.42% y un tenor de 80.89% derivados de las secciones y de los análisis químicos, se calcularon como reservas posibles 182.532.552 toneladas además de las reservas probables y probadas (Cuadro 5). El total de reservas es de 223.848.210 toneladas.

Explotación. - La producción actual de yeso en los tres frentes de explotación es aproximadamente de 30.000 toneladas anuales. Los trabajos actuales no pueden continuarse económicamente a causa de la cantidad de sobrecarga estéril que tendría que ser removida, además ocurren continuos deslizamientos que ponen en peligro a los trabajadores y aumentan la cantidad de material estéril que es necesario remover.

Conclusiones. - En vista de que es un depósito de yeso de buena calidad y de grandes dimensiones, se recomienda un programa exploratorio a fin de aumentar la cantidad de reservas probadas por medio de perforaciones o de minería subterránea.

Cuadro 5.- Cálculos de reservas probables y posibles de yeso de la Formación Rosa Blanca en la Mesa de Los Santos.

RESERVAS PROBABLES

Bloque N <sup>o</sup> .	Espesor promedio de la capa de yeso.	Area del bloque m <sup>2</sup>	Volúmen del bloque m <sup>3</sup>	Porcentaje de yeso en la sección yesífera.	Volumen de yeso en el bloque m <sup>3</sup>	Toneladas de yeso en el bloque.	Porcentaje de yeso explotable.	Toneladas de mineral de yeso.
B II i	9.83	4.053.230	39.843.250	53.50	21.316.138	46.895.503	81.10	38.032.253
B I i	7.78	1.666.360	12.964.280	51.29	6.649.379	14.628.633	79.70	11.659.020
T O T A L E S						61 524.136		49.691.273

RESERVAS POSIBLES

Radio promedio de la Cuenca. m.	Espesor promedio de la sección yesífera. m.	Area de la cuenca m <sup>2</sup>	Volúmen de la cuenca m <sup>3</sup>	Porcentaje de roca de yeso en la sección yesífera.	Volúmen de roca de yeso en la cuenca hipotética m <sup>3</sup>	Toneladas de roca de yeso en la cuenca hipotética.	Tenor promedio Ca SO <sub>4</sub> 2H <sub>2</sub> O	Toneladas de yeso.
3.000	8.70	28.274.400	245.987.280	53.42	131.406.405	289.094.091	80.89	233.848.210
Total de reservas posibles = 233.848.210 - (Reservas probadas + probables) 233.848.210 - 51,328.644 = 182.519.566 Ton.								

Las perforaciones tendrán el problema de la escasez de agua en la región. La profundidad de perforación sería 225 a 250 m hasta la sección yesífera en el lugar más favorable (P en la figura 16). Este punto está solo a unos pocos metros de la carretera a El Diviso y daría información para comprobar y reinterpretar la correlación entre las secciones 2 y 9 (figura 15). En otros lugares accesibles para el equipo de perforación, la profundidad de la sección yesífera estaría entre 250 y 300 m. Hacia el lado oriental de la cuenca, la profundidad al yeso sería menor con relación a un plano de referencia, a causa del buzamiento regional pero puede ser mayor a causa de la topografía. Las rocas que se encontrarían en las perforaciones serían calizas masivas de la Formación Rosa Blanca y en las áreas más altas, también shale de la Formación Paja y aún remanentes de la Formación Tablazo.

La exploración por medio de túneles tendría mejores perspectivas económicas si pudiera hacerse con la colaboración de los propietarios y trabajadores de las actuales canteras. El yeso extraído de los túneles exploratorios compensaría los costos de exploración. Sin embargo, la exploración por este método requiere un tiempo mayor para probar las reservas.

#### Yeso en la Formación La Paja y de la Mesa de Los Santos.

Antes del hallazgo de yeso en la Formación Rosa Blanca de la Mesa de Los Santos, el yeso era obtenido por recolección de delgadas laminas de selenita intercaladas en el Shale de la Formación La Paja donde ésta, corona parte de la Mesa de Los Santos y otras áreas hacia el sur. En un estudio efectuado por Jimeno y Yepes (1963) fueron definidas 18 localidades yesíferas con un área superficial de 283 hectáreas en los 200 Km<sup>2</sup> donde aflora la formación La Paja.

Las reservas probadas calculadas fueron 1.703.000 toneladas. Estos autores afirmaron correctamente que el yeso de la Formación La Paja solamente sería marginal si se encontraba un yacimiento más fácilmente explotable.

La escasez de depósitos de yeso en Colombia y las necesidades de la industria del cemento por este material, hacen que el desarrollo ordenado y económico de este nuevo recurso sea de importancia en la economía del país.

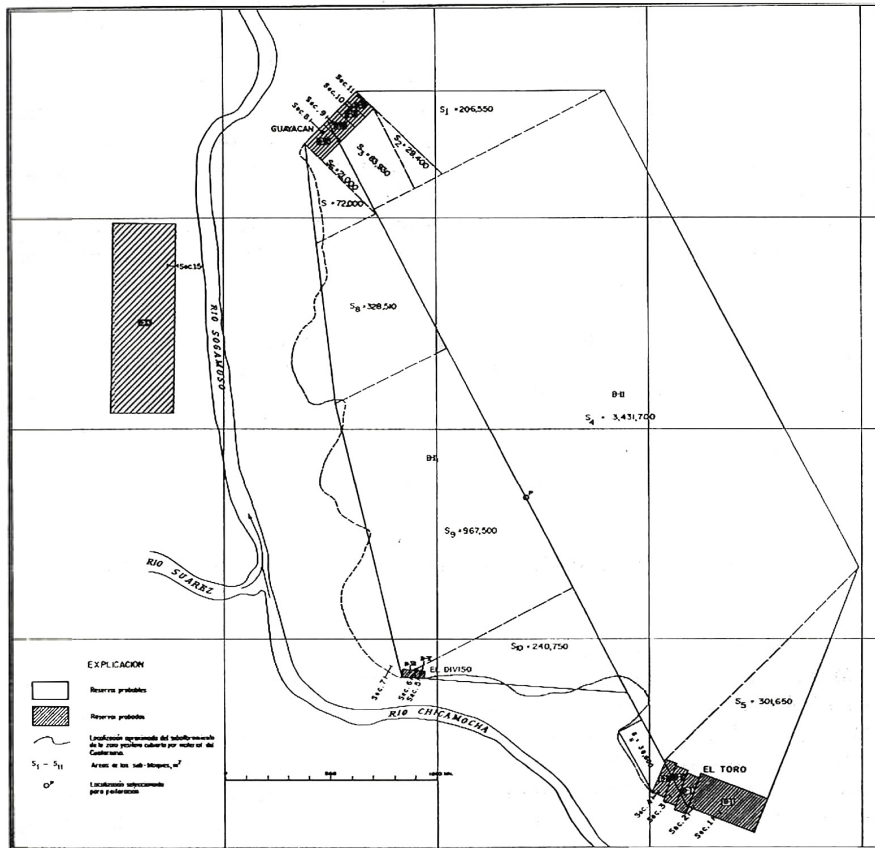


Fig.16- Croquis que muestra los bloques con los reservas probadas y probables de yeso en la Mesa de los Santos.

## CALIZA

En la figura 2 se muestran las áreas donde afloran calizas. Las formaciones del Cretáceo que contienen calizas son: en el oeste, las formaciones Rosa Blanca, La Paja, Tablazo y Simití y en el este Tibú, Mercedes y Capacho. La caliza es más abundante en las formaciones Rosa Blanca, Tablazo, Tibú y Mercedes. Las otras formaciones mencionadas pueden contener caliza apropiada para usos industriales en algunos lugares. Las áreas más extensas donde afloran las formaciones mencionadas en primer lugar están en una faja de las estribaciones occidentales de la Cordillera Oriental que se extiende desde San Vicente hacia el norte-noreste hasta Cuestarrica y en la parte sur de las áreas de mesa y mesetas al sur de Bucaramanga desde Zapatoca a Los Santos y San Gil. Las otras formaciones afloran en el área que se extiende desde Cachirí hasta Tona, desde El Portillo hasta Molagavita y un área irregular entre Málaga y Pangote.

También se encuentran calizas en algunos afloramientos de la Formación Diamante. Las áreas más grandes son una faja estrecha al norte de Bucaramanga y una faja más larga pero discontinua entre El Portillo y Mutiscua en el Cuadrángulo H-13.

A causa de los abundantes y grandes afloramientos de calizas en el área, no hay problemas de abastecimiento de este producto y por lo tanto, los esfuerzos investigativos se dirigieron hacia otros recursos necesarios y menos conocidos. Un estudio hecho por Martínez (1969) de los recursos de Calizas en Norte de Santander abarca el área de Mutiscua y Pamplona. En una Sección de la Formación Cogollo (Formación Capacho de este informe) que aflora a lo largo de la carretera Pamplona - Bucaramanga entre Armenia y el empalme con la carretera a Mutiscua, tomó muestras de calizas intercaladas en 80 m de shale gris oscuro. Los análisis de nueve muestras de los estratos de mayor espesor están indicados en el Cuadro 6.

Estratos de caliza del Uribante (probablemente la Formación Mercedes de este informe) se muestrearon a lo largo de la carretera al sur de Pamplona cerca del empalme con la carretera a Cácuta. En una sección de 38 m que contiene en su mayor parte areniscas grises claras, tres estratos de caliza se analizaron dando los resultados que se indican en el Cuadro 6.

CUADRO 6.— Resumen de los análisis químicos de la caliza cretácica en los municipios de Mutiscua y Cácuta, Departamento de Norte de Santander.  
Datos de Martínez, 1964

(Laboratorio Químico Nacional Bogotá)

Zona Nº	Espesor m	Muestra Nº	Pérdidas 105-1000°C %	Residuo Insoluble %	Oxidos de Al, Fe, P %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	CaCO <sub>3</sub> %	MgCO <sub>3</sub> %
------------	--------------	------------	-----------------------------	---------------------------	--------------------------------	------------------------------------	------------------------	------------------------

Formación Capacho, IIO III-B, A -14 NW, Municipio de Mutiscua

1	?	LM-152/C	39.02	10.62	0.85	< 0.66	86.57	1.70
2	1.00	LM-152/F	38.82	9.56	1.70	1.13	88.04	0.92
3	1.50	LM-152/G	37.52	12.84	1.60	< 0.06	84.16	0.13
4	3.00	LM-152/H,I	40.75	6.06	1.25	< 0.06	91.09	1.21
5	1.00	LM-152/J	40.83	5.26	1.55	< 0.06	91.98	0.54
6	1.20	LM-152/L	41.51	4.44	1.30	< 0.06	92.23	0.42
7	1.45	LM-152/N	41.25	4.45	1.55	< 0.06	92.23	0.42
8	0.80	LM-152/R	35.50	14.42	4.45	1.47	80.55	0.00
9	1.00	LM-152/S	33.79	14.45	7.10	1.41	76.48	3.08

Formación Mercedes, IIO IV-A, E-12 SW, Municipio de Cácuta

1	3.00	LM-162/A,B,C	42.20	1.13	0.80	0.6	96.48	1.25
2	0.75	LM-162/F	30.95	27.30	2.30	0.6	69.14	1.02
3	1.10	LM-162/G	34.90	16.50	3.90	0.6	79.28	0.00

Los estratos de caliza de las formaciones Diamante, Rosa Blanca y Tibú, son generalmente más puros, uniformes y de mayor espesor que los de las formaciones Tablazo y Mercedes que tienden a ser arenosos y limolíticos. Chert y dolomita se presentan en algunos estratos de la Formación Diamante y según I de Julivert (1963, p 29) dolomita en la parte basal de la Formación Rosa Blanca en la Quebrada Lagunetas, cerca del depósito de yeso de Mesa de Los Santos.

La fábrica de cemento Bucaramanga explota caliza de la Formación Diamante en estratos verticales, sobre el lado occidental de la Falla de Bucaramanga. La fábrica de cemento de San Gil usa caliza de la Formación Rosa Blanca. En el área de Curití se explotan grandes bloques de caliza en estratos casi horizontales, para ser cortados en láminas y pulidos para usarlos como piedra de revestimiento, en interiores de edificios.

Caliza triturada se emplea como agregado en la construcción de carreteras con superficie asfáltica y procede, en su mayor parte, de las formaciones del Cretáceo. Su empleo más generalizado lo constituye la fabricación de cal viva en hornos pequeños y sencillos. Una pequeña parte se tritura y muele cerca a Suratá y Mutiscua para uso agrícola.

## MARMOL

Mármol ocurre en varios lugares del Cuadrángulo H-13, rocas metasedimentarias del Macizo de Santander (figura 2). En la Formación Silgará, se encuentra al noroeste de Berlín sobre la carretera a Vetás; al este de Berlín, a lo largo del Río Mataperros cerca de su confluencia con la Quebrada Pescadero y en una faja angosta al oeste y al noroeste de Mutiscua. En la Formación Floresta, se encuentra mármol al sureste de Berlín sobre la carretera a Chitagá y en una faja angosta y discontinua de dirección norte desde Mutiscua hasta el límite norte de H-13. Las calizas de la Formación Diamante en el macizo han sido alteradas en algunas partes por metamorfismo y son conocidas como mármol en el área de Mutiscua.

El mármol tiene uso limitado para pisos, " granito artificial " y en molienda para cal agrícola. Las fracturas, la sílice



y el contenido de hierro, lo hacen inapropiado para pulirlo como piedra decorativa.

Tres de los depósitos de mármol fueron estudiados y se resumen a continuación.

Area de Mutiscua. - Al oeste y noroeste de Mutiscua, estratos de mármol en esquistos moscovítico - granatíferos y en cuarcitas de la Formación Silgará, afloran en las quebradas tributarias del Río La Plata. Aunque el material coluvial impide seguir los afloramientos entre las quebradas, la forma de estos afloramientos indica una faja angosta de 300 m de espesor con rumbo norte y una longitud de unos 4 Km. En la Quebrada El Chorrerón, cerca del extremo sur de la faja una sección de 276 m de la Formación Silgará contiene 67 m de mármol en estratos y series de estratos hasta de 19 m de espesor. El mármol es generalmente blanco y gris claro a oscuro, con variaciones a gris verdoso y rosado. Muchos tienen un aspecto bandeado o foliado. La textura es cristalina, media a fina en la parte inferior de la sección y media a gruesa cerca al tope. Piriya y moscovita están presentes en algunos de los estratos inferiores. En el cuadro 7, se resumen los resultados de los análisis químicos de las muestras de esta sección y de otras secciones en las quebradas Valegra y Lorenzo. En las series más gruesas, donde fueron analizadas más de tres muestras, se da el intervalo de valores para cada análisis y la media correspondiente va entre paréntesis. A causa de las variaciones de los valores en algunas de las series, la media es más significativa que el promedio.

En Quebrada Valegra, 2.5 Km al norte de la Quebrada Chorrerón, una sección de 110 m de la Formación Silgará contiene siete estratos y series de estratos de mármol con un total de 34 m. La serie de mayor espesor tiene 16 m. El mármol, en su mayor parte, de textura cristalina media, está generalmente bandeado o foliado. Los colores son gris claro, rosado y blanco.

En la Quebrada Lorenzo, 750 m al noroeste de los afloramientos de Quebrada Valegra, una serie de 16 m de espesor de estratos de mármol gris y rosado con cristales medios a gruesos, aflora 45 m a lo largo de la quebrada. Los mármoles en la parte inferior de esta serie son masivos y los de la parte superior foliados.

Las muestras varían ampliamente en su composición química. La serie No. 1 de la Quebrada Chorrerón y la No. 5 de la Quebrada Valegra tienen un contenido alto de  $\text{CaCO}_3$  y bajo de residuos insolubles,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  y  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Muestras de la parte inferior de la sección de la Quebrada Lorenzo y de parte de las series Nos. 4, 5 y 6 de la Quebrada Chorrerón tienen cantidades muy altas de  $\text{MgCO}_3$  y corresponden a estratos dolomíticos.

Mármol (o más correctamente caliza recristalizada) de la Formación Diamante ocurre al norte de Mutiscua en una faja de 1 Km de ancho y más de 6 Km de largo. Está en contacto con la falla de Mutiscua en el oeste y sobrepuesta por filitas delgadas, debajo de la arenisca basal de la Sección del Cretáceo, al oriente. Sobre la ladera occidental de la loma La Pileta, el mármol macizo aflora casi continuamente desde el nivel del río La Plata hasta una altura de unos 370 m. La roca es de color gris oscuro muy uniforme y de textura cristalina fina a media. Suponiendo que la altitud de los estratos es aproximadamente la misma que la de las filitas suprayacentes y de las rocas del Cretáceo, se midió y muestreó una sección desde el nivel del río, subiendo la ladera, hasta las filitas. Debido a la ausencia de intercalaciones, la sección se dividió en zonas con el fin de agrupar los resultados de los análisis químicos que se indican en el Cuadro 8. Estos análisis confirman el aspecto físico muy uniforme de la roca en el afloramiento. El contenido de carbonato es uniformemente alto; el residuo insoluble,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  y  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , uniformemente bajo. Las zonas dolomíticas 2, 5 y 14 se destacan claramente. El único empleo que se hace de estas rocas, en la actualidad, es para cal agrícola.

Area de Silos. Un kilómetro al sureste de Silos, mármol de la Formación Floresta suprayace la Formación Silgará en un área de cerca de  $1 \text{ Km}^2$  en el extremo sur de la Cuchilla de Concaceras (figura 2,110 III-D). El mármol es gris claro a blanco y amarillento, rara vez rosado, de textura cristalina fina a media y bandeado a foliado en algunos estratos. Ocurre con esquistos moscovítico - granatíferos. Las fracturas están recementadas con calcita o rellenadas con material limonítico.

Los análisis de muestras de mármol recolectadas de una sección de 428 m de mármol y esquistos, están resumidos en el Cuadro 9. Los afloramientos no son suficientemente buenos para establecer los límites entre los intervalos de mármol y esquistos, y por esta razón la sección se dividió en zonas. Los análisis

Cuadro B- Resumen de los análisis químicos de las muestras de mármol de la Formación Diamante en la ladera occidental de la Loma La Pileta por encima del Río La Plata, IIO I-D, G-12 N, Municipio de Mutiscua, Norte de Santander (Laboratorio Química Nacional)

Nº de la zona o del estrato	Espesor m.	Muestra Nº IMN	Rango de valores y (valor promedio I)					
			Pérdidas 105-1000°C %	Residuo insoluble %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	CaCO <sub>3</sub> %	MgCO <sub>3</sub> %
1	26.0	14123	41.72	3.96	0.30	0.50	94.80	0
		14122	41.18	4.54	0.28	0.21	98.59	0
		14121	41.54	3.91	0.32	0.33	95.73	0
2	30.0	14120	36.07	18.04	0.36	0.48	72.78	8.11
		14119	40.23	12.64	0.32	0.37	58.21	28.21
		14118	42.49	8.03	0.28	0.54	59.66	31.18
3	42.0	14117-	40.96-42.33	1.83-4.22	0.14-0.39	0.06-1.82	93.12-97.14	0
		14114	(42.01)	(2.82)	(0.29)	(0.37)	(96.20)	(0)
4	26.0	14113-	38.47-41.67	2.31-8.58	0.06-0.14	0.03-2.63	87.50-95.00	0
		14109	(39.81)	(5.91)	(0.13)	(1.44)	(90.44)	(0)
5	14.0	14108	46.05	0.98	0.07	0.38	56.25	40.49
		14107	44.00	3.53	0.11	0.49	63.39	31.12
6	24.0	14106-	40.80-43.71	2.46-4.69	0.16-0.32	0.35-2.03	86.84-96.52	0-7.57
		14102	(42.36)	(3.41)	(0.20)	(0.56)	(93.92)	(0)
7	28.0	14101-	40.21-42.32	2.80-7.50	0.03-0.89	0.25-1.01	90.60-95.46	0
		14096	(41.74)	(4.08)	(0.29)	(0.87)	(93.87)	(0)
8	24.0	14095-	40.04-42.50	2.86-10.10	0.75-1.87	0.02-2.18	80.52-88.52	2.09-6.32
		14091	(41.47)	(5.28)	(0.96)	(1.05)	(85.62)	(5.38)
9	28.0	14090-	40.44-43.73	2.38-9.70	0.14-0.91	0.38-2.83	81.78-93.21	0-7.28
		14084	(42.46)	(4.03)	(0.64)	(1.31)	(85.71)	(5.79)
10	24.0	14083-	40.90-43.59	1.51-7.82	0.32-0.54	0.87-1.76	85.89-90.89	0-6.32
		14079	(43.34)	(2.30)	(0.45)	(0.91)	(88.21)	(4.75)
11	30.0	14078-	41.59-44.16	1.89-4.92	0.29-1.63	0.02-1.33	83.75-94.46	1.59-8.43
		14074	(42.56)	(2.42)	(0.45)	(1.19)	(90.18)	(4.58)
12	30.0	14073-	41.12-43.53	0.60-8.26	0.31-1.07	0.11-0.84	86.25-96.41	0.73-5.23
		14067	(43.05)	(2.45)	(0.60)	(0.42)	(91.82)	(1.88)
13	36.0	14066-	41.63-43.71	0.57-3.19	0.16-0.67	0.34-1.54	93.84-97.16	0.063
		14062	(42.45)	(2.56)	(0.20)	(1.23)	(96.13)	(0)
14	6.0	14061	44.57	3.23	0.28	0.97	61.54	33.67
15	4.0	14060	42.27	3.62	0.20	0	95.89	0

% SO<sub>3</sub> 0-0.61, prom. 0.06; % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0-1.35, prom. 0.18

40.96-42.33 Rango de valores  
(282) Valores promedio para zonas con más de tres muestras

CUADRO 9.- Análisis químicos de las muestras de mármol de la Formación Floresta, pendiente Suroccidental de la Cuchilla de Concaceras, 110 III-D, C-11 E, C-12 SW, Municipio de Silos.

