



622.12  
N 24

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**  
Departamento de **INGENIERIA DE GEOLOGIA, MINAS Y PETROLEO**

**“Exploración Geológico-Minera para Fosfatos  
en la Formación La Luna”  
(SIERRA PERIJA-VENEZUELA)**

**TESIS DE GRADO**  
**Previa a la Obtención del Título de**  
**INGENIERO GEOLOGO**

Presentada por:

**LUIS 'ZAMBRANO SERRANO**



**Guayaquil - Ecuador**

**- 1981 -**

## AGRADECIMIENTO

Dejo constancia de mi agradecimiento por Las gestiones realizadas por el Departamento de Ingenieria de Geología, Minas y Petróleos de La Escuela Superior Politécnica del Litoral, en la consecución de la Pasantía de Entrenamiento Profesional en la República de Venezuela que hizo posible el adquirir experiencia profesional.

Hago extensivo mi agradecimiento al Dr. Alirio Bellizzia que en su calidad de Director de Geología del Ministerio de Energía y Minas (MEM) de Venezuela permitió la realización de la Pasantía en sus dependencias.

Al Dr. Simón Rodríguez, quien con su decidido apoyo, se preocupó de terminar satisfactoriamente el trabajo de campo y de laboratorio.

A los geólogos Doctores: Aníbal Espejo, Eduardo Moya, Enrique Viteri, Enrique Ramírez y Jean Paul Xavier y Chantal Xavier, quienes de una u otra forma ayudaron para la realización de este trabajo.

Al personal de empleados de La División de Recursos Minerales de la Zona Occidental (Maracaibo-San Cristóbal) que fueron soportes básicos en la realización del trabajo de campo y oficina

Finalmente, al cuerpo docente del Departamento de Ingeniería de Geología, Minas y Petróleos de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, en especial al Ing. Fernando L. Repetto, Director de tesis, por su asesoramiento y guía en la elaboración de este trabajo, al Ing. Jorge Calle por sus recomendaciones y al Ing. Miguel Graetzer por su estímulo y ayuda.

DEDICATORIA

A MIS PADRES



FERNANDO L. REPETJO  
*Director de Tesis*

DECLARACION EXPRESA;

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a **La ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**".

(Reglamento *de* Exámenes y Títulos *pro* **de**-  
*sionales de'* la ESPOL).

LUIS ZAMBRANO SERRANO

## RESUMEN

Importantes mineralizaciones fosfáticas de origen sedimentario han sido descubiertas en rocas pertenecientes a la Formación la luna del Cretáceo Superior (Cenomaniense Conienciense), aparentemente asociadas a una anomalía radimétrica detectada por levantamiento aéreo a lo largo de la ladera oriental de La Sierra de Perijá del Estado Zulia, Venezuela, al oeste de las poblaciones de Villa del Rosario y Machiques.

Para la prospección se seleccionó un área de 100 Km<sup>2</sup> entre la Quebrada El Taparo y el Río Tocuco. Este trabajo determinó la existencia de dos zonas de interés regional. Una al norte entre la Quebrada la luna y La Cantera Piche y otra al sur entre el río Aponsito Seco y la Quebrada Tisina.

Las capas de fosforita se hallan en la parte superior de la Formación la luna con espesores que varían de pocos centímetros hasta noventa (90) centímetros (cms.).

El tenor de las capas fosfáticas tienen un promedio de 7% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> con variaciones de 2.78% a 75.95% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Entre las quebradas Norte y Tisina, la parte basal del Miembro Tres Esquinas, contiene "pellets" fosfáticos.

Las reservas potenciales posibles de la parte norte es de 4'854.800 Ton. métricas y de la parte sur es de 6'949.600 Ton. métricas.

A nivel local en la zona sur se descubrió un área importante que está ubicada entre las quebradas Botonche y Lisure (2.7 Km) que arroja unas reservas potenciales posibles de 1'576.300 toneladas métricas (TM).

# INDICE

	Pág.
RESUMEN	Vii
INDICE	ix
7. INTRODUCCION	1
1.1. Ubicación y acceso	4
1,2. Clima y vegetación	5
1.3. Topografía e hidrografía	8
7.4. Resumen de investigaciones previas ,	10
1.4.1. Geología	10
1.4.2. Prospección radiométrica	11
II. GEOLOGIA REGIONAL	16
2.1. Estratigrafía	16
2.2. Tectónica	30
2.3. Magmatismo	32
2.4. Mineralización	34
III. GEOLOGIA LOCAL	37
3.1. Grupo Cogollo	37
3.1.7. Formación Apón	40
3.1.2. Formación Lisure	42
3.1.3. Formación Maraca	44
3.2. Formación La luna	45
3.3. Formación Colón	50
3.3.1. Miembro Tres Esquinas	52

	Pág.
3.2. Miembro Socuy	53
3.4. Formación Neco Juan	55
3.5. Formación La Serena	56
3.6. Estructuras	57
IV. GEOLOGIA HISTORICA	62
V. ESTUDIO DEL DEPOSITO	67
5.1. Naturaleza	68
5.2. Génesis	85
5.3. Límites	92
5.4. Geología	93
5.4.1. Levantamiento <u>sami</u> detalla do de la Formación La Lu- na y un <u>perfil</u> geológico <u>colocados</u> .	94
5.4.2. <u>Medición</u> de <u>allada</u> de <u>sec</u> <u>ciones</u> <u>estratigráficas</u> de la Formación La Luna y <u>co</u> <u>nrelación</u> .	99
5.5. Geoquímica	126
5.5.1. <u>Prospección</u> geoquímica <u>pa</u> <u>ra</u> <u>fosfatos</u> en <u>sedimen</u> to <u>fluviales</u> .	127
5.5.2. <u>Prospección</u> geoquímica <u>pa</u> <u>ra</u> <u>fosfatos</u> en <u>Roca</u> .	128
5.5.3. <u>Evaluación</u> de los <u>resulta</u> <u>dos</u> <u>geoquímicos</u>	136

	Pág .
5.6. ESTIMACION DE RESERVAS	738
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	144
VII. PROSPECCION DE RÚCA FÚSFATICA EN EL AREA VE "EL REVENTADOR" PROVIN <u>IA</u> CIA DEL NAPO-ECUADOR.	156
... BIBLIOGRAFIA	174

## FIGURAS

	Pág .
Nº 1. Ubicación.	6
Nº 2. Histograma de temperatura media mensual.	7
Nº 3. Histograma de precipitación media mensual .	9
Nº 4. Estudio geofísico aéreo Sierra de Perijá.	13
Nº 5. Columna estratigráfica generalizada de La Sierra de Perijá.	18
Nº 6. Columna estratigráfica generalizada del área de Estudio.	38
Nº 7. Columna estratigráfica de la Formación La Luna en la Sección Tipo.	46
Nº 8. Croquis y perfil geológico de la Formación La Luna en la Sección Tipo.	47
Nº 9. Distribución del área de la Formación La Luna.	91
Nº 10. Sección estratigráfica de correlación de la Formación La Luna.	100
Nº 11. Columna estratigráfica de la parte superior de la Formación La Luna en La Cantera Piché.	104



## FOTOGRAFIAS

	Pág.
Nº 1. Capa fosfática delgada.	67
Nº 2. Capa fosfática delgada	69
Nº 3. Horizonte fosfático con concreción calcárea.	71
Nº 4. Concreciones calcáreas y cuerpos fosfáticos	71
Nº 5. Contacto entre la Formación La Luna y el Miembro Tres Esquinas.	72
Nº 6. Base del Miembro Tres Esquinas.	72
Nº 7. "Pellets" fosfáticos.	73
Nº 8. "Pellets" fosfáticos con Nícoles Cruzados	73
Nº 9. Cuerpos fosfáticos cilíndricos, restos de peces, "pellets" y foraminíferos.	75
Nº 10. Fragmentos de huesos fosfatizados y "pellets".	75
Nº 11. Cuerpos cilíndricos fosfatizados	76
Nº 12. Oolitos y Foraminíferos fosfatizados.	76
Nº 13. Nódulo fosfático.	78
Nº 14. Glauconita con cuerpos fosfáticos	78