( Laboratorio Químico Nacional Bogotá )

Zona N <sup>o</sup>	Espesor m	Muestra N <sup>o</sup> INMINERO	Rango de valores y (valores medios <sup>1</sup> )					
			Pérdidas 105-1000°C %	Residuo insoluble %	F <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	CaCO <sub>3</sub> %	MgCO <sub>3</sub> %
1	40.0	14126- 14131	11.00-35.29 (19.03)	17.80-67.51 (48.34)	0.93-3.65 (2.61)	0.73-6.57 (3.56)	22.59-71.43 (42.09)	0-7.44 (3.00)
2	41.0	14132- 14138	25.04-38.21 (34.06)	12.20-39.34 (21.00)	0.18-1.94 (0.64)	0.02-1.70 (0.42)	56.12-86.36 (76.47)	0-0.81 (0)
3	75.0	14139- 14145	30.07-41.35 (36.42)	4.50-30.73 (16.66)	0.10-0.51 (0.28)	0.05-0.80 (0.18)	68.07-93.61 (82.50)	0-5.48 (0)
4	42.0	14146- 14153	29.94-40.15 (36.59)	8.83-31.49 (15.81)	0.07-0.73 (0.20)	0.13-1.55 (0.56)	66.37-88.07 (81.30)	0.88-3.39 (1.30)
5	41.0	14154 14155 14156	38.82 33.52 40.23	11.89 22.50 8.39	0.12 0.35 0.16	0.41 0.99 0.46	82.96 75.21 87.54	4.06 0.44 3.18
6	59.0	14157- 14161	13.66-19.84 (14.64)	54.03-68.47 (65.21)	0.13-1.14 (0.61)	0-0.32 (0.01)	29.64-44.28 (33.03)	0-0.12 (0)
7	?	14162	34.65	16.88	3.75	0	76.96	0.63
8	41.0	14163 14164 14165	40.88 38.43 28.99	6.68 10.99 30.85	1.07 1.57 3.31	0 0 0	91.07 85.19 64.82	0 0.42 0.10
9	9.0	14166	8.96	77.71	1.14	0	20.54	0

% SO<sub>3</sub> 0-0.97, prom. 0.08; % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0-0.73, prom. 0.06

<sup>1</sup> Para zonas con más de tres muestras.

muestran una variación amplia en el contenido de  $\text{CaCO}_3$  y el residuo insoluble es grande y variable.

Area del Rfo Mataperros. El mármol de esta localidad, situada a 5 Km al este de Berlín, está en la Formación Silgará. Diez estratos de mármol que varían de 0,75 a 5,25 m de espesor están intercalados con cuarcitas y esquistos moscovíticos en una sección de 67 m que está cerca del contacto de la Formación Silgará con cuarzo monzonita y un silo de esta roca está presente en la sección. Buza hacia el oeste con un ángulo de  $50^\circ$ . El mármol es gris, gris verdoso y rosado. Los análisis químicos de 15 muestras se resumen en el Cuadro 7.

Otras Localidades. Seis kilómetros al noroeste de Berlín aflora mármol de la Formación Silgará en un área de  $0.5 \text{ Km}^2$  (110 - III-A, I-II). Está en contacto con granodiorita en el oeste e intruída por aplita. El mármol es gris azulado claro, de textura cristalina gruesa y de estratificación delgada en la parte inferior de la sección, cambiando a estratos gruesos, masivos, cerca del tope. Se encuentran muchas fallas pequeñas. Se han extraído algunas cantidades en afloramientos cercanos a la carretera que atraviesa el área pero no hay una explotación permanente. No se tomaron muestras en esta localidad.

Trece kilómetros al sureste de Berlín, ocurre mármol en dos zonas lenticulares de rumbo noreste en la Formación Floresta, las cuales afloran a lo largo de la carretera a Baraya (121 I-B, D-4, E-4). El mármol es blanco y gris claro a gris verdoso, de textura cristalina media y silícea. Se ha extraído una poca cantidad del afloramiento a lo largo de la carretera, pero no hay explotación permanente. No se tomaron muestras en esta localidad.

## DOLOMITA

Además de los estratos dolomíticos de la Formación Diamante en área de Mutiscua (Cuadro 8, zonas 2, 5 y 14), se halló dolomita en la Formación Diamante al norte de El Portillo, donde existe una explotación de barita (121 I-B, J-7 NW). La dolomita, en la cual ocurren lentes de barita, tiene una textura cristalina muy fina cuando está meteorizada toma un color gris marrón claro, a lo largo de fracturas pequeñas que se entrecruzan y que han sido

CUADRO 10. - Análisis químicos de las muestras de dolomita de la Formación Diomonte en El Portillo, 121 I-B, J-7 N W, Municipio de Silos, Departamento de Norte de Santander.  
( Laboratorio Químico Nacional Bogotá )

No. muestra INMINERO	Pérdidas 10-1000°C %	Residuo Insoluble %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Ca CO <sub>3</sub> %	Mg CO <sub>3</sub> %
13846	44,30	3,82	1,72	0,73	55,09	38,38
13847	45,80	1,84	0,97	0,21	57,75	39,00
14393	45,29	2,75	1,21	0,09	57,23	38,54
14394	45,63	1,88	0,81	0,14	60,68	36,28
14395	43,50	6,43	1,63	0,32	51,25	40,15
14396	45,42	2,87	1,01	0,14	55,71	40,07
14397	45,62	1,15	1,21	0,29	62,05	35,11
14398	47,00	0,36	0,81	0,04	53,93	44,59
14399	45,99	1,05	1,63	0,22	55,00	41,76

- Notas: a) Los ensayos para fósforo y azufre fueron negativos.  
b) Dentro de las pérdidas por calcinación se encuentra incluido el anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>) de los carbonatos que contienen las muestras analizadas.

recementadas. En el Cuadro 10 están incluidos los resultados de los análisis químicos de dos muestras (13846 y 13847).

En un reconocimiento posterior, se halló una zona dolomítica más alta en la sección calcárea y cerca de 250 m al noreste del área con barita. Esta zona puede continuarse por unos 200 m (rumbo N 50° W, buzamiento 68° NE), con un espesor de 9.5 m. Las muestras 14396, 14397 y 14398 del Cuadro 10 provienen de la parte inferior, media y superior de esta zona, respectivamente. Las otras muestras (14393, 14395 y 14399) fueron recolectadas en otras partes a lo largo de la zona.

La dolomita y la caliza dolomítica ocurren en los 50 m. inferiores de la Formación Rosa Blanca en la parte suroccidental del área de la Mesa de Los Santos. Una sección de la formación, medida en la Quebrada Lagunetas, sobre el lado occidental del Río Sogamoso por I. de Julivert (1963, figura 2), muestra estratos de dolomita, dolomita calcárea y caliza dolomítica, intercalados con calizas y shale. El estrato más grueso de dolomita tiene 70 cm y está cerca del tope de la zona. Ningún análisis químico se ha hecho de los estratos dolomíticos de esta área.

## ROCA FOSFORICA

Aunque depósitos de fosfato fueron buscados en Colombia desde 1942 y los estudios desde ese tiempo muestran que las rocas del Cretáceo Superior de la parte occidental de la Cordillera Oriental parecen ser las más promisorias para hallar depósitos económicos, ninguna investigación de este recurso había sido hecha en el área de este informe hasta el presente proyecto. En su exploración de reconocimiento de roca fosfórica en Colombia en 1966, Cathcart y Zambrano (1967) visitaron casi todos los afloramientos de la Formación La Luna a lo largo de las carreteras y carretables de la Zona III y recolectaron muestras de los estratos fosfáticos para análisis químicos. De sus estudios dedujeron que existía la posibilidad de que los estratos fosfáticos encontrados sobre una gran área podían ser de interés económico y por lo tanto debía establecerse un programa separado para su estudio. En este informe solo se incluye un breve resumen.

Hasta ahora, no se ha hecho ningún intento por desarrollar

los recursos fosfáticos del área más allá de algunos pequeños e inconclusos experimentos de moler la roca y aplicarla directamente al suelo como fertilizante. La Universidad Industrial de Santander organizó un simposio con el título "Utilización de la Roca Fosfórica" en Noviembre de 1967 para familiarizar a la comunidad agrícola local con la presencia de la roca fosfórica en la región y estimularla a experimentar con la roca molida como fertilizante. El desarrollo de su empleo en la fabricación de fertilizantes del tipo de superfosfato, será lento a causa de los problemas técnicos e incertidumbres que deben afrontarse y vencerse al establecer una nueva industria.

#### Miembro Galemo de la Formación La Luna

Los estratos de roca fosfórica del Miembro Galemo son más extensos que los de otras formaciones y localmente tienen más de 2 metros de espesor. Las rocas fosfóricas contienen abundantes gránulos pequeños ovalados a cilíndricos, vértebras de pescado y otros, fragmentos de huesos asociados en una matriz calcárea, dura, gris oscura. En la Quebrada La Sorda (109 III-D, F-11, NE y F-12, NW), la zona fosfórica principal está cerca de la base del miembro y tiene 7 m de espesor. Contiene seis estratos fosfáticos que varían de espesor desde 6 cm. a 1,5 m. Estos estratos están interestratificados con shales calcáreas, ligeramente fosfáticas a no fosfáticas, calizas y chert. Una muestra de canal a través del estrato más grueso dió un contenido promedio de 24.74% de  $P_2O_5$ . 8 muestras del tope a la base del estrato, dieron el siguiente contenido de  $P_2O_5$ : 19.11; 27.22; 27.53; 28.04; 26.69; 22.54; 22.85; y 23.97%.

En la Quebrada El Pórtigo (al norte del área de este informe en 87 III-B, H-2 NW) la zona fosfática principal tiene unos 2.34 m de espesor. Del tope a la base, análisis de muestras de canal de los tres principales estratos fosfáticos de 0.45; 1.70 y 0.50 m dieron 19.08; 19.23 y 10.27% de  $P_2O_5$ , respectivamente

Aunque pueden hallarse estratos fosfáticos delgados casi en todas partes de los afloramientos del Galemo, los de mayor espesor y con mejor potencial económico encontrados hasta ahora ocurren a lo largo de la franja entre San Vicente y Vanegas, en el cuadrángulo H-12 y al norte del área de este informe, en Norte de



Santander, desde Lourdes al norte de Sardinata y al noreste de Sardinata. Un programa de exploración se está adelantando actualmente en estas áreas, empezando con cartografía detallada y trincheras. Se espera que este programa dé una información útil con respecto a reservas y facilidad de desarrollo. En mayo de 1969, se inició un programa de perforación con broca de diamante en la Quebrada La Sorda para obtener núcleos de los estratos fosfáticos debajo de la zona meteorizada, a fin de determinar el contenido calcáreo y fosfático de la roca fresca. El carbonato de calcio es parcialmente removido de los afloramientos por la meteorización y, por lo tanto, son indispensables muestras frescas para determinar si puede producirse superfosfato, sin usar cantidades excesivas de ácido.

#### Formación Capacho

Estratos fosfáticos ocurren en la Formación Capacho (Cogollo ?) en la parte oriental del área de este informe. Al sureste de San Andrés, se hallaron estratos fosfáticos delgados, unos 65 m encima de la base de la formación y estratos más gruesos a 135 y 185 m encima de la base (121 III-D, G-3, SW). En el nivel de los 135 m estratos de 0.60 y 1.20 m, separados por 20 cm. de calizas, contienen abundantes gránulos fosfáticos, fragmentos de huesos y de conchas y granos de cuarzo. El análisis de una muestra de cada estrato dió un contenido de  $P_2O_5$  de 9.8% en el estrato inferior y 7.5% en el superior. En el nivel de 185 m una muestra de un estrato de 2.5 m dió 25.4% de  $P_2O_5$ . Ninguna de estas son de canal y por lo tanto, no indican el contenido promedio de fosfato. Los estratos a los 135 m encima de la base de la formación han sido seguidos por unos 3 km pero el estrato más alto solo se conoce en un lugar.

Estratos fosfáticos han sido observados en el corte a lo largo de la nueva carretera al oeste de Pamplona (110 I-D, B-15 SE), donde areniscas fosilíferas parcialmente calcáreas y fosfáticas con abundantes fragmentos de huesos de conchas, ocurren unos pocos metros encima del tope de la Formación Aguardiente. Otros estratos contienen gránulos fosfáticos. La zona de estratos fosfáticos tiene unos 13 m de espesor. Aunque no se ha hecho análisis, el contenido fosfático parece ser variable y de concentración relativamente baja.

C U A D R O   S I N O P T I C O  
F O S F A T O S

Localidad	Espesor metros	Tenor en $P_2O_5$	Reservas posibles en mill.ton	Observaciones
Santander				
1- Azufrada - Conchal - Vanegas	0.70-210	15 - 27	25	La roca cuando fresca es calcárea y cuando meteorizada por pérdida de carbonato de calcio, aumenta el tenor de $P_2O_5$ . Se localiza en la base del Miembro Galembó, Formación La Luna.
2- San Vicente - La Azufrada.	0.50-1.70	15 - 28	15	Presenta las mismas características de la anterior.
Norte de Santander				
3- Sardinata - Lourdes - Gramalote	0.75-2.10	10-27	30	Presenta las mismas características mineralógicas de las rocas fosfóricas del Dpto. de Santander. La capa principal se localiza en la base de la Fm. La Luna.
4- Noreste de Sardinata	0.50 - 2.0	18 - 31	34	El depósito se divide en dos partes: 1º donde la roca fosfórica aflora y se presenta bastante meteorizada con posibilidades de una explotación a tajo abierto con 14 mill.ton. y 2º donde la roca se entierra por debajo de sedimentos del Cretáceo Superior es bastante calcárea con una reserva de 20 mill.ton. Se localiza estratigráficamente cerca al tope de la Fm. La Luna.
5- Orú - Las Mercedes	1 - 5	8 - 16	5	Roca fosfórica calcárea y glauconítica localizada estratigráficamente en la base de la Formación Colón.

Todavía no se ha hecho una investigación completa de fosfatos en la Formación Capacho. Los estratos fosfáticos no están asociados con chert o shale silíceos como es el caso de la Formación Galembó y su valor económico se considera menor.

#### Base de la Formación Umir

Encima del Miembro Galembó de la Formación La Luna, los estratos basales arenosos a conglomeráticos de la Formación Umir en el oeste y de la Formación Colón en el este, contienen cantidades variables de gránulos y nódulos fosfáticos, como también granos de glauconita. Estos estratos están encima del contacto disconforme con la Formación Galembó y se cree que el material fosfático se deriva de los estratos erosionales del miembro Galembó. El contacto Galembó - Umir está expuesto en muy pocos lugares lo que ha impedido que esta zona fosfática sea bien determinada; aparentemente es variable en carácter y en contenido fosfático. El único lugar hallado hasta ahora donde tienen espesor suficiente y un contenido fosfático de posible valor económico es en el área de Palmira, al oeste de San Vicente (120 III-A, F-9).

En resumen de lo dicho en relación con fosfatos, se presenta a continuación un Cuadro Sinóptico de los trabajos que se han efectuado en la zona, distinguiendo las diversas localidades, los espesores máximo y mínimo de los estratos encontrados, los tenores o rangos químicos y un cálculo de reservas posibles, de acuerdo con el avance a que se ha llegado en los estudios geológicos hechos hasta la fecha.

#### CARBON

En investigaciones anteriores sobre reservas de carbón en el área se han descrito las principales ocurrencias y por lo tanto en este informe solo se hace un breve resumen de aquellas que tienen un mayor potencial económico.

Estos carbones ocurren en rocas del Cretáceo Superior, el Paleoceno y el Eoceno y varían desde subbituminosos a semiantracíticos dependiendo de la tectónica local. Los trabajos mineros que se llevan a cabo son en pequeña escala y producen

carbón solo para uso local, como combustible para hornos de ladrillo y cal. En la figura 2 se muestran las áreas con mantos de carbón que se explotan actualmente.

#### Formaciones Umir, Lisama y Esmeraldas

En el oeste, los estratos carboníferos más continuos y de mayor espesor están en la parte superior de la Formación Umir. Estratos más delgados ocurren en las formaciones Lisama y Esmeraldas. Al oeste de San Vicente (120 III - A, SW), los afloramientos carboníferos de los estratos superiores del Umir en el extremo sur del sinclinal de Nuevo Mundo, fueron estudiados por Paba Silva (1946, 1948). Trazó cinco estratos con espesores variables entre 0.60 a 2.30 m. Los análisis de estos carbones indican que son de grado bituminoso pero se han hecho pocos intentos por desarrollarlos. No se conoce su prolongación hacia el norte a lo largo de la franja de afloramiento de la Formación Umir.

Mantos de carbón, en la Formación Umir, unos 5 Km. al sur de Molagavita (136 I-D, E-6, E-7) se explotan. Los mantos son subverticales en un sinclinal angosto fallado. En el Rfo Negro, donde la sección carbonífera aflora 16 mantos cuyo espesor varía hasta 4 m y totalizan 12 m, están distribuidos en una sección de 150 m de shale y shale arenosa, con los mantos más gruesos y la mayor parte del carbón en los 50 m superiores (Wokittel, 1953, p. 9, figura 2). Los análisis de laboratorio indican un carbón de grado bituminoso y posiblemente coquizable (Paba Silva, 1946, p. 14).

#### Formaciones Mito Juan, Los Cuervos y Carbonera

En la parte oriental del área de este informe se explotan mantos de carbón en la Formación Los Cuervos. Mantos delgados de carbón, se conocen en la sección desde el Miembro Catatumbo de la Formación Mito Juan hacia arriba hasta la Formación Carbonera; pero, con excepción de Los Cuervos, los carbones son de poco espesor o de baja calidad para ser explotables económicamente.