## TABLAS

	Pág .
I. Resultados de análisis de muestras de roca en la Formación La Luna.	81
II. Resultados de análisis de muestras de toca en el Miembro Tres Esquinas .	83
III. Resultados de análisis de muestras de toca en el Miembro Machiques de la Formación Apón.	84
IV. Análisis químico de roca.	56
V. Análisis mineralógico de muestras de atena por difracción de Rayos X.	129
VI. Análisis químicos de sedimentos fluviales.	130
VII. Análisis químicos de toca en el área el Reventadot.	772

## 1. INTRODUCCION

En 1973 la producción mundial de rocas fosfáticas fue cerca de noventa y ocho [98] millones de toneladas métricas, siendo los principales productores Estados Unidos, Rusia, y Marruecos (Emigh D., 1978).

El fosfato ocurre en la naturaleza tanto en rocas ígneas como sedimentarias. En estas últimas se presenta en dos formas: como guano o derivado del guano y como depósitos marinos de fosfatos (fosforitas sedimentarias marinas).

Los depósitos fosfáticos más grandes e importantes del mundo son aquellos derivados de fosforitas sedimentarias marinas, que en 1973 constituyeron el 80% de la producción mundial (Emigh D., 1978), porcentaje que tiende a incrementar-se en el futuro por ser más económica su explotación que de los otros tipos de depósitos.

El mayor uso del fosfato es como fertilizante, ya que éstos consumen cerca del 90% de la producción mundial de fosfato. Existiendo otras aplicaciones, tales como de suplemento alimenticio de animales, detergentes, insecticidas, medicina, explosivos, etc.

En países de alto potencial agrícola, tales como Ecuador, Venezuela, Colombia, etc. se requiere para su desarrollo in

tegral un mayor y mejor empleo de fertilizantes. En especial aquellos derivados de rocas sedimentarias marinas con alto contenido de fósforo, por ser éstas las más abundantes y disponibles en la corteza terrestre, y de menor costo su extracción con relación a los fertilizantes producidos a partir de otras fuentes.

En la República de Venezuela existen en la actualidad, un amplio programa de desarrollo agrícola, lo que evidentemente demandará el consumo de ingentes volúmenes de fertilizantes en orden de preparar y rehabilitar extensas regiones, en consecuencia hay gran demanda de rocas fosfáticas, como materia prima para la elaboración de fertilizantes.

\*  
La Sierra de Perijá puede tener grandes reservas de rocas fosfóricas, que podrían ser utilizadas en beneficio de las tierras Zulianas ya **que se** encuentran adyacentes.

Dadas estas circunstancias la División de Recursos Minerales de la Dirección de Geología del Ministerio de Energía y Minas (MEM) de Venezuela, inició un programa de exploración de fosfatos en la Sierra de Perijá, con el fin de determinar la posible existencia de dichas rocas en el área, la misma que dado el conocimiento general presentaba condiciones favorables tales como:

1. La ocurrencia casi continua de afloramientos de La Forma

ción La Luna (Cretáceo Superior) de litología y génesis similares a las presentadas al sur de los Andes Venezolanos y en la Cordillera Oriental de Colombia, donde se conoce y ha sido extraído fósforo ( $P_2O_5$ ), a partir de la sección fosfática.

2. La existencia de anomalías geofísicas en levantamientos aéreos de radiometría, que han sido asociados con esta unidad litológica (Corporación de Desarrollo de la Región Zuliana, 1976).

En la consecución de este fin se inició el trabajo exploratorio en Octubre de 1977, terminándose la fase de campo en Marzo de 1978. Se tuvo como centro de operaciones la ciudad de Maracaibo, y campamento base en la población de Villa de Rosario (Estado Zulia) (Figura 1), desde donde se realizaban los desplazamientos de las cuadrillas de campo hacia las zonas de trabajo. Algunas veces se instalaron campamentos de montaña en sitios distantes del campamento base con el fin de facilitar la logística de la exploración.

Los partidos de campo generalmente duraban veinte y un (21) días con intervalos de nueve días de receso por mes. Con esta sistemática de trabajo se totalizaron 42 días de trabajo de campo durante 1977 y 63 días durante 1978.

Los levantamientos geológicos y mediciones de secciones es-

estratigráficas, se realizaron con la utilización de brújula tipo "Brunton", cinta y telémetro. También se contó con mapas base topográficos y fotografías aéreas a escala 1:25.000 los primeros y 1:30.000 y 1:70.000 las últimas.

Para la determinación del fosfato en el campo se utilizó el método semicuantitativo desarrollado por Shapiro en 1952, el que está basado en las diferentes tonalidades del color amarillo, las que han función de la formación de fosfovandomolibdato, el que a su vez es función del volumen de  $P_2O_5$  en la muestra.

En los meses subsiguientes a la fase de campo se efectuaron trabajos de laboratorio y oficina, realizándose análisis petrográficos y químicos de las muestras. Además se realizaron mapas geológicos, secciones transversales y columnas estratigráficas a diferentes escalas.

Los análisis petrográficos y químicos se hicieron en los laboratorios respectivos del Ministerio de Energía y Minas (MEM) de Caracas y la Facultad de Ingeniería de La Universidad del Zulia (LUZ) de Maracaibo.

### 1.1. UBICACION Y ACCESO

El área de estudio se encuentra ubicada en el Distrito Perijá, Estado Zulia, República de Venezuela, en el frente montañoso oriental de la Sierra de Perijá,

al oeste de las poblaciones de Villa del Rosario y Machiques (Fig. 1). Está comprendida entre la quebrada La Luna (latitud  $10^{\circ}23'$  N) al norte y el río Tocuco (latitud  $9^{\circ}53'$  N.) al sur, constituyendo una franja de aproximadamente setenta (70) Km. de largo y de un ancho que varía de uno a tres (1 a 3) Km. cubriendo una superficie aproximada de cien (100) Km<sup>2</sup>.

El área de interés está en el piedemonte de la Sierra, y es de fácil accesibilidad. La principal vía de acceso es la carretera Villa del Rosario-Machiques-El Tocuco, de donde salen caminos secundarios que comunican fundos, haciendas y canteras y que por lo general llegan a las estribaciones de la Sierra y ocasionalmente la penetran.

La mayoría de las vías secundarias son transitables en carro en cualquier época del año, otorgándole a la zona condiciones favorables de acceso y fácil comunicación con los centros poblados e industriales de la región.

## 1.2. CLIMA Y VEGETACION

En rasgos generales en la zona rige un clima tropical de húmedo a moderadamente húmedo. La temperatura media anual es de  $27.5^{\circ}$  (años 1938/46), alcanzándose el máximo en agosto con  $28.6^{\circ}\text{C}$  y el mínimo en enero con  $26.7^{\circ}\text{C}$  (Fig. 2).

La precipitación media anual de la región es de 1452 mm.