La minería de carbón más activa en el área está al oriente de Pamplonita. Los mantos están en la parte inferior de la Formación Los Cuervos. La mina típica de esta área es la de Santa Isabel, con 16 mantos de carbón con espesores variables entre 10 cm. y 1,20 m en una sección de 75 m (Del Río, 1947). Solo se explotan tres mantos de 0,80, 1,00 y 1,20 m. (García Manjarrés 1962, p. 49). Los carbones de esta área son de grado bituminoso a subbituminoso.

Hacia el sur de Pamplona, a lo largo del borde oriental del área del informe, se explota carbón en varias localidades de la Formación Los Cuervos. Al sureste de Mutiscua, se explota carbón en el extremo norte del sinclinal de la Carbonera (110 IV-A, B-I). El área con mantos de carbón en la Formación Los Cuervos se extiende hacia el sur de Chitagá por unos 60 km. Los plegamientos cerrados en la parte occidental de esta franja han elevado el grado de los carbones, en el área del Páramo del Almorzadero (121 II-C, SW y 121 IV-A, NW), hasta semi-antracita (Hubach, 1953). El contenido de ceniza y azufre es bajo. Los mantos principales tienen 80 y 60 cm. de espesor y están separados 50 m. Los mantos están fuertemente inclinados hasta verticales. El manto más grueso ha sido explotado en forma más extensa que el otro, debido a que los respaldos no requieren entibado.

#### ASFALTITA

Cuerpos lenticulares de asphaltita ocurren en la Formación La Luna y algunos son bastante grandes para ser explotados por métodos subterráneos. El material extraído se usa como combustible, mezclado con otros materiales, en hornos para ladrillos y cal. Durante las investigaciones de roca fosfórica en la Formación La Luna no se encontraron depósitos asfálticos comparables con los que están siendo explotados.

En la Quebrada La Sorda (109 III-D, F-11, parte Central de E), se explotan unas 2 a 3 toneladas diarias de asphaltita. En esta misma área existen evidencias de explotación anterior de cuerpos diferentes a éste. El depósito ahora en explotación tiene un rumbo noreste y atraviesa estratos, de dirección norte-noreste, de la Formación La Luna. El cuerpo se explotó primero en el lado noreste de la quebrada, mediante un socavón de 50-60 m a lo largo

del rumbo y por excavaciones hacia arriba y hacia abajo hasta profundidades de 15-20 m. El ancho máximo del cuerpo en esta parte es de 8 m. La explotación fue luego abandonada en esta parte, probablemente a causa de problemas de agua y derrumbes y los trabajos fueron trasladados al lado suroeste de la quebrada. Esta parte se derrumbó también y los trabajos fueron reiniciados en el lado noreste, en terreno más alto. El olor del gas es muy fuerte en los túneles de la mina.

La asphaltita de La Sorda tiene una apariencia como de carbón y es muy quebradiza, pues se rompe fácilmente en pequeños fragmentos. Algunos análisis de muestras de esta área se indican en el siguiente Cuadro (Nos. 11446 y 11447).

#### Propiedades de las asphaltitas de la Formación La Luna

(Análisis efectuados por el Laboratorio Químico Nacional)

Muestra N° Inminero	Gravedad específica a 77° F.	Temperatura ablandamiento (°F)	Penetración a 77° F. de 150 gr en 5' Decimas de mm	Residuo insoluble en CS <sub>2</sub> %	Carbono fijo %
11446	1.127	436	0	0,9117	34.38
11447	1.177	442	1.0	0,8002	37.73
11448	1.084	256	0	4,5351	23.56
11449	1.131	465	1.0	0,7288	35.04

Las propiedades de una muestra de asphaltita del área de El Conchal (No. 11449) son semejantes a las de la Quebrada La Sorda, pero no se conocen más informes sobre el depósito.

La asphaltita de un depósito situado unos 65 km al noroeste de Bucaramanga (No. 11448) es brea endurecida y rompe con fractura concoide. Las propiedades son muy diferentes de las de las otras asphaltitas analizadas. Este depósito fue explotado por un corto tiempo después de haber sido expuesto por un deslizamiento,

pero luego fué cubierto por nuevos derrumbes.

### ARENA SILICEA

Arena cuarzosa blanca usada en la fabricación de vidrio, se obtiene de sedimentos del Cuaternario en el extremo noroeste del cuadrángulo H-12. En un estudio de las fotografías aéreas de esta área, se delineó una zona donde la arena está expuesta en una faja de 3 a 5 km de ancho y que se extiende hacia el oeste 9 km. desde Sabana de Torres a La Gómez, en el cuadrángulo H-11 (figura 17). El ferrocarril de Bucaramanga a Puerto Wilches pasa a lo largo de esta área y proporciona un transporte adecuado.

La arena, que está mezclada con guijarros de arenisca porosa y friable, forma una capa de 1 a 2 m de espesor que corona terrazas bajas del Cuaternario Superior. La mayor parte del material fue derivado de la erosión de areniscas de la Formación La Paz. Debajo de la arena y guijarros blancos hay más arena y guijarros de color café pálido que no son apropiados para la fabricación de vidrio a causa del mayor contenido de hierro. Los análisis químicos de dos muestras de la arena blanca de esta área dieron los siguientes resultados:

Análisis químicos de la arena silicea del área de Sabana de Torres.

(109 I-C, NW). Municipio de Puerto Wilches, Santander.

(Análisis efectuados por el Laboratorio Químico Nacional)

Muestra No. Inminero.	SiO <sub>2</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Observaciones
14349	97.24	0.93	0.75	Muestra secada a 105° C.
14350	97.24	1.46	0.03	" "

En los trabajos pequeños de recuperación, la arena es tamizada, secada y empacada para enviarla a Medellín y





Barranquilla para ser utilizada en la fabricación de vidrio.

### SILICE

Filonos de cuarzo casi puro afloran, en varias rocas encajantes, en un área que se extiende 4 a 5 km al oeste y sureste de Berlín, en el Municipio de Tona, Santander (figura 2, 110 III-C). El espesor de los filones oscila desde menos de 1 m hasta varias decenas de metros y unos 2 km de longitud. No fueron estudiados o muestreados, pero las impurezas parecen ser menores del 1%. Puede usarse en la industria como material refractario y en cerámica.

### BARITA

Pequeñas cantidades de barita se producen de filones y lentes en varios tipos de rocas, principalmente mediante apiques superficiales excavados dentro de los afloramientos. La mayoría de las localidades con barita discutidas aquí, están situadas en la Mesa de Los Santos y áreas adyacentes. El mineral obtenido se vende a compañías que lo emplean, en su mayor parte, en lodos de perforación.

Las investigaciones de reconocimiento de todos los depósitos discutidos a continuación fueron efectuados por R. Vargas, con excepción de la situada al sur de Las Juntas.

#### Mesa de Los Santos y Areas Adyacentes

En la figura 2 se indican ocho localidades con barita.

Las Juntas, parte sur. - (Planchita 135 II-A, A-7, NE). Municipio de Barichara, Santander. El depósito está 750 m al suroeste de la confluencia de los ríos Suárez y Chicamocha. Un informe de Wokittel, (1956), describe filones de barita con calcita, un poco de galena y manchas de malaquita en un área de más de un

cuarto de kilómetro cuadrado. Dos filones verticales con rumbos N 60°E y N 80°W., en la Formación Rosa Blanca, se adelgazan y ensanchan con espesores máximos de 2.5 m. Hay una concentración grande de minerales en la intersección de los dos filones. En esa época, la producción era de 8 a 13 toneladas diarias y la producción en 1955 fué de unas 2400 toneladas.

Las Juntas, parte norte. - (Planchita 120-IV-C, I-7, SE). Municipio de Zapatoca, Santander. Este depósito está 1 km al norte de la confluencia de los ríos Suárez y Chicamocha, sobre la margen oeste del Río Sogamoso. Unos 150 m arriba del río, un filón de barita blanca de 45 cm de ancho aflora por una distancia de 2 m en areniscas y shales de la Formación Tambor. El rumbo del filón es N80°W. y el buzamiento vertical. Otros filones de barita hasta de 5 cm de ancho se encuentran 150 m al sur.

Quebrada Montelargo. - (Planchita 120 IV-C, J-9, NW). Municipio de Los Santos, Santander. Este depósito está localizado sobre la carretera a la cantera de yeso de El Diviso. Excavaciones abandonadas alineadas de oriente a occidente y un socavón de 12 m demuestran la explotación de los filones de barita con calcita en los estratos calcáreos superiores de la Formación Rosa Blanca. Se encuentran calcopirita, manchas de malaquita y numerosas fracturas de rumbo este-oeste.

Noroeste de la Quebrada Chivatera - (Planchita 120 IV-C, F- 10, SW). Municipio de Los Santos, Santander. El depósito está unos 750 m al norte de la carretera a la cantera de yeso de El Guayacán. Un filón lenticular de barita blanca se extiende por 25 m con rumbo N 50°E y buzamiento 55° SE a través de las calizas de la Formación Rosa Blanca. El filón y la roca encajante están altamente fracturados y el ancho del filón cambia bruscamente, oscilando desde cero hasta un máximo de 1,90 m. Unos 10 m debajo del nivel del afloramiento se abrió un socavón con dirección N 80° W hacia el filón.

A lo largo del rumbo, hacia el noreste, el filón está expuesto a distancias de 50 -60 y 100 -106 m del afloramiento principal, con espesores de 38 y 50 cm, respectivamente.

Sureste de la Quebrada Chivatera. - (Planchita 120 IV-C, G-11 NW). Municipio de Los Santos, Santander. Este depósito está unos 20 m al norte de la carretera a la cantera de yeso de El Guayacán

y 1250 m al sureste del depósito antes descrito. Cinco trincheras de 10 - 20 m de largo con rumbo N 50° W, fueron excavadas a lo largo de filones de barita con calcita y algo de galena en la Formación Rosa Blanca.

Quebrada de La Cañada - (Planchita 120 IV-A, H-10, SE). Municipio de Zapatoca, Santander. El depósito está sobre el lado occidental del cañón del Río Sogamoso. Martínez (1962, p.12) observó dos filones de barita en la Formación Rosa Blanca unos 350 m por encima del nivel del río. A. Rojas, observó un filón de barita de 40 cm en la Formación Rosa Blanca que puede extenderse unos 10 m. Posteriormente Vargas, R. halló grandes bloques de arenisca en las formaciones Girón o Tambor con filones de barita hasta de 60 cm de espesor y otros bloques de arenisca cementada con barita. Estos bloques se encontraron en la parte inferior del cañón e indican que los filones de barita probablemente se extienden a través de una sección de rocas desde el Girón al Rosa Blanca.

Los Montes, - (Planchita 120 IV-B, I-3, NW). Municipio de Los Santos, Santander. El depósito está 750 m al oeste de Los Montes y unos 100 m abajo del camino a El Guaimarú. Un filón de 12 centímetros de barita blanca, casi vertical y con rumbo N 50° W ocurre en estratos casi horizontales de limolita marrón rojiza de la Formación Jordán. El filón puede seguirse por 3 m; a un metro de distancia se encuentra otro de cinco centímetros, paralelo al anterior y con una longitud de 1 m.

Quebrada Pomarroso, - (Planchita 120 IV-D, B-12, SE). Municipio de Los Santos, Santander. El depósito está sobre el lado norte de la Quebrada Pomarroso a una distancia de 2,5 m N 50° W de Pescadero. Una explotación a cielo abierto, abandonada, está ahora completamente cubierta por derrumbes. Según informes de personas de la localidad, un filón de 60 cm de barita blanca en el granito de Pescadero fue explotado hasta una profundidad de 4 m.

#### Otros depósitos de barita

Río de Oro, - (Planchita 120 II-A, I-12 SW). Municipio de Girón, Santander. Unos 2 km al sur de la Población de Girón, sobre la carretera a lo largo del lado oriental del Río Oro; se

encuentra un depósito, que se extiende al oriente del río por unos 400 m. Un socavón inclinado, ahora hundido y abandonado, fué abierto en areniscas conglomeráticas de la Formación Jordán para alcanzar un filón de barita con rumbo N 70° W y buzamiento de 40° SW. La naturaleza y espesor del filón no pudieron ser determinados. Unos 50 m hacia el sureste, afloran pequeños filones de barita en dos excavaciones de 2 y 8 m de longitud. Los de la excavación más grande, tienen rumbo N 70° E y buzamiento de 45° NW.

Loma La Ovejera. - (Planchita 109 IV-B, C-14 NW). Municipio de Charta, Santander. El depósito está a 2 km al norte de la carretera de La Playa a Charta y sobre la ladera oriental del extremo sur de la Loma La Ovejera. Un filón de barita con rumbo de N 60° E en cuarzo monzonita fue explotado mediante una trinchera de 30 m de largo y 2 m de profundidad.

El Portillo. - (Planchita 121 I-B, J-7 NW). Municipio de Silos, Norte de Santander. El depósito está unos 500 m al norte de El Portillo, el punto más alto sobre la carretera de Berlina Baraya. La barita se explota de filones y lentes irregulares en calizas y dolomitas de la Formación Diamante (rumbo norte-sur, buzamiento 51° E.). El lente más grueso aumenta de 3 m en la superficie a 6 m a una profundidad de 5 m. Otro filón 30 m más bajo en la sección puede seguirse por 150 m; con mucha variación en el espesor con un máximo de 80 cm.

Desde agosto de 1967, cuando la mina se inició, la barita se ha explotado de excavaciones en los afloramientos. No se ha determinado si los filones son suficientemente gruesos y continuos para ser explotados subterráneamente. La producción es de unas 10 toneladas mensuales.

## FLUORITA

Pequeñas cantidades de fluorita han sido producidas intermitentemente en dos localidades cercanas a Pescadero en los últimos años. Ambos trabajos comprenden pequeñas excavaciones superficiales y no se conoce la continuación. La fluorita de la mina de Tembladal se discutió en la sección sobre "Plomo".

El Mirto, - (Planchita 121 III - C, A-1 SE). Municipio de Umpalá, Santander. El depósito está unos 400 m al oriente de la carretera Bucaramanga-San Gil en el cañón del Río Mancoy unos 250 m arriba del nivel del río. La fluorita ocurre con cuarzo y cantidades menores de galena en un filón hasta de 1,5 m de espesor en el granito de Pescadero y ha sido trabajado, a lo largo del afloramiento por unos 15 m (rumbo N 25° - 30°W, buzamiento 70° NE). La producción de fluorita es de unas 12 toneladas mensuales. Las reservas se han estimado en 1.100 toneladas.

Lomas de Ventorrillo, - (Planchita 120 IV-D, D-14 NW), Municipio de Umpalá, Santander. El depósito está 1 km al oeste-noroeste de Pescadero sobre la ladera sureste de las Lomas de Ventorrillo, encima del Río Chicamocha. Un filón de fluorita incolora a verde pálido con cuarzo en el granito de Pescadero, con espesor variable hasta 500 cm puede seguirse intermitentemente por unos 30 m a lo largo del rumbo de N 80°E y buzamiento 65° NW. Las fracturas en el granito, se orientan norte-sur con buzamiento de 75°W y N 80°W con buzamiento de 52°NE. Pequeños filones de fluorita y cuarzo ocurren en la roca encajante granítica y en bloques de pegmatita dispersos alrededor del área. Se estiman las reservas en 700 toneladas.

## ARCILLAS

El ladrillo ordinario y la teja de construcción del área de Bucaramanga se hacen utilizando arcillas arenosas de la terraza de Bucaramanga y de los estratos de las formaciones Girón y Jordán. Arcillas más finas se hallan en algunos de los estratos de la Formación Girón cerca de Lebrija, pero no son utilizadas. En la figura 2 no se indican los depósitos de arcilla.

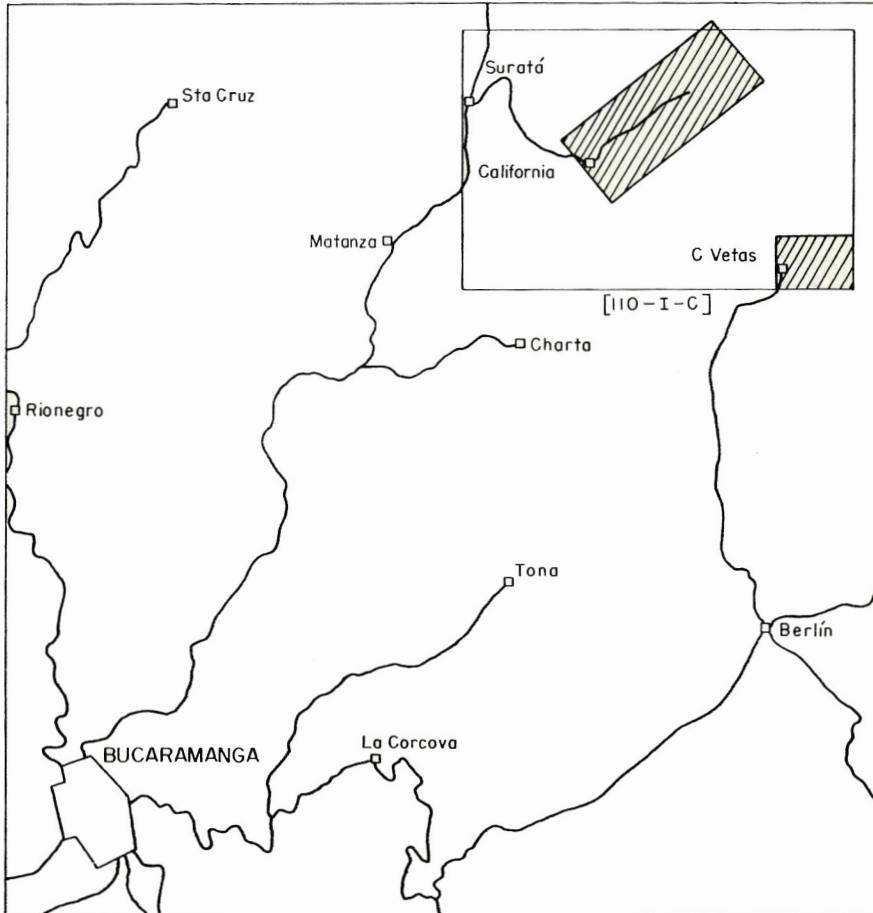
## ARENA Y GRAVAS

En el área de Bucaramanga, donde la necesidad es mayor, faltan los depósitos de arena y grava bien calibrados porque la ciudad está muy cerca del frente montañoso. Hacia el oeste, donde los ríos principales fluyen fuera del piedemonte en el valle del Magdalena, hay grandes áreas de material aluvial donde abundan la

arena y la grava bien clasificadas; pero a causa de la distancia y la falta de transporte no se usan como material de construcción. La arena y la grava se explotan en los lechos de las corrientes alrededor de la base de la terraza de Bucaramanga.

## **APENDICE A**

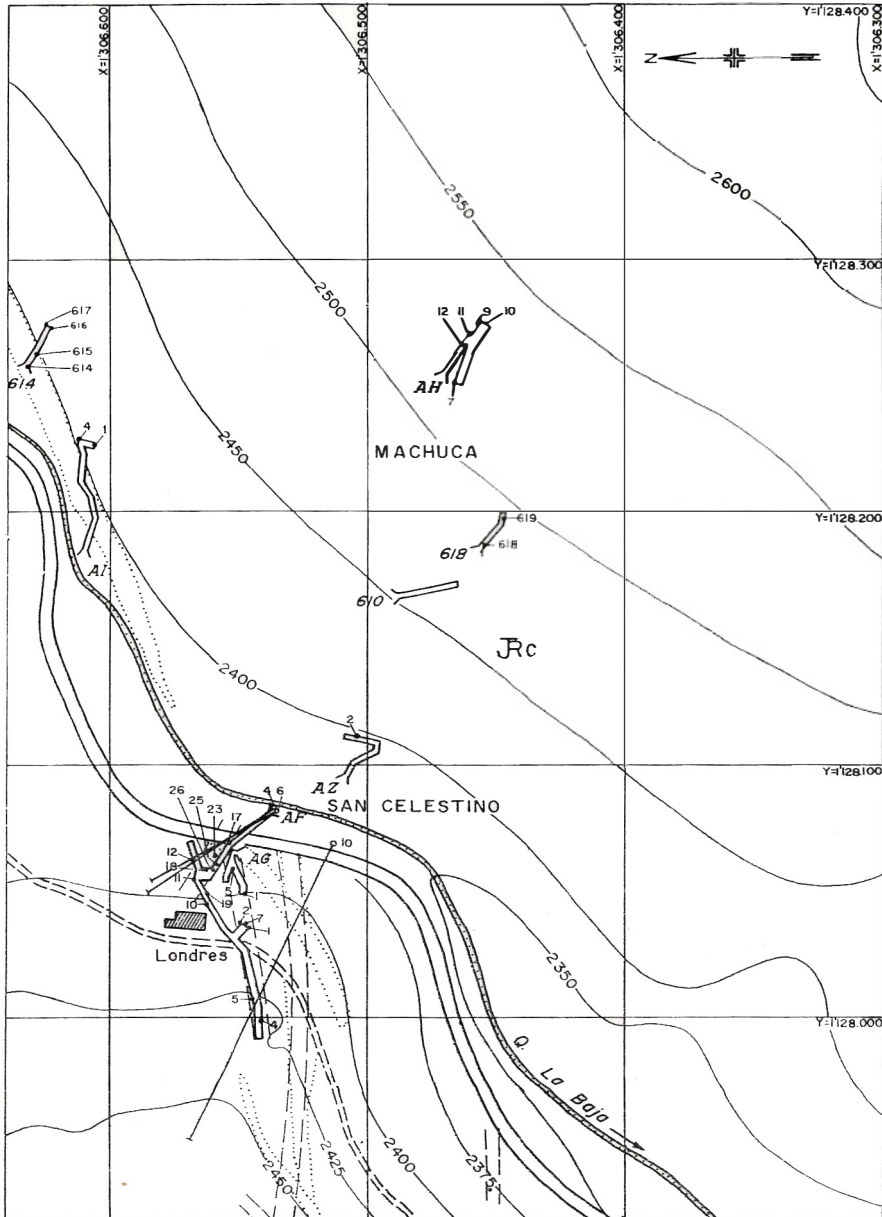
**Localización de cateos y resultados de los análisis**



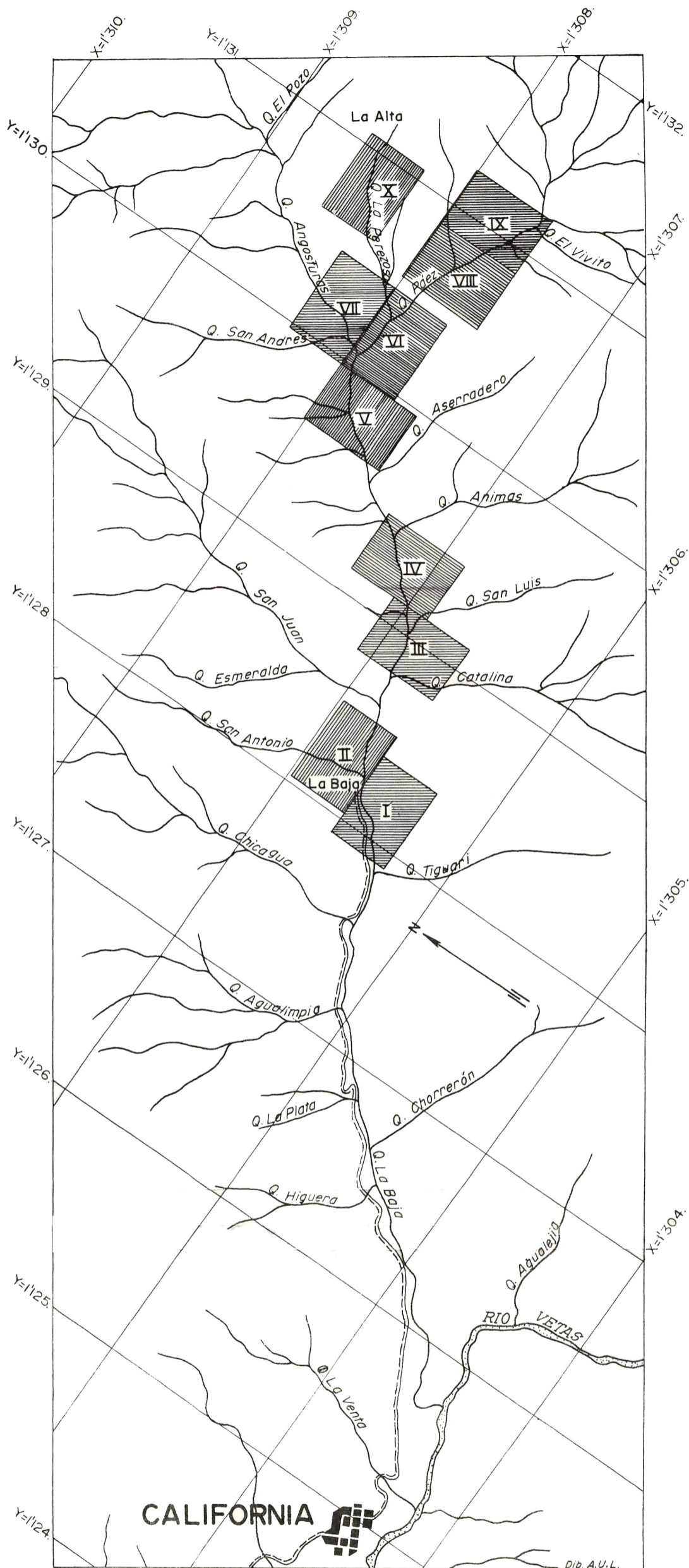
Mapa índice que muestra la localización de mapeo geológico de la región aurífera de California (Alta y Baja) y de Vetás.

0 2 4 6 Kms.





Localización de muestras analizadas Grupo de Túneles San Celestino.  
California Grupo I

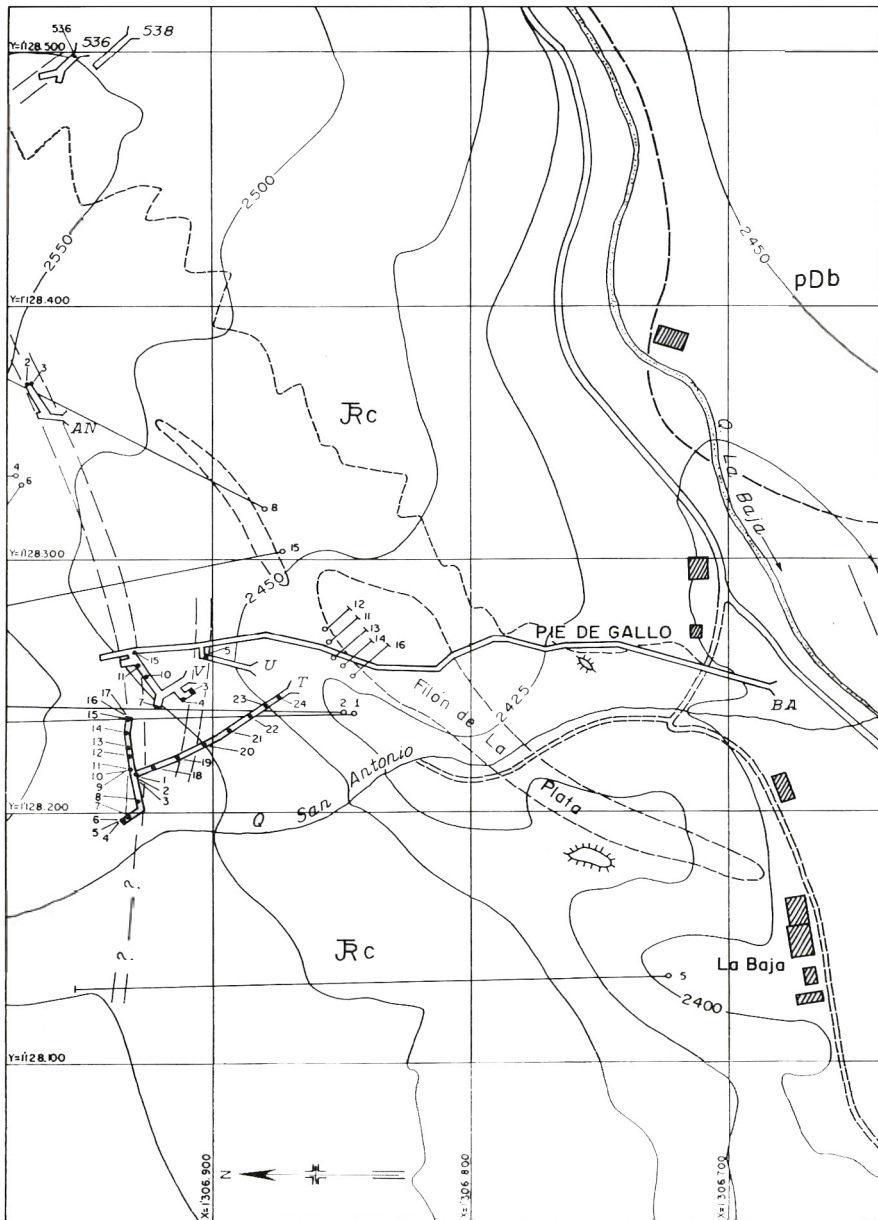


MAPA INDICE  
GRUPOS DE TUNELES DE LAS MINAS DE CALIFORNIA  
(ALTA Y BAJA)

- |                             |                          |
|-----------------------------|--------------------------|
| I San Celestino             | VI Asturias-La Angostura |
| II San Antonio-Pie de Gallo | VII La Bodega-El Carmen  |
| III El Cuatro-Catalina      | VIII El Silencio         |
| IV San Cristobal-Animas     | IX La Picota-El Silencio |
| V La Mascota                | X El Diamante            |

	No muestra	Au gr/Ton	Ag gr/Ton	%Cu	%Pb	%Zn	Espesor metros
Tunel AF – San Celestino							
	AF-1	trazas	3.00				
	AF-2	2.75	7.50				
	AF-4			0.04			
	AF-5	0.50	0.50	0.05			
	AF-7	6.50	12.25	0.06			1.10
	AF-10	21.00	249.50	0.24	2.36	3.70	
	AF-11	4.25	88.75				
	AF-12	12.25	149.00	0.22	2.40	1.23	brecha
	AF-17	0.50	5.75	0.06			
Nivel Sup.	AF-18	61.00	2977.33	0.02	1.53	37.82	0.35
Nivel Sup.	AF-19	34.75	283.00	0.20	2.15		
Nivel Sup.	AF-23	2.50	50.75	0.07			
Nivel Sup.	AF-25	1.50	99.50	0.19	1.49	4.19	
Nivel Sup.	AF-26	13.25	472.50	0.31	1.20	8.95	
Tunel AG – San Celestino							
	AG-1	2.50	115.50	10.25			brecha
	AG-5	19.25	581.50	1.09	2.44	8.15	
Tunel AH – Machuca							
	AH-7	42.50	311.00	0.24	3.47	0.10	
	AH-9	9.00	47.50	0.22	6.61	2.61	
	AH-10	trazas	2.00	0.03			
	AH-11	1.50	79.50	0.03			
	AH-12	35.00	74.15	0.05			
Tunel AI							
	AI-1	0.37	5.10	0.04		0.12	
	AI-4	trazas	1.00	0.47			
Tunel AZ							
	AZ-2	trazas	5.00	0.05			
Tunel 614 – Machuca							
	614	10.50	25.25				0.40
	615	11.00	120.50				1.00
	616	3.50	63.00				0.30
	617	4.00	104.50				0.80
Tunel 618							
	618	45.00	28.00				0.40
	619	4.50	18.00				1.10

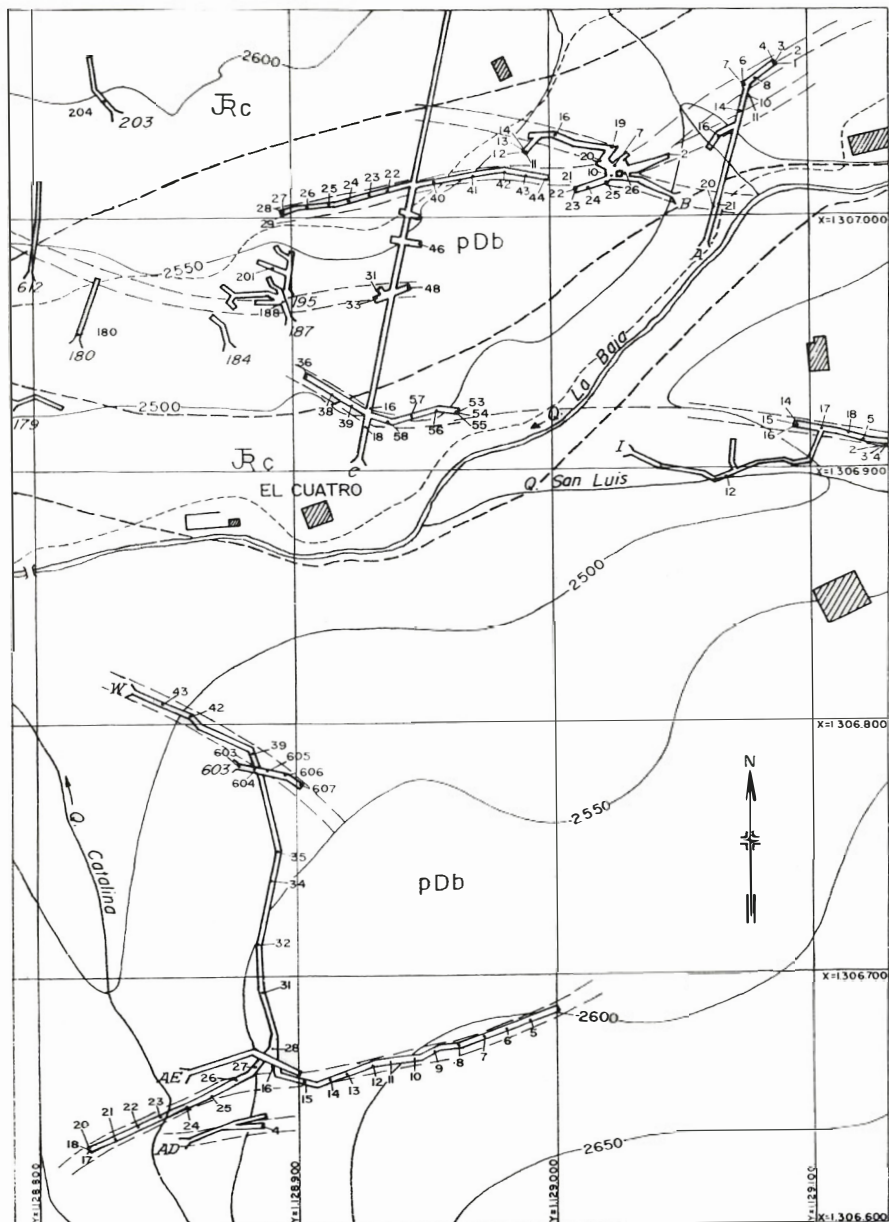
**Grupo I California Análisis de Muestras**



Localización de muestras analizadas Grupo de Túneles San Antonio – Pie de Gallo-California Grupo II

No muestra	Au gr/Ton	Ag gr/Ton	%Cu	%Pb	%Zn	Espesor metros
Tunel T - San Antonio						
T-1	0.25	2.50	0.08			
T-2	2.40	2.40	8.00	0.16	1.25	0.20
T-3	0.25	7.00	0.05			
T-4	0.25	4.75	0.02		0.06	
T-5	2.40	53.20	0.50	0.06	1.32	0.50
T-6	0.50	26.25	0.25			
T-7	0.50	27.00	0.05			
T-8	0.83	7.16	0.31			
T-9	0.37	2.25				
T-10	0.50	4.50	0.35			
T-11	0.25	9.75	0.50			
T-12	0.50	6.25	2.10			
T-13	0.50	2.25				
T-14	0.50	4.25	0.06			
T-15	0.25	3.00	0.04			
T-16	0.25	6.00	0.08			
T-17	0.25	5.00	0.06			
T-18			4.00			
T-19	0.50	3.50	0.15			
T-20	trazas	1.75	0.09			
T-21	0.25	3.25	0.74			
T-22	6.50	76.50	0.27	1.16	2.06	0.25
T-23	4.25	124.75	1.02		0.08	0.25
T-24	1.25	10.50	1.15			
Tunel U - San Antonio						
U-5	0.75	2.00	2.29			
Tunel V - Begonia - San Antonio						
V-3			0.72			
V-4	0.50	8.25	0.10			
V-7			0.80	0.03		
V-10	1.50	12.00				
V-11			11.00			
V-15			0.38	0.36		
Tunel AN - San Emidio - San Antonio						
AN-2	2.50	12.50				1.00
AN-3	2.00	2.00	0.18	0.22		
Tunel BA - Pie de Gallo						
Tunel 536 - San Juan						
536	1.50	32.50				

**Grupo II California Análisis de Muestras**



Localización de muestras analizadas Grupo de Túneles El Cuatro-Catalina  
California Grupo III

No muestra	Au gr/Ton	Ag gr/Ton	%Cu	%Pb	%Zn	Espesor metros
Tunel A -- El Porvenir -- Potosi						
A-1	1.50	11.75	0.05			
A-2	4.80	220.40	1.28	0.09	0.53	0.30
A-3	6.80	342.40	0.76	0.16		0.30
A-4	2.00	22.50	0.05			
A-6	17.60	296.40	1.00	0.10		0.30
A-7	1.50	50.00	0.04			
A-8	4.25	304.50				
A-10	0.40	7.20	0.12	0.16	0.77	
A-11	6.00	161.50	0.60			
A-14	9.25	160.25	0.08			
A-16	4.00	56.50	0.05			
A-20	31.20	493.20	1.00	0.33	0.96	
A-21	37.20	987.60	2.54	0.08	0.77	
Tunel B -- Potosi						
B-2	2.50	29.00	0.11			
B-7	1.50	48.50	0.05			
B-10	4.00	27.50	0.09	0.04		
B-11	0.50	23.00	0.75			
B-12			0.52	0.13	0.93	
B-13			0.24	0.09	1.63	
B-14	1.00	20.00	0.86			
B-16	3.20	128.00	0.76	0.08	0.35	
B-19	4.00	790.00	6.36	0.17		
B-20	14.00	822.00	3.32	0.34	0.40	
B-21	2.00	71.50	0.11	0.04		
B-22	71.60	479.20				
B-23	2.75	31.00	0.04			
B-24	3.60	76.40	0.12	0.17		
B-25	66.00	1354.80	0.52	0.01		
B-26	5.20	267.60	0.52	0.18	1.39	
Tunel C -- El Cuatro						
C-16	0.50	7.00	0.10			
C-18	trazas	3.50	0.04			
C-22	1.50	21.00	1.65			
C-23	3.50	18.50	0.52			
C-24	3.00	73.00	4.90			
C-25	12.80	292.80	9.16	0.32	0.16	
C-26	6.00	169.20	0.76	0.31		
C-27	2.50	102.50	1.82		0.05	
C-28	4.80	245.20	1.52	0.60	0.24	

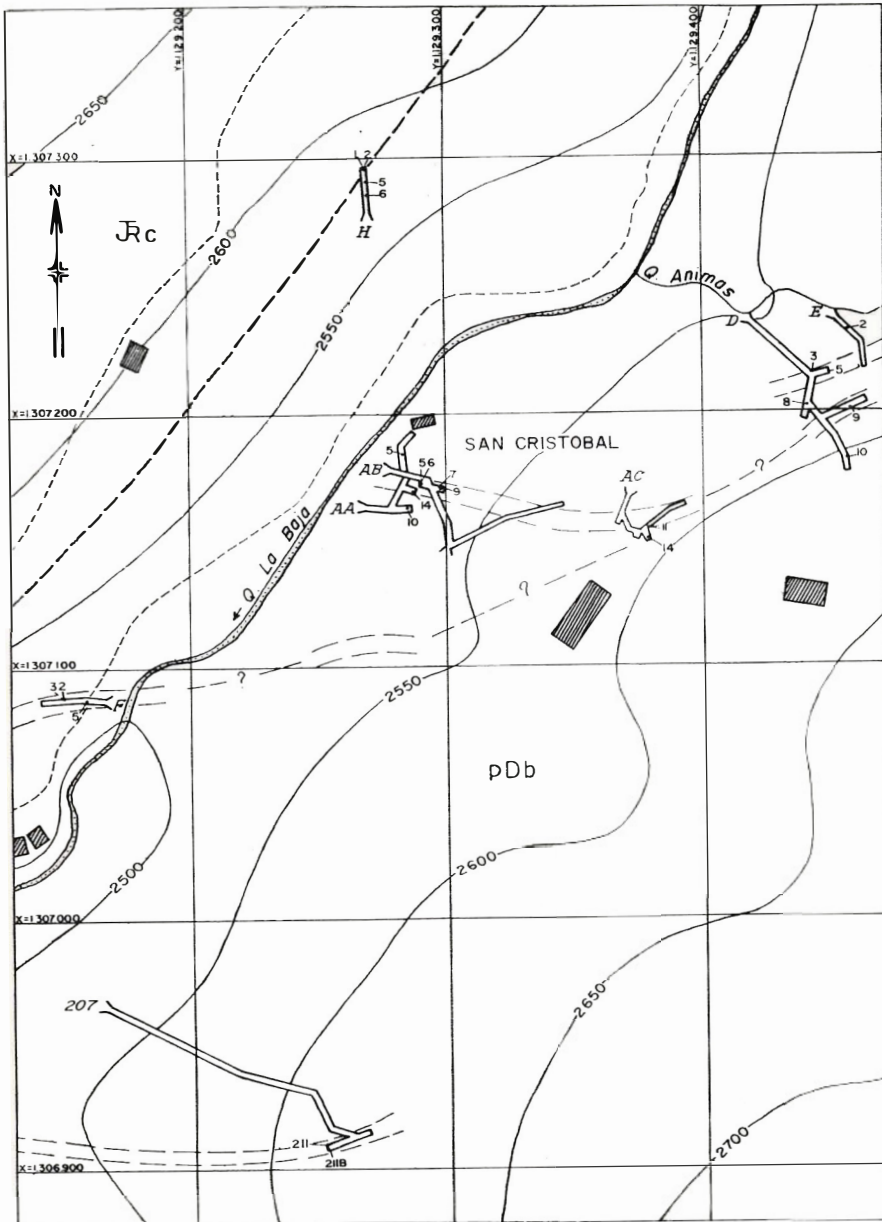
Grupo III California. Análisis de Muestras (Continúa)

Continuación	No muestra	Au gr/Ton	Ag gr/Ton	%Cu	%Pb	%Zn	Espesor metros
Tunel C - El Cuatro							
	C-29	2.00	81.50		0.73		
	C-31	3.00	26.00		0.23		
	C-33	1.60	32.80	0.38	0.09	0.20	
	C-36	26.00	137.60	0.20	0.70	0.10	
	C-38	4.00	103.50	0.50			
	C-39	56.10	385.40	2.25			
	C-40	2.00	75.60	0.15	1.44	1.04	
	C-41	6.80	185.20	0.15	2.43	0.16	
	C-42	5.25	66.00				
	C-43	0.50	101.50	0.70			
	C-44	13.60	450.00	1.65	0.44	0.36	
	C-46	0.80	40.40	0.15	0.32	0.64	
	C-48	2.50	50.50	0.82			
	C-53	16.40	50.40	0.15	0.27	0.42	
	C-54	2.06	22.50				
	C-55	1.00	12.00	0.05			
	C-56	2.60	15.80	0.06			
	C-58	1.00	13.50	0.09			
Tunel I - San Luis							
	I-2	1.00	12.75	0.07			
	I-3			0.15	0.25	0.13	
	I-4			0.15	2.05	1.16	
	I-5	7.00	139.50	0.06			
	I-12	0.50	5.00	0.05			
	I-14	1.50	21.25	0.05			
	I-15	17.60	435.60	9.60	0.53	1.02	0.50
	I-16	2.00	22.00	0.05			
	I-17	3.30	144.50	2.13			
	I-18	17.15	1015.00	9.25			
Tunel W - Catalina							
	W-5	3665	567.50	1.45		2.13	
	W-6	11.00	169.00	0.05	0.02		1.30
	W-7	0.50	33.25	0.04			
	W-8	1.25	74.50	0.75			
	W-9	3.25	349.25	0.06			
	W-10	3.00	248.50	0.04			
	W-11	3.25	74.00	0.07			
	W-12	1.00	23.00	0.04			

Continúa



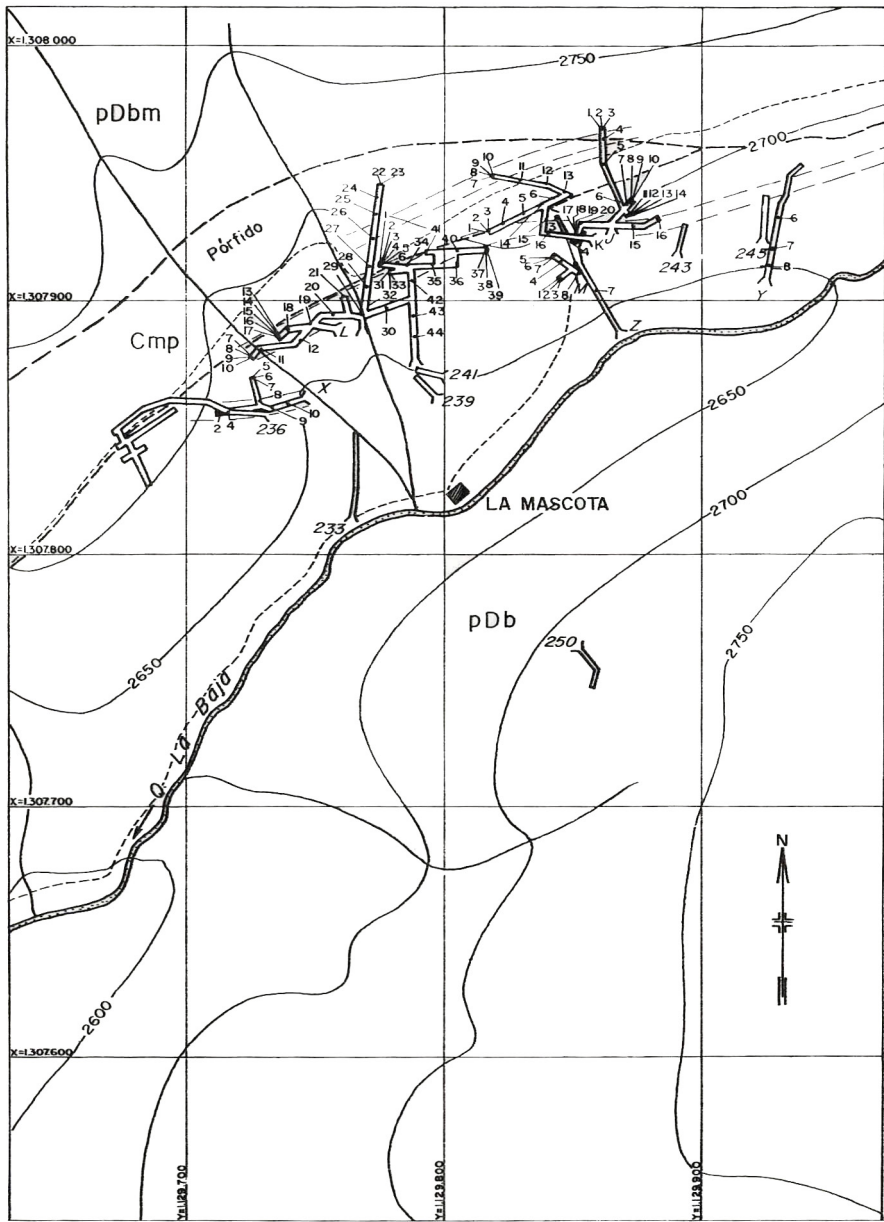
(Continuación)	No muestra	Au gr/Ton	Ag gr/Ton	%Cu	%Pb	%Zn	Espesor metros
Tunel W - Catalina							
	W-13	0.75	127.00	0.04			
	W-14	21.50	588.85	0.05		0.13	
	W-15	0.50	18.00	0.07			
	W-16	1.00	23.50	0.05			
	W-17	2.00	44.50	0.07			
	W-18	7.00	122.50	0.05			
	W-20	0.75	19.50	0.05	0.05		
	W-21	0.50	27.50	0.06			
	W-22	2.25	56.50	0.04			
	W-23	2.50	134.50	0.05			
	W-24	1.75	146.00	0.05			
	W-25	2.50	76.50	0.07			
	W-26	1.00	32.25	0.07			
	W-27	2.00	69.25	0.07			
	W-28	0.25	10.50	0.04			
	W-31	trazas	6.25	0.06			
	W-32	trazas	9.75	0.04			
	W-34	trazas	19.50	0.07			
	W-35	trazas	5.00	0.06			
	W-39	0.25	1.00	0.05			
	W-42	5.25	25.50	0.05			
	W-43	8.50	47.75	0.07			0.50
Tunel AD - El Sube							
	AD-4	16.50	477.50	3.14	1.16	2.451	
Tunel 180							
	180	8.75	76.00	0.01	1.41	0.23	1.20
Tunel 187							
	188	4.50	98.50				0.70
Tunel 195							
	201	6.75	121.25	0.07	1.99	0.38	0.60
Tunel 203							
	204B	8.50	60.50	0.04	1.73	0.29	
Tunel 603-Santa Catalina							
	603	52.00	2381.00				1.00
	604	2.00	905.00				0.45
	605	33.00	436.00				0.82
	606	17.50	278.50				0.45
	607	12.50	298.00				0.25



Localización de muestras analizadas Grupo Túneles San Cristobal - Animas California Grupo IV

No muestra	Au gr/Ton	Ag gr/Ton	%Cu	%Pb	%Zn	Espesor metros
Tunel D - Animas inferior						
D- 3	3.60	60.80	0.07	0.44	0.34	
D- 5			0.15	0.61	2.08	
D- 8	11.90	87.10	0.74			
D- 9	48.00	758.40	0.15	0.84	0.19	0.20
D- 10	17.80	517.40	0.61			
Tunel E - Animas superior						
E- 2	4.00	62.00	0.10			
Tunel F - Potosi						
F- 2	0.80	9.60	0.15	0.03	0.84	
F- 3	1.50	10.50	0.07			0.30
F- 5	9.00	294.00	1.28			
Tunel H - San Francisco						
H-1	28.00	52.00	0.05			
H- 2	18.00	21.20	0.15	0.13	0.07	
H- 5	5.00	68.00	0.06			
H- 6	2.00	31.20	0.17	0.88	1.45	
Tunel AA - San Cristobal						
AA-5	2.00	48.50				
AA-10	3.50	45.50				0.40
AA-14	1.25	61.50				0.30
Tunel AB - San Cristobal						
AB-5	2.00	30.00				
AB-6	0.50	4.50	0.62			
AB-7	5.50	75.25	2.61	0.37	0.10	
AB-9	4.25	58.50				
Tunel AC - San Cristobal						
AC- 11	1.16	22.15	0.15			
AC-14	16.30	420.50	0.05	0.10		
Tunel 207						
2 11	5.75	85.00	1.34	2.65	2.16	0.55
2 11B	9.50	20.50	0.02	0.83	0.18	

Grupo IV California Analisis de Muestras



Localización de muestras analizadas Grupo de Túneles La Mascota. California Grupo V

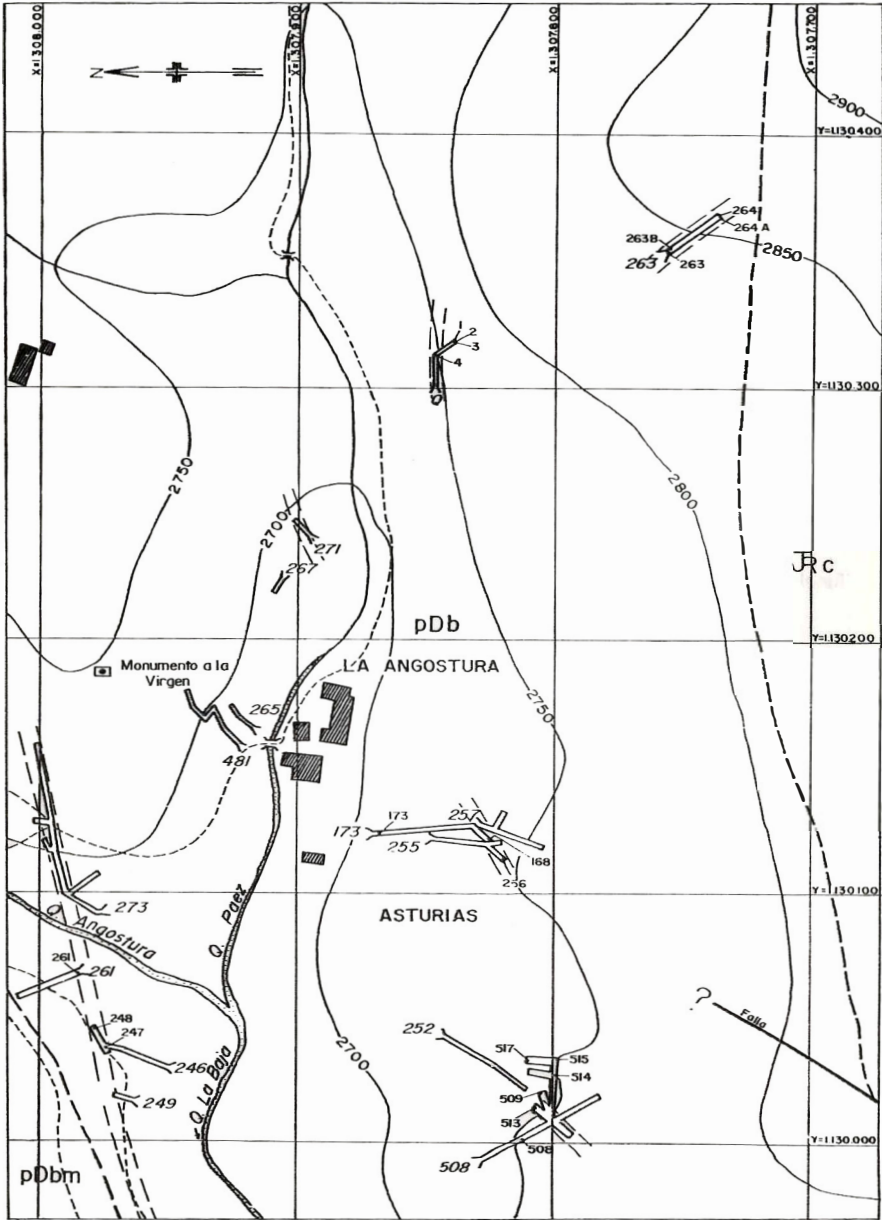
	No muestra	Au gr/Ton	Ag gr/Ton	%Cu	%Pb	%Zn	Espesor metros
Túnel J - La Mascota	J-1			0.06			
	J-2	2.00	10.00		0.04	1.10	
	J-3			0.06	0.07		
	J-4	55.20	19.20	0.52	1.35		
	J-5			0.04			
	J-6	3.30	87.10	0.07			1.00
	J-7	5.90	70.00	0.35			
	J-8			0.07			
	J-9	7.60	808.40	0.24	0.49	0.30	
	J-10			0.08			
	J-11	4.00	19.10	0.06			
	J-12	92.80	438.40	1.20	0.80	0.60	
	J-13	15.60	41.20	0.52	0.56		
	J-14	15.10	89.10	0.21			
	J-15	58.80	425.70	0.31			
	J-16	44.20	113.62	1.10			
	J-17	7.00	28.00	0.05			
	J-18	11.20	66.40	0.24	2.66		
	J-19			0.06			
	J-20	2.60	21.10	0.06			
Túnel K - Minaseca	K-1	7.50	95.00	0.04			
	K-2	8.40	412.80	0.52	0.30	1.00	1.00
	K-3	1.00	11.00	0.20			
	K-4			0.09			
	K-5	14.25	96.00	0.08			
	K-6	1.30	21.75	0.12			
	K-7	4.80	22.40		0.53	1.62	
	K-8	1.60	10.00		0.18		
	K-9	16.00	375.60		12.78	0.45	
	K-10	2.00	38.80		1.08	0.45	
	K-11	9.20	44.20	0.35			
	K-12	2.00	21.75	0.27			
	K-13	64.00	592.00	0.05			
	K-14	11.90	15.10	0.27			
	K-15	6.60	129.30	0.62			
	K-16	9.20	61.40	1.80			

Grupo V California Análisis de Muestras (Continúa)

(Continuación)	No muestra	Au gr/Ton	Ag gr/Ton	%Cu	%Pb	%Zn	Espesor metros
Tunel L - Tres Aguas							
	L-1			0.06			
	L-2	26.40	421.60	0.95	1.34	0.53	2.70
	L-3	10.00	64.80	0.64	0.03	0.51	
	L-4	19.20	260.40	0.95	0.10	0.43	
	L-5	22.00	162.80	0.64	0.17	0.85	
	L-6			0.05			
	L-7	1.60	10.40	0.64	0.55	1.14	
	L-8	1.60	12.40	0.64		0.16	
	L-9	4.40	31.60	0.32	0.27	0.37	1.20
	L-10	1.60	16.40	0.64	0.33	0.29	
	L-11	33.00	173.50	0.55			
	L-12			0.05			
	L-13			0.07			
	L-14	10.00	82.00	0.15	0.12	0.68	0.30
	L-15	1.60	3.60		0.29	0.22	
	L-16	0.80	4.80		0.11	1.32	
	L-17			0.06			
	L-18	6.00	167.00	0.06			
	L-19	6.60	56.10	0.08			
	L-20	4.00	144.00	0.50			
	L-21	trazas	6.50	0.04			
	L-22			0.03			
	L-23			0.04			
	L-24	trazas	8.00	0.05			
	L-25	1.50	17.00	0.08			1.70
	L-26			0.05			
	L-27			0.07			
	L-28	10.50	12.50	0.05			
	L-29	10.50	68.60	0.30	0.06		
	L-30	trazas	6.00	0.04			
	L-31	4.00	121.40				0.50
	L-32	0.50	12.50	0.04			
	L-33	0.50	13.50	0.06			
	L-34	13.80	297.00	2.26			

(Continúa)

(Continuación)	No muestra	Au gr/Ton	Ag gr/Ton	%Cu	%Pb	%Zn	Espesor metros
Tunel L - Tres Aguas							
	L-35	8.00	242.22	1.44			
	L-36	2.75	21.00	0.35			
	L-37			0.03			
	L-38	10.50	382.80	0.08	0.03	0.06	0.50
	L-39	1.00	25.00	0.06			
	L-40	12.50	24.50	0.14			
	L-41			0.09			
	L-42			8.20			
	L-43			0.09			
	L-44			0.06			
Tunel M - La Bota							
	M-1	5.00	6.00	0.05			
	M-2	15.20	2.40		2.03	2.17	0.45
	M-3			0.10			
	M-4			0.06			
	M-5	2.75	325.00	0.09			0.40
	M-6	1.20	0.40		0.40	1.43	
	M-7	1.50	459.00	0.07			
	M-8			0.03			
Tunel X - La Mascota							
	X-2	10.50	33.75	0.49			0.25
	X-4	7.50	49.50	0.25	2.49	0.10	
	X-5	9.00	237.80	0.06			
	X-8	7.25	141.25	1.92	0.70	0.10	
	X-9	3.25	36.50				
	X-10	10.50	27.00	0.11	0.64	0.23	
Tunel Y - San Expedito							
	Y-6	1.50	3.75	0.05			
	Y-7	0.25	2.75	0.05			
	Y-8	14.25	68.50	0.04			1.50
Tunel Z - El Libertador							
	Z-3	3.75	42.00				
	Z-4			0.05			
	Z-7			0.04			



Localización de muestras analizadas Grupo de Túneles Asturias-La Angostura  
California-Grupo VI



No muestra	Au gr/Ton	Ag gr/Ton	%Cu	%Pb	%Zn	Espesor metros
Tunel Q – Las Mercedes						
Q-1			0.03			
Q-2	1.00	17.75	0.05			
Q-3	0.50	0.75	0.03			
Q-4	10.50	30.25	0.07			
Tunel 173– Asturias						
168	41.50	76.50	.57	1.49	0.57	0.50
173	2.00	16.00				1.00
Tunel 246						
247	2.25	29.50				0.80
248	1.00	2.00				0.75
Tunel 255						
256	11.50	24.50	0.07	1.32	0.33	0.90
Tunel 261						
261	3.00	7.50				
Tunel 263						
263	54.00	35.50	0.05	1.07	0.25	
263B	0.50	10.50				
264A	1.25	27.00				
264	15.50	266.00	0.07	0.82	0.26	0.80
Tunel 508						
508	38.50	9.50				
509	7.00	30.50				2.00
513	3.50	37.50				1.35
514	4.50	18.50				0.95
515	8.75	12.75				<b>0.60</b>
517	4.00	12.25				



No muestra	Au gr/ Ton	Ag gr/ Ton	%Cu	%Pb	%Zn	Espesor metros
Túnel R - El Carmen						
R-1	2.00	4.25	5.05			0.61
R-3	2.50	9.25	0.04			
R-4	21.50	10.00	0.04			0.90
R-5	3.60	4.00				
R-6	2.80	4.00	0.19	1.19	1.78	
R-7	2.00	10.75	0.10			
R-8	1.50	6.50	0.05			
Túnel S - La Bodega						
S-1	0.50	8.25	0.07			
S-2	0.37	8.12	0.08			
S-3			0.05			
S-4			0.15			
S-5	1.75	22.50	0.05			
S-6			0.03			
S-7	1.75	14.00	0.04			
S-8	19.00	4.50	0.08			0.70
S-9	5.50	26.00	0.06			
Túnel 281 - La Bodega						
282A	58.00	9.00	0.05	0.58	0.10	
Túnel 287 - La Bodega						
288	3.50	19.50				0.20
289	0.50	7.00				0.80
291	3.50	17.50				0.50
293	1.50	6.00				0.65
293A	0.50	1.60				
294A	1.00	12.00	1.09	0.66	0.25	
Túnel 299 - El Matacho						
302	1.00	6.25				0.40
313	1.85	6.50				0.25
314	8.50	4.50	0.005	0.74	0.18	0.45
Túnel 327 - San Andrés						
327	13.50	55.50	0.23	1.20	0.28	0.30
328	9.00	47.50	0.28	1.70	0.29	0.45

Grupo VII California Análisis de Muestras (Continúa)

(Continuación)	No muestra	Au gr/Ton	Ag gr/Ton	%Cu	%Pb	%Zn	Espesor metros
Túnel 329-San Andrés							
	329	58.00	108.00	0.43	2.32	0.63	0.20
	330	3.75	26.50				0.35
Túnel 331-La Paja							
	332	8.00	26.00	0.12	0.74	0.35	0.20
Túnel 333-La Paja							
	334	6.00	23.50	0.30	1.07	0.36	0.70
Túnel 339-San Andrés							
	339	4.80	27.50	0.70	1.16	0.40	0.50
Túnel 340							
	341	17.75	61.50	0.90	2.65	0.35	0.28
	342A	7.00	25.50	0.37	1.08	0.46	
	342	7.00	39.50	0.16	1.32	0.22	0.26
	344	9.50	73.00	0.06	1.16	0.23	
	345	54.50	273.50	0.45	2.28	0.33	0.35
Túnel 346-San Andrés							
	348	1.25	18.00				0.40
	349	4.75	37.50	0.15	1.48	0.31	0.25
Túnel 351-La Bodega							
	357	1.50	3.50				0.95
	357B	8.25	34.50	0.61	0.70	0.55	
	358	1.25	6.75				1.40
Túnel 359-La Bodega							
	361B	5.25	13.75	0.06	2.32	0.10	
Túnel 364-Las Ventanas							
	365	8.75	31.25	0.15	1.24	0.31	0.90
Túnel 370-El Carmen							
	370	4.50	19.00				

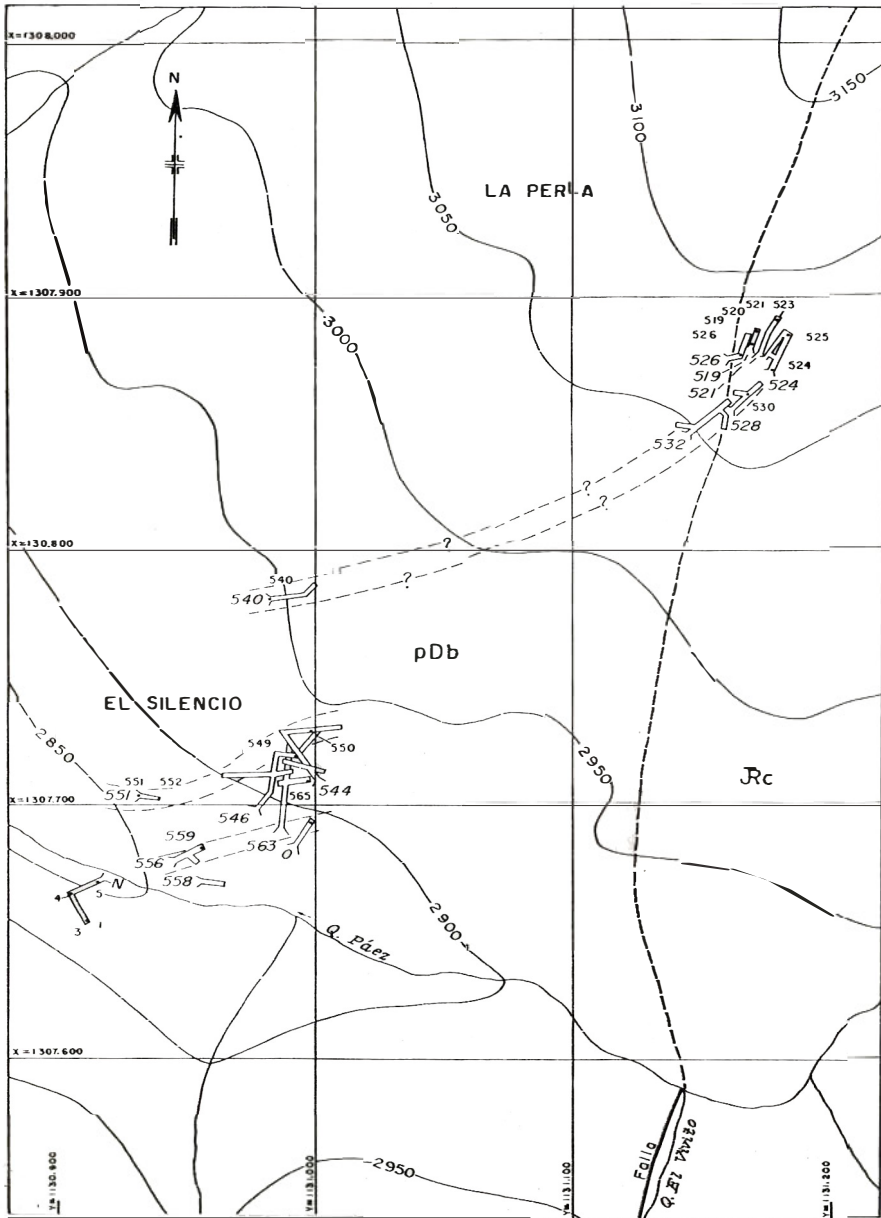
(Continúa)

(Continuación)	No muestra	Au gr/Ton	Ag gr/Ton	%Cu	%Pb	%Zn	Espesor metros
Tunel 373-El Carmen							
	374	9.50	36.00				
	375	3.50	25.50				0.60
	376	18.00	29.00				0.70
	378	2.50	10.00				
Tunel 389-							
	380	3.50	23.25				1.70
	382	15.75	30.50				0.95
	384	9.50	13.00				
	385	21.00	37.00				
	387	3.00	27.75				
Tunel 391-Punta Piedra Gorda							
	396	17.00	77.50				1.30
	397	3.00	50.25				
Tunel 398-El Carmen							
	400	168.50	32.50	0.04	0.77	0.21	2.30
Tunel 462-Bodega Vieja							
	463	8.50	42.50				1.30
	465	3.21	91.50				0.50
	473	2.50	13.50				
	478	169.00	403.50				0.65
	480	20.12	35.12	0.46	3.31	0.25	0.38



	No muestra	Au gr/Ton	Ag gr/Ton	%Cu	%Pb	%Zn	Espesor metros
Tunel Ñ - El Silencio							
	Ñ-1			0.05			
	Ñ-2	1.50	10.00	0.06			
	Ñ-3	14.00	85.20	0.15	0.17	1.16	1.00
	Ñ-4	3.20	9.20		0.67	0.27	
	Ñ-5	1.00	12.50	0.02			
	Ñ-7	0.50	14.00	0.07			
	Ñ-8			0.06			
	Ñ-9			0.05			
	Ñ-10	3.20	1.60		0.18	0.36	
	Ñ-11			0.19			
	Ñ-12			0.04			
	Ñ-13			0.07			
Tunel P - El Silencio							
	P-1	17.00	27.00	0.15			
	P-2	1.50	3.00	0.06			
	P-3	4.00	13.00	0.05			
	P-4			0.04			
Tunel 486-El Silencio							
	487	19.75	131.00	0.60	0.97	0.20	0.40
	489	11.50	45.00	0.19	0.75	0.24	0.77
	492	29.75	12.75	0.18	0.83	0.23	0.35
Tunel 495-El Silencio							
	497	0.50	12.00				0.08
	503	1.00	18.00				0.70
	506	3.50	32.00				0.15
Tunel 582-							
	584	5.85	29.25				0.20
Tunel 587-El Silencio							
	592	2.50	6.00				
Tunel 596-El Silencio							
	596	21.00	38.00				0.30
	597	5.00	26.50				0.45

Grupo VIII California Análisis de Muestras

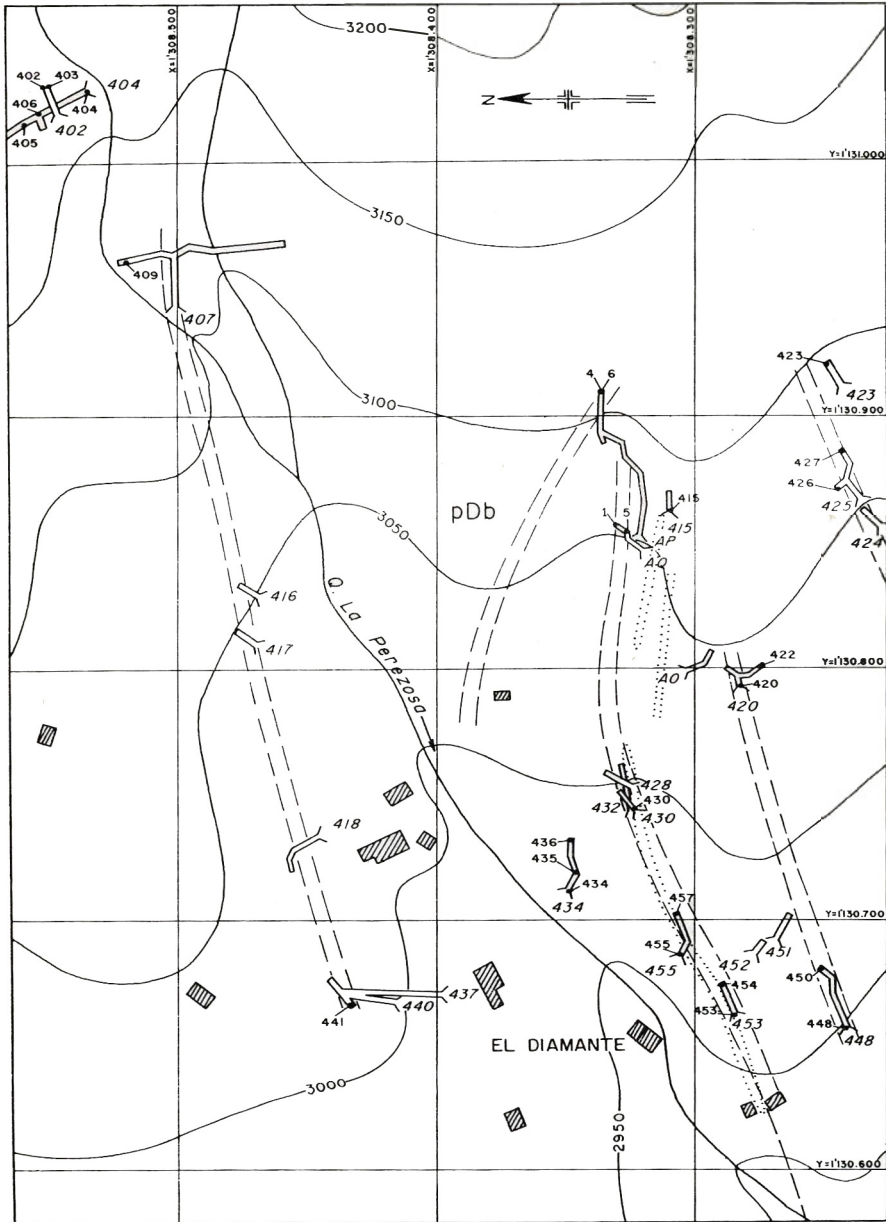


Localización de muestras analizadas Grupo Túneles La Picoita-El Silencio  
California - Grupo IX



No muestra	Au gr/Ton	Ag gr/Ton	%Cu	%Pb	%Zn	Espesor metros
Tunel N - El Silencio						
N -1	0.50	3.50	0.05			
N -2			0.07			
N -3	trazas	5.00				
N -4	trazas	10.50	0.10			
N -5	0.75	10.50	0.07			
Tunel O - El Silencio						
O -1	3.75	12.75	0.02			
O -2	26.80	235.20	0.15	0.09	0.16	0.70
O -3	7.00	24.50	0.05			
Tunel 519-La Picota						
519	5.25	28.75				0.50
520	5.50	53.00				0.40
Tunel 521-La Picota						
521	24.00	20.00				0.60
523	1.00	22.50				
Tunel 524-La Picota						
524	5.25	9.50				0.25
525	2.75	15.00				0.60
Tunel 526-La Picota						
526	65.00	12.50				1.00
Tunel 528-La Picota						
530	203.00	34.00				0.60
Tunel 540-						
540	1.75	10.00				0.15
Tunel 546-El Silencio						
549	17.50	24.00				0.45
550	12.75	76.75	0.14	0.62	0.22	0.85
Tunel 551-El Silencio						
551	31.75	271.75				
552	46.00	59.00				
Tunel 556						
556	6.50	42.50				0.90
Tunel 563						
565	2.50	8.00				0.95

**Grupo IX California Análisis de Muestras**

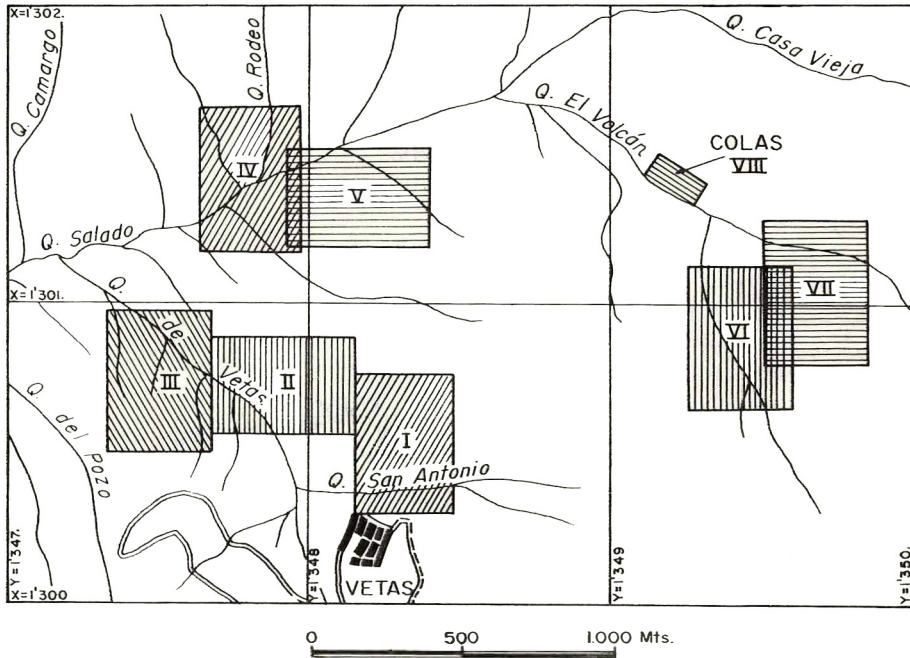


Localización de muestras analizadas Grupo de Túneles El Diamante  
California- Grupo X

No muestra	Au gr/Ton	Ag gr/Ton	%Cu	%Pb	%Zn	Espesor metros
Tunel AP ~ El Diamante						
AP-4	6.25	67.50	0.19	1.32	28.34	0.90
AP-6	0.37	7.75	0.06			
Tunel AQ - El Diamante						
AQ-1	1.75	18.00	0.04			
AQ-5	5.80	17.15	0.04			
Tunel 402-La Picota						
402	4.50	33.75				0.40
403	1.00	39.00				0.10
Tunel 404-La Picota						
404	0.75	7.00				
405	3.00	24.00				2.50
406	16.00	132.00	1.35	0.58	0.22	0.35
Tunel 407-El Diamante						
409	9.00	17.50				0.19
Tunel 415-El Diamante						
415	2.50	27.50				
Tunel 420						
420	26.50	13.75				0.15
422	5.00	8.00				0.45
Tunel 423						
423	trazas	27.00				0.40

**Grupo X California Análisis de Muestras (Continúa)**

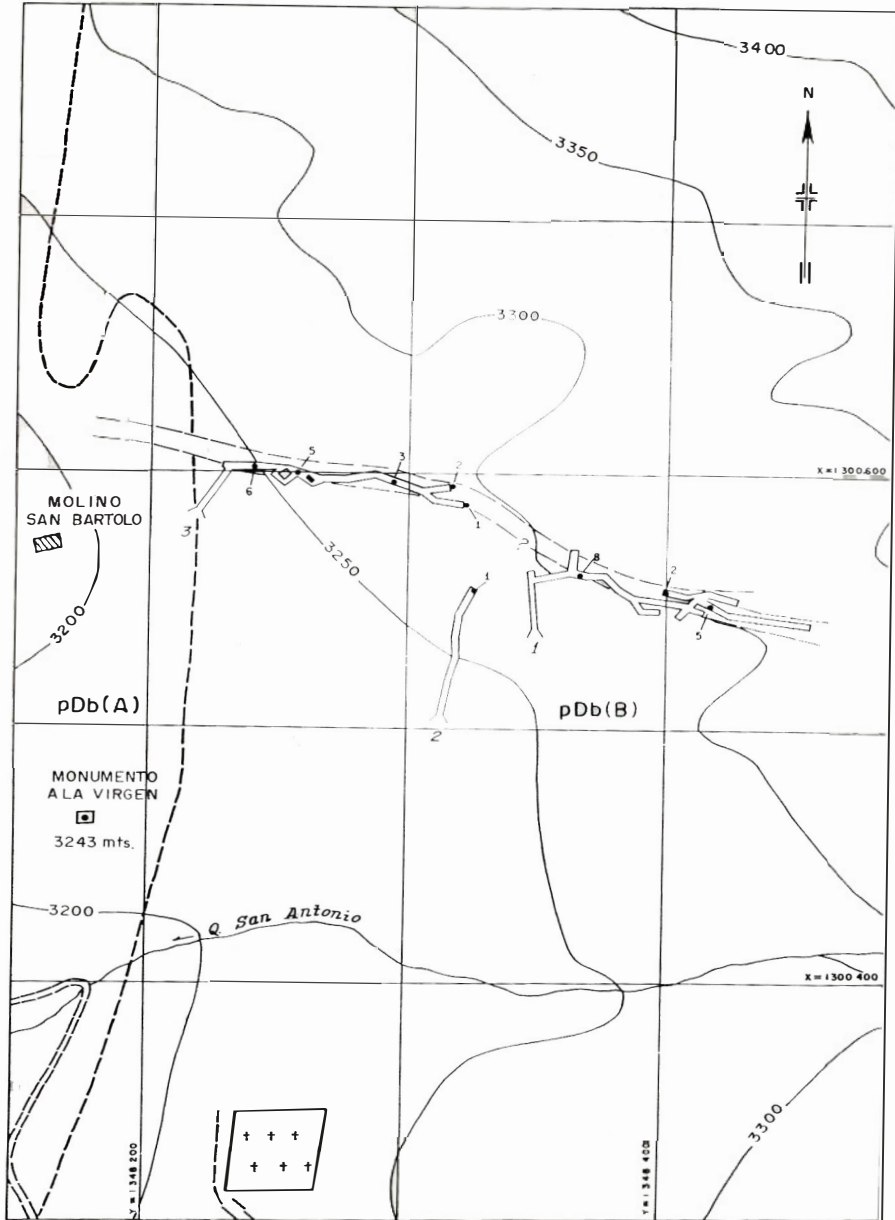
(Continuación)	No muestra	Au gr/Ton	Ag gr/Ton	%Cu	%Pb	%Zn	Espesor metros
Tunel 425							
	426	2.00	83.00				0.40
	427	35.75	32.50				0.25
Tunel 430-EI Diamante N° 2							
	430	0.50	9.00				0.70
Tunel 434-EI Diamante N° 2							
	434	1.00	21.00				
	435	1.00	34.00				0.18
	436	3.50	10.00				
Tunel 440-EI Diamante N° 2							
	441	5.00	22.00				1.10
Tunel 448							
	448	6.50	22.00				0.60
	450	8.00	150.00				0.20
Tunel 453-EI Diamante N° 2							
	453	3.65	47.50				0.60
	454	14.25	32.75				0.50
Tunel 455							
	455	17.00	16.10				0.20
	457	1.00	13.50				0.90



MAPA INDICE

- |                          |                                 |
|--------------------------|---------------------------------|
| I San Bartolo            | V La Tosca Oriental             |
| II Buenavista-La Colombo | VI El Volcán                    |
| III Trompeteros-La Elsi  | VII Alaska                      |
| IV La Tosca              | VIII Colas de la Mina El Volcán |

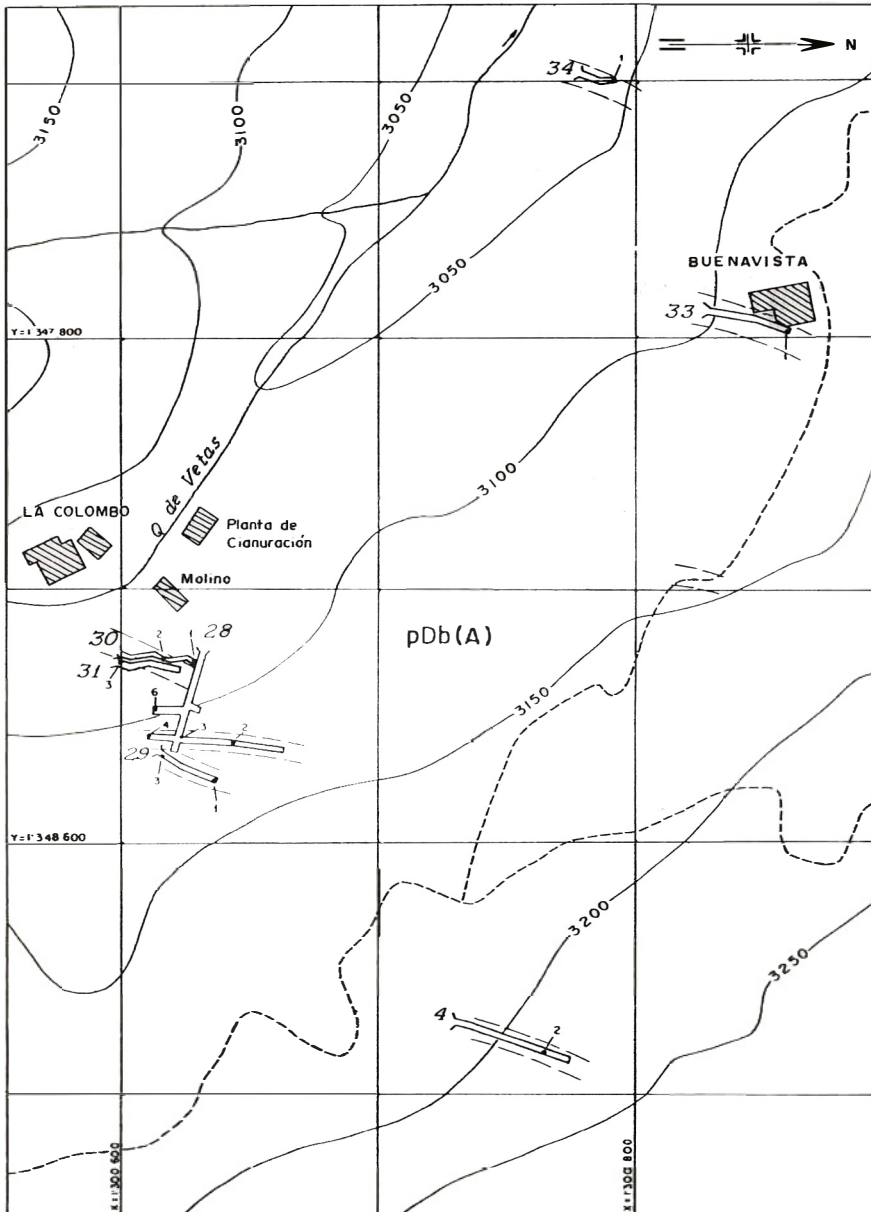
Grupo de Túneles de las minas de Vetas municipio de California-  
Departamento de Santander.



Localización de muestras analizadas Grupo de Túneles San Bartolo  
Vetas - Grupo I

No muestra	Au gr/Ton	Ag gr/Ton	%Cu	%Pb	%Zn	Espesor metros
Tunel 1 - San Bartolo - Elevación 3260 metros						
1-2	0.50	9.35				1.20
1-5	1.50	16.50				
1-8	1.00	19.50				1.80
Tunel 2 - San Bartolo - Elevacion 3234 metros						
2-1	6.25	12.00				1.15
Tunel 3 - San Bartolo - Elevacion 3228 metros						
3-1	12.50	31.50				
3-2	1.15	33.50				1.70
3-3	1.00	36.75				1.50
3-5	1.00	9.50				1.30
3-6	1.00	20.25				0.90

**Grupo I Vetas Análisis de Muestras**

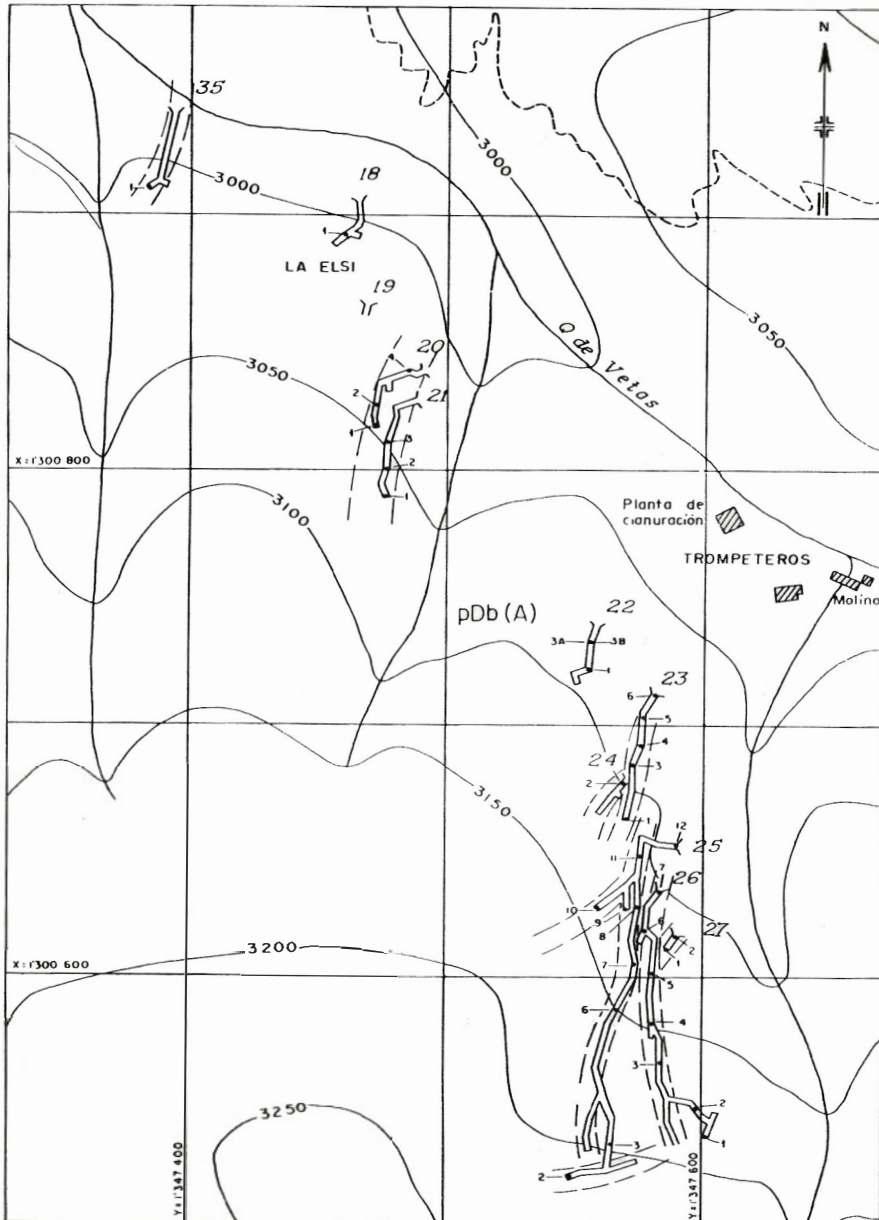


Localización de muestras analizadas Grupo de Tuneles Buenavista - La Colombo  
Vetas - Grupo II



No muestra	Au gr/Ton	Ag gr/Ton	%Cu	%Pb	%Zn	Espesor metros
Tunel 4 - Aguado - Elevación	3189 metros					
4-2	trazas	9.50				1.60
Tunel 28 - La Colombo - Elevación	3082 metros					
28-2	0.50	6.00				1.20
28-3	1.50	7.50				0.30
28-4	trazas	6.25				0.90
28-6	trazas	8.25				
Tunel 29 - La Colombo - Elevación	3105 metros					
29-1	0.50	7.00				1.20
29-3	0.50	6.15				
Tunel 30 - La Colombo - Elevación	3073 metros					
30-1	trazas	5.15				
30-2	0.50	3.25				1.50
Tunel 31 - La Colombo - Elevación	3076 metros					
31-3	trazas	2.50				
Tunel 33 - Buenavista - Elevación	3101 metros					
33-1	1.50	45.75				
Tunel 34 - Trompeteros - Elevación	3033 metros					
34-1	trazas	4.00				1.10

## Grupo II Vetas Análisis de Muestras

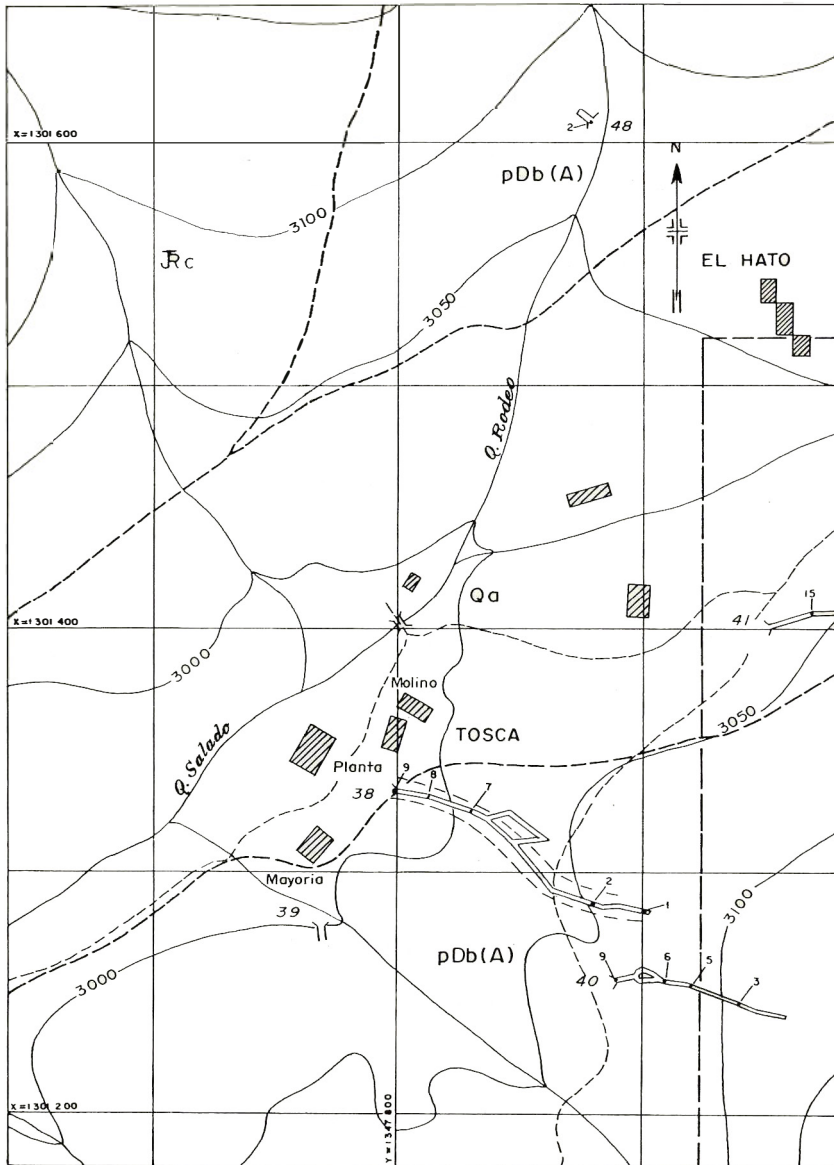


Localización de muestras analizadas Grupo de Túnetes Trompeteros-La Elsi Vetas-Grupo III

No muestra	Au gr/Ton	Ag gr/Ton	%Cu	%Pb	%Zn	Espesor metros
Tunel 18 - La Elsi - Elevación 2 991 metros						
18-1	trazas	4.50				
Tunel 20 - La Elsi - Elevación 3 007 metros						
20-1	1.00	3.00				
20-2	0.50	24.25				
20-4	trazas	2.50				
Tunel 21 - La Elsi - Elevación 3 018 metros						
21-1	5.50	197.00				
21-2	trazas	6.00				
21-3	1.00	6.65				
Tunel 22 - Trompeteros - Elevación 3 068 metros						
22-2	1.25	15.00				
22-3A	0.50	23.25				
22 38	1.00	6.25				
Tunel 23 - Trompeteros - Elevación 3 085 metros						
23-1	7.00	41.75				
23-3	3.50	12.75				
23-4	2.65	33.30				
23-5	1.15	35.30				
23-6	1.50	43.75				

**Grupo III Vetas Análisis de Muestras (Continúa)**

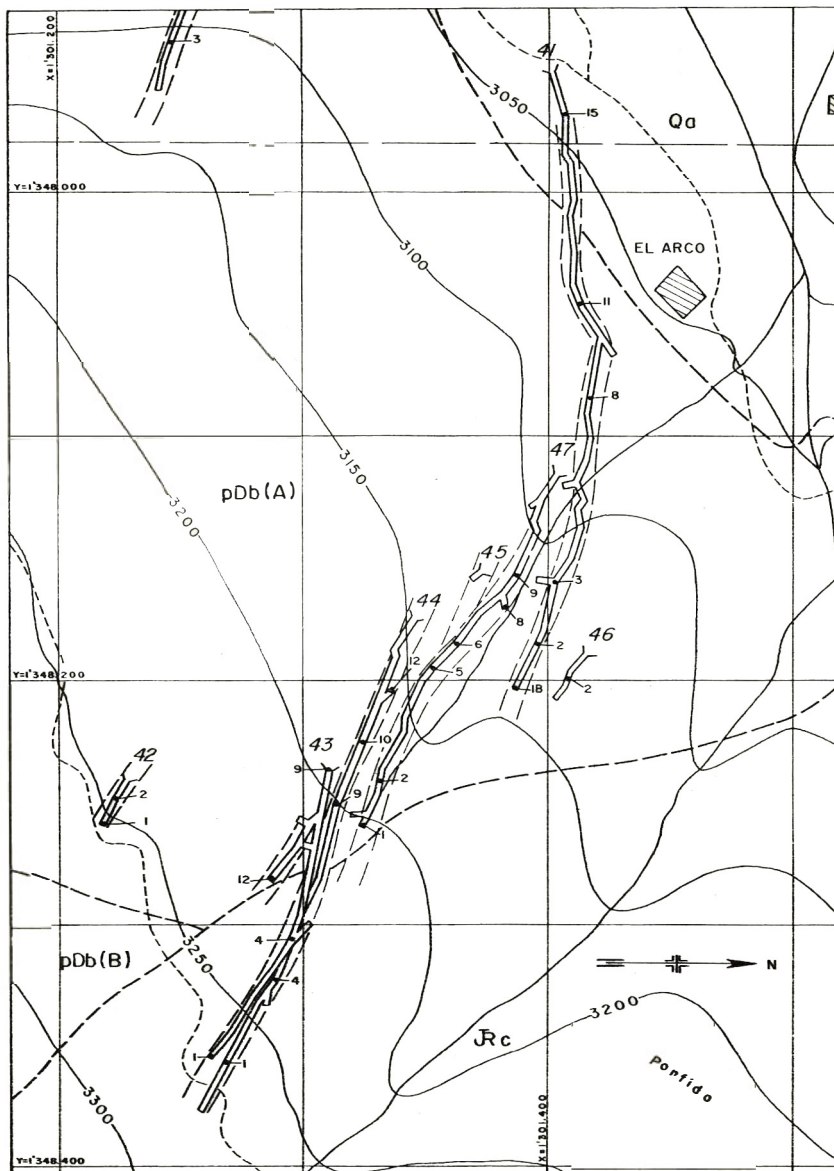




Localización de muestras analizadas Grupo de Túneles La Tosca  
Vetas - Grupo IV

No. muestra	Au gr/Ton	Ag gr / Ton	%Cu	%Pb	%Zn	Espesor metros
<b>Tunel 38- La Tosca - Elevación 2 996 metros</b>						
38-1	2.50	119.75				0.80
38-2	1.00	10.50				
38-7	1.50	30.25				0.60
38-8	1.00	10.00				
38-9	trazas	63.50				
<b>Tunel 40 - Puente Caído - Elevación 3 062 metros</b>						
40-3	1.25	14.75				1.00
40-5	1.00	3.75				0.80
40-6	1.50	11.75				
40-9	0.50	10.00				
<b>Tunel 48 - -Elevación 3 062 metros</b>						
48-2	6.30	15.75				0.90

**Grupo IV Vetas Analisis de Muestras**

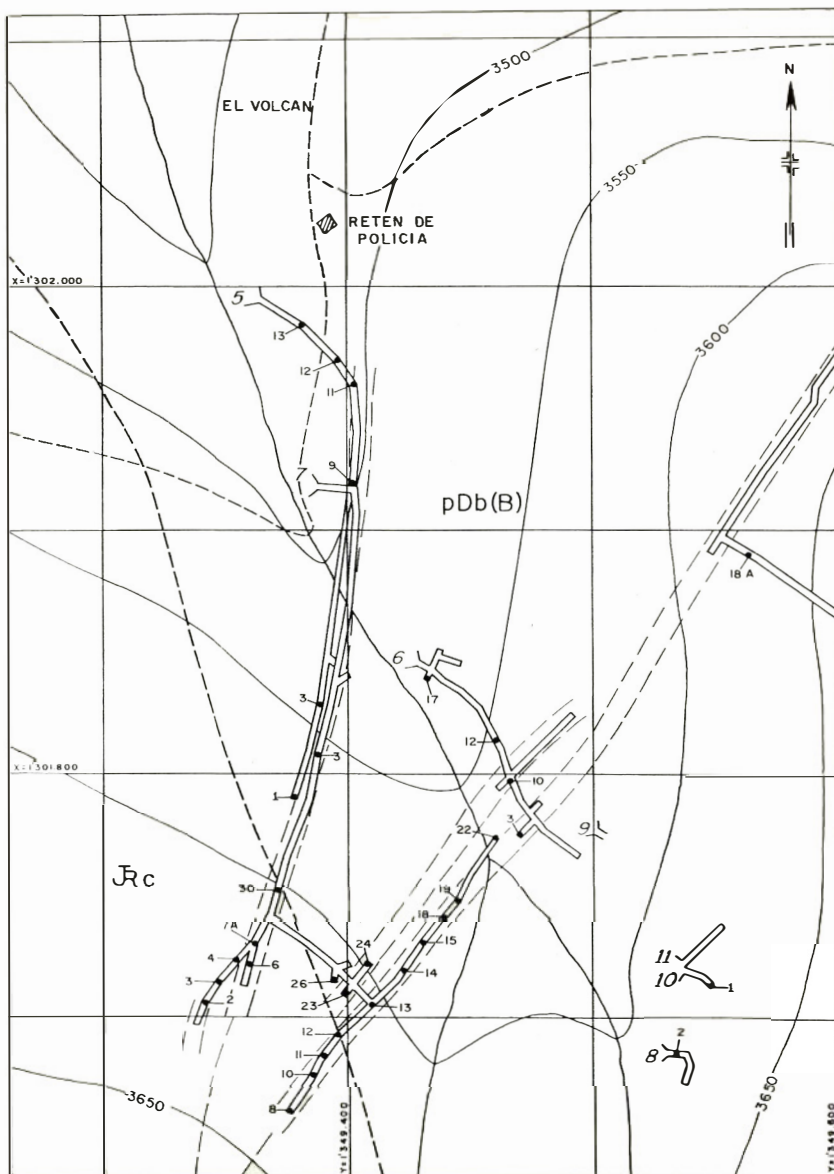


Localización de muestras analizadas Grupo de Túneles La Tosca Oriental  
 Vetas - Grupo V

Nº muestra	Au gr/Ton	Ag gr/Ton	%Cu	%Pb	%Zn	Espesor metros
Tunel 41 - Salvación	Elevación	3030 metros				
41-1B	1.80	98.00				
41-2	1.50	30.00				1.50
41-3	2.25	13.00				
41-8	1.00	2.75				0.90
41-11	1.00	19.00				1.35
41-15	0.50	6.00				1.30
Tunel 42 - Las Perdices						
42-1	9.25	40.25				
42-3	4.75	5.75				
Tunel 43 - Locura	Elevación	3191 metros				
43-1	0.37	3.62				0.50
43-4	0.50	9.50				1.50
43-9	0.50	15.00				1.10
43-12	2.30	3.50				0.80
Tunel 44 - Cimbreadera	Elevación	3132 metros				
44-1	0.50	5.25				0.20
44-4	1.50	47.25				0.90
44-9	1.00	16.00				1.80
44-10	50.00	trazas				1.40
44-12	1.30	37.65				1.05
Tunel 46 - La Peñuela	Elevación	3112 metros				
46-2	9.00	59.50				
Tunel 47 - Italia	Elevación	3089 metros				
47-1	4.00	53.65				0.90
47-2	9.50	404.00				0.80
47-5	4.50	195.00				0.65
47-6	4.30	12.15				1.00
47-8	0.50	3.00				0.65
47-9	1.50	10.75				1.10

**Grupo V Vetas Análisis de Muestras**

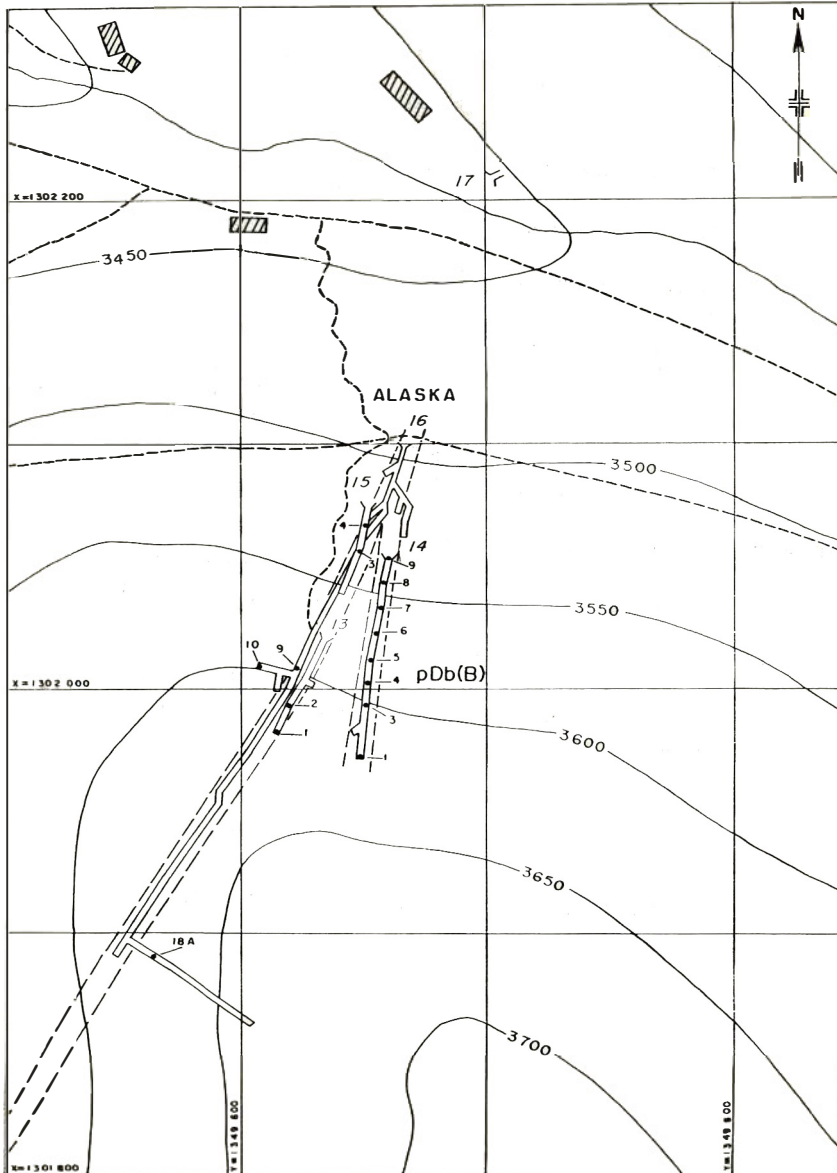




Localización de muestras analizadas Grupo de Túneles El Volcán  
Vetas - Grupo VI

No muestra	Au gr/ Ton	Ag gr/ Ton	%Cu	%Pb	%Zn	Espesor metros
<b>Tunel 5 - El Volcán - Elevación 3455 metros</b>						
5-1	15.50	85.50	0.018	0.51	0.44	1.00
5-3	3.00	7.00	0.007	0.95	0.08	1.15
5-9	37.25	11.50	0.013	0.95	0.17	1.20
5-11	trazas	9.00	0.015	0.91	0.14	
5-12	trazas	3.50	0.018	0.70	0.20	
5-13	trazas	3.50		0.74	0.17	
<b>Tunel 6 - El Volcán - Elevación 3522 metros</b>						
6-3	20.25	29.50	0.04	0.54	0.16	
6-10	trazas	1.00	0.02	0.29	0.22	
6-12	0.50	7.75	0.02	0.70	0.21	0.40
6-17	3.25	16.75		0.62	0.31	0.30
<b>Tunel 7 - El Porras - Elevación 3493 metros</b>						
7-2	2.50	41.30	0.02	0.79	0.13	0.80
7-3	1965	44.00		0.74	0.13	
7-4	2.00	4.25	0.01	0.78	0.13	
7-6	4.75	18.25	0.02	0.74	0.26	
7-7A	1.25	11.25	0.01	0.66	0.18	1.20
7-8	5780	1.50	0.03	0.66	0.08	0.90
7-10	0.37	2.37	0.02	0.66	0.10	
7-11	14.50	58.75	0.03	0.52	0.12	1.10
7-12	76.75	14.25		0.25	0.17	
7-13	5.25	8.00	0.02	0.58	0.17	0.80
7-14	14.50	26.75	0.01	0.37	0.12	1.50
7-15	76.00	116.30	0.02	0.41	0.14	1.20
7-18	43.00	83.30	0.03	0.66	0.18	
7-19	47.00	84.30	0.005	0.70	0.16	
7-22	10.25	33.50	0.02	2.27	0.06	
7-23	76.65	75.30	0.005	0.37	0.11	0.90
7-24	7.25	8.50		0.83	0.12	1.30
7-26	4.33	0.33	0.07	0.70	0.16	0.80
7-30	1.00	4.00	0.04	0.41	0.14	
7-33	1.50	8.65	0.01	0.62	0.16	1.25
<b>Tunel 8 - El Volcán - Elevación 3607 metros</b>						
8-2	trazas	trazas	0.02	0.82	0.17	
<b>Tunel 10 - El Volcán - Elevación 3610 metros</b>						
10-1	87.50	55.00	0.023	0.58	0.23	1.00

**Grupo VI Vetas Análisis de Muestras**



Localización de muestras analizadas Grupo de Túneles Alaska  
Vetas - Grupo VII

Nº muestra	Au gr/Ton	Ag gr/Ton	%Cu	%Pb	%Zn	Espesor metros
<b>Tunel 13 – Alaska – Elevación 3567 metros</b>						
13 – 1	0.75	12.75	0.01	0.41	0.08	
13 – 2	trazas	8.25		0.58	0.11	
<b>Tunel 14 – Alaska – Elevación 3537 metros</b>						
14 – 1	0.37	20.50	0.028	0.49	0.17	0.65
14 – 3	2.00	2.50	0.018	0.79	0.18	
14 – 4	0.87	5.62	0.068	1.53	0.18	
14 – 5	1.75	24.50	0.005	0.88	0.18	0.65
14 – 6	1.50	7.75	0.013	0.93	0.13	
14 – 7	0.50	25.50	0.025	0.79	0.16	0.65
14 – 8	trazas	9.00	0.017	0.91	0.22	
<b>Tunel 15 – Alaska – Elevación 3518 metros</b>						
15 – 3	trazas	7.00	0.015	0.70	0.21	0.75
15 – 4	0.13	5.25	0.012	0.62	0.16	
<b>Tunel 16 – Alaska – Elevación 3498 metros</b>						
16 – 9	trazas	4.00	0.02	1.03	0.21	
16 – 10	0.50	3.00	0.013	1.95	0.23	
16 – 18A	0.75	6.75	0.008	1.16	0.22	0.40

**Grupo VII Vetas Análisis de Muestras**

## BIBLIOGRAFIA

- Arce, M., 1951, Minerales radioactivos en las pegmatitas uranfíferas del Norte de Santander: Colombia Servicio Geológico Nal., Informe 793, 11 p.
- Bargallo, M., 1955, La minería y la metalurgia en la América Española durante la época Colonial: Fondo de Cultura Económica, México D.F. 433 p.
- Botero, G., 1945a, Estudio preliminar sobre las pegmatitas que contienen mica, en el Departamento de Norte de Santander: Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia: Colombia Servicio Geológico Nal., Tomo VI, p. 263-383
- Botero, G., 1945b, Yacimiento de plomo de "Coromoro" : Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia; Colombia Servicio Geológico Nal., Tomo VI, p. 355-364.
- Bueno, J.A., 1955a, Yacimientos de uranio y otros metales en la región de La Baja, Municipio de California, Departamento de Santander: Colombia Servicio Geológico Nal., Bol. Geol., v. III, No. 3, p. 1-83.
- Bueno, J.A., 1955b, Estudios preliminares de tratamiento del mineral urano-argentífero de San Celestino: Colombia Servicio Geológico Nal., Bol. Geol., v. III, No. 3, anexo 3, 1a. -21a.
- Cathcart, J.B., y Zambrano, F., 1967, Roca fosfática en Colombia; Colombia Servicio Geológico Nal., Bol. Geol., v. XV, p. 65-162.
- Champetier de Ribes, G. y Alvarez, A., 1961, Informe de la Comisión de reconocimiento en la región California-Vetas, Departamento de Santander: Colombia Servicio Geológico Nal., Informe 1374, 18 p.

- Cruz, B. J., Vargas, H. R., 1971, Informe sobre yesos de la Formación Rosa Blanca en la Mesa de Los Santos, Colombia Ministerio de Minas y Petróleos, Instituto Nal., Inv. Geológico-Mineras. Informe 1578, 18 p.
- Del Rfo, A., 1947, Carbones de los Municipios de Pamplonita, Bochalema y Cornejo, Departamento de Norte de Santander: Colombia Servicio Geológico Nal., Informe 540, 27 p.
- Duarte, A., 1966, Las minas de oro en Santander y sus posibilidades: Univ. Indus. de Santander (Colombia), Cimeta, v. 2, No. 2, p. 12-16.
- Fischer, R. P., y Fisher, F. S., 1968, Interpreting pan-concentrate analyses of stream sediments in geochemical exploration for gold: U. S. Geol. Survey Circ. 592, 9 p.
- García, C., y Martínez, L. T., 1962, Investigación carbonífera de la zona comprendida entre Ricaurte-Lourdes-Silos. Labateca, Departamento de Norte de Santander: Colombia Servicio Geológico Nal., Informe 1417, 83 p.
- Hedberg, H. D., 1931, Cretaceous limestone as a petroleum source rock in northwestern Venezuela: Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull., v. 15, p. 229-246.
- Hubach, E., 1953, Carbón del Páramo de Almorzadero y carbón y fuentes de agua sal de Molagavita, en el Departamento de Santander: Colombia Inst. Geol. Nal. Bol. Geol. No. 5, pp. 1-12.
- Huffman, C., Jr., Mensik, J. D., y Riley, L. B., Determination of gold in geologic materials by solvent extraction and atomic-absorption spectrometry: U. S. Geol. Survey Circ. 544, 6 p.
- Jaramillo, C. L., 1971, Informe sobre las manifestaciones de sulfuros de la Quebrada Cedrillal, Municipio de Coromoro, Departamento de Santander. Colombia Instituto Nal., Inv. Geológico-Mineras. Informe 1592 pp. 18.

- Rocheaux, J.H., 1911, Pamplona Descripción Tradiciones y Leyendas, Historia Imprenta de la Diócesis. pp. 8-10.
- Servicio Geológico Nacional (Colombia), 1944, Mapa Geológico de Colombia.
- Servicio Geológico Nacional (Colombia), 1962, Mapa Geológico de Colombia.
- Singewald, Q.D., 1950, Mineral resources of Colombia: U. S. Geol. Survey Bull. 964-B, 204 p.
- Ward, D.E., Goldsmith, Richard, Jimeno, V. A., Cruz, B. J., Gómez, R.E., 1969, Mapa Geológico del cuadrángulo H-12, "Bucaramanga", Colombia: Colombia Ministerio de Minas y Petróleos, Inst. Nal. Inv. Geológico-Mineras.
- Ward, D.E., Goldsmith, Richard, Cruz, B.J., Jaramillo, C. L., Vargas, I. R., 1970a, Mapa Geológico del cuadrángulo H-13, Pamplona: Colombia Ministerio de Minas y Petróleos, Inst. Nal. Inv. Geológico-Mineras.
- Ward, D.E., Goldsmith, Richard, Cruz, B.J., Téllez, I.N., Jaramillo, C. L., 1970b, Mapa Geológico de parte de los cuadrángulos I-12 (San Gil) I-13 (Málaga): Ministerio de Minas y Petróleos, Inst. Nal. Inv. Geológico-Mineras.
- Wokittel, R., 1953, Yacimientos del Municipio de Molagavita, Departamento de Santander: Colombia Servicio Geológico Nal. Informe 972, 21 p.
- Wokittel, R., 1954, Recursos Minerales de las zonas Alta, Baja y Vetas en el Municipio de California, Departamento de Santander: Colombia Servicio Geológico Nal., Informe 1030 .
- Wokittel, R., 1957, Yacimientos minerales en el Municipio de Barichara, Departamento de Santander (Barita, yeso, cobre): Colombia Inst. Geol. Nal. Informe 1169, 10 p.
- Wokittel, R., 1960, Recursos minerales de Colombia: Colombia Servicio Geológico Nal., Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia, tomo X, 393 p.

- Jimeno, A., y Yepes, J., 1963, Estudio de las reservas yesíferas de la región de Los Santos-Batán-Villanueva, Departamento de Santander: Colombia Servicio Geológico Nal., Bol., Geol., v. XI p. 261-286.
- Julivert, I. de, 1963, Estudio petrográfico de las calizas de la formación Rosablanca de la región de la Mesa de Los Santos: Colombia Univ. Indus. de Santander Bol. Geol. No. 15, p. 5-34.
- Martínez, L. E., 1962, Investigación de unos yacimientos de yeso, barita y cobre en el Municipio de Zapatoca, Departamento de Santander: Colombia Servicio Geológico Nal., Informe 1427, 17 p.
- Martínez, L. E., 1964, Calizas del Departamento Norte de Santander: Colombia Servicio Geológico Nal., Informe 1478, 46 p.
- Nelson, W. H., 1955, Examen petrográfico de las muestras radioactivas procedentes de California, La Baja, Santander Colombia Servicio Geológico Nal., Bol. Geol., v. III, No. 13 anexo 1, p. 1-19.
- Paba, F., 1946, Carbones del Municipio de San Vicente de Chucurí, Departamento de Santander: Colombia Servicio Geológico Nal., Informe 525, 8 p.
- Paba, F., 1948, Segundo informe de los carbones del Municipio de San Vicente de Chucurí, Departamento de Santander: Colombia Servicio Geológico Nal., Informe 627, 28 p.
- Pagnacco, P. F., 1962, Estudio minerogenético del filón uranífero San Celestino (California, Santander): Univ. Nal. de Colombia, Geología Colombiana, No. 1, p. 45-54.
- Radelli, L., 1961, Epocas magmáticas y metalogenéticas de los Andes Colombianos: un cuadro preliminar: Colombia Servicio Geológico Nal., Bol. Geol., v. IX, p. 5-22.
- Restrepo, V., 1937, Estudio sobre las minas de oro y plata de Colombia: Colombia Escuela Nal. Minas de Medellín, Anales No. 43.