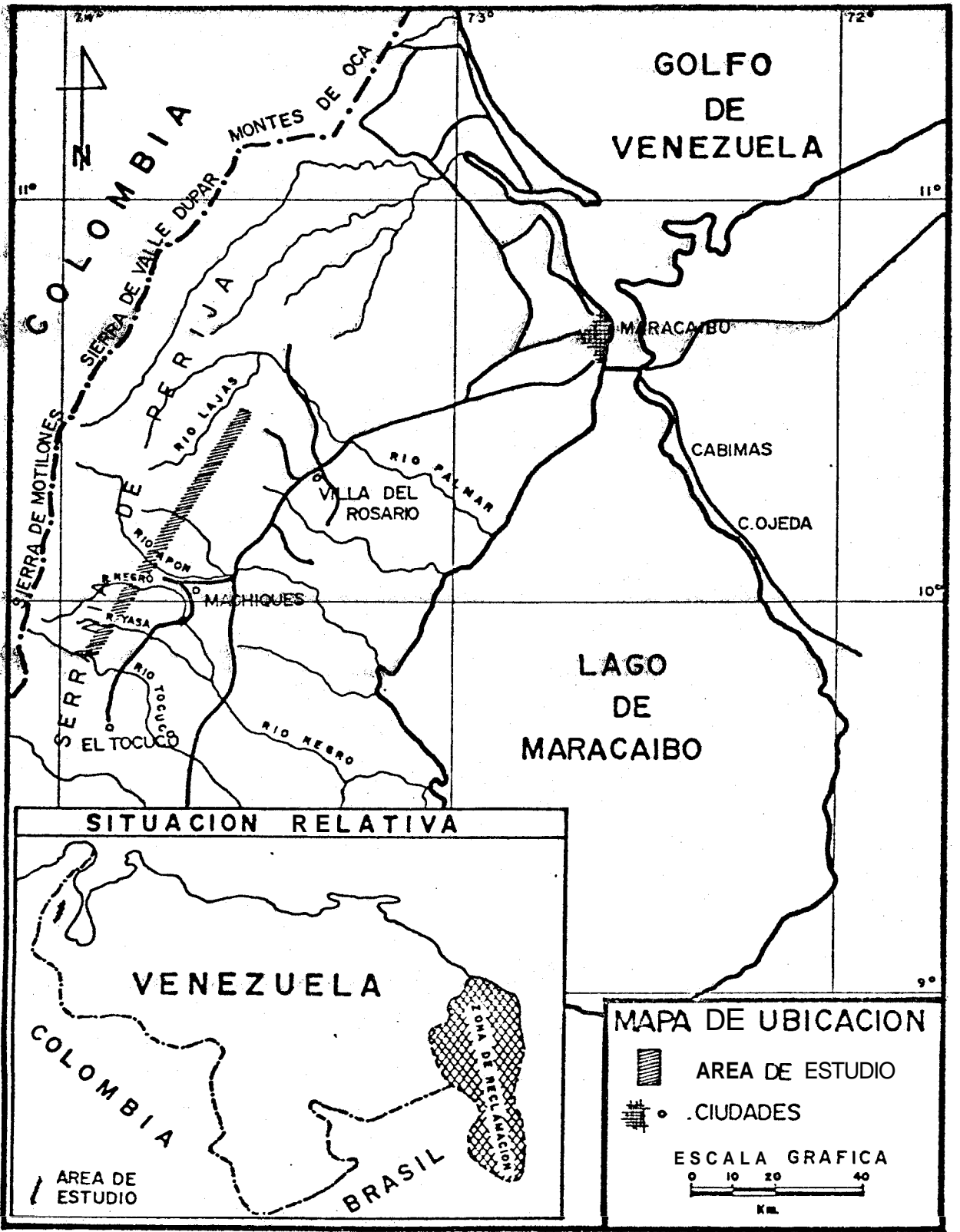
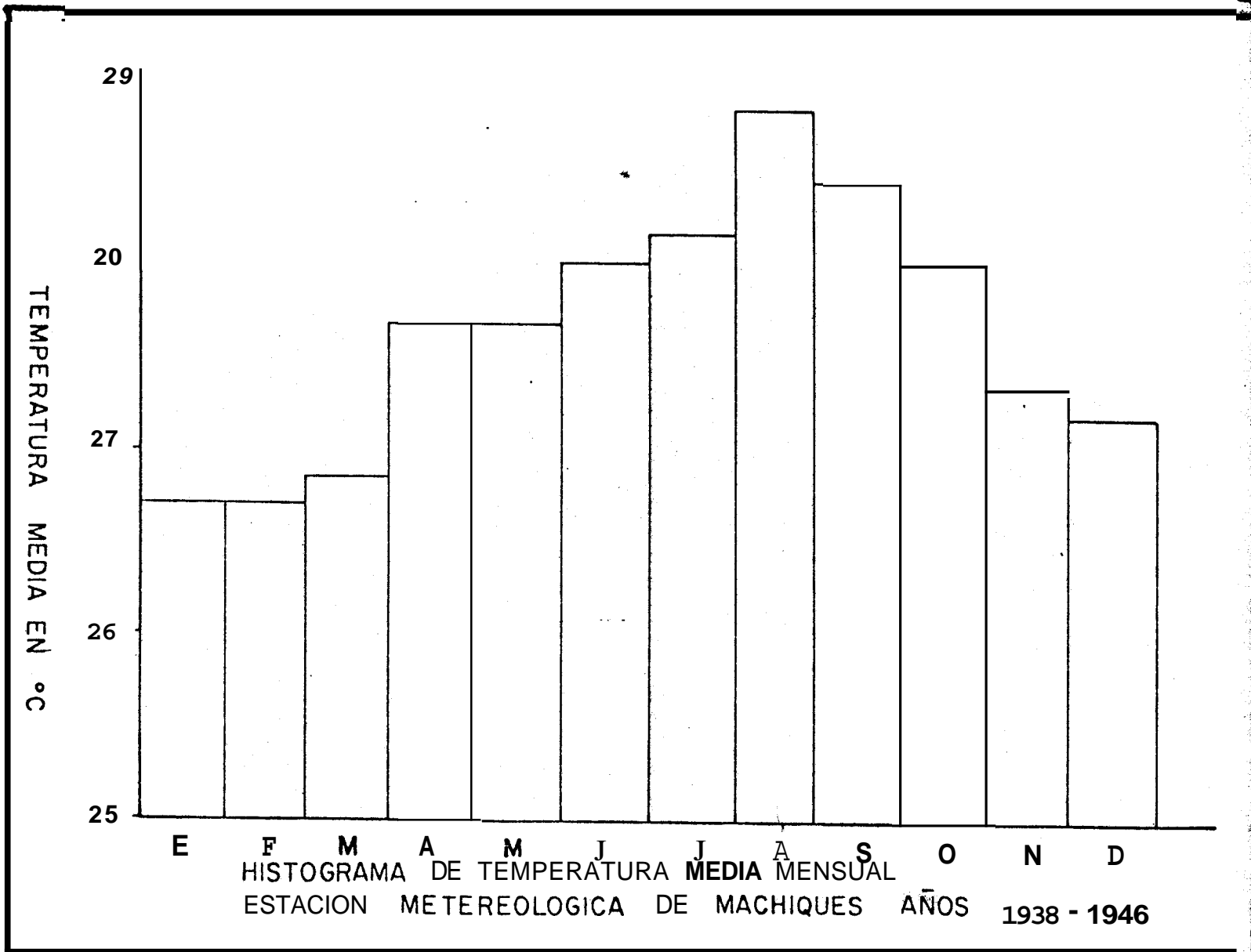


FIG 1



FIG 2



[años 1942/63]. La temporada de lluvia está comprendida entre los meses de abril y noviembre, alcanzándose la máxima precipitación en el mes de octubre [215 mm.] correspondiendo al mes de enero la época más seca 42 mm.] (Fig. 31.

Estos datos se obtuvieron en la estación meteorológica de Machiques (Long.  $73^{\circ}23'0$ , latitud  $10^{\circ}0.3' N$ , 750 msnm), que caracteriza la mayor parte del área de estudio.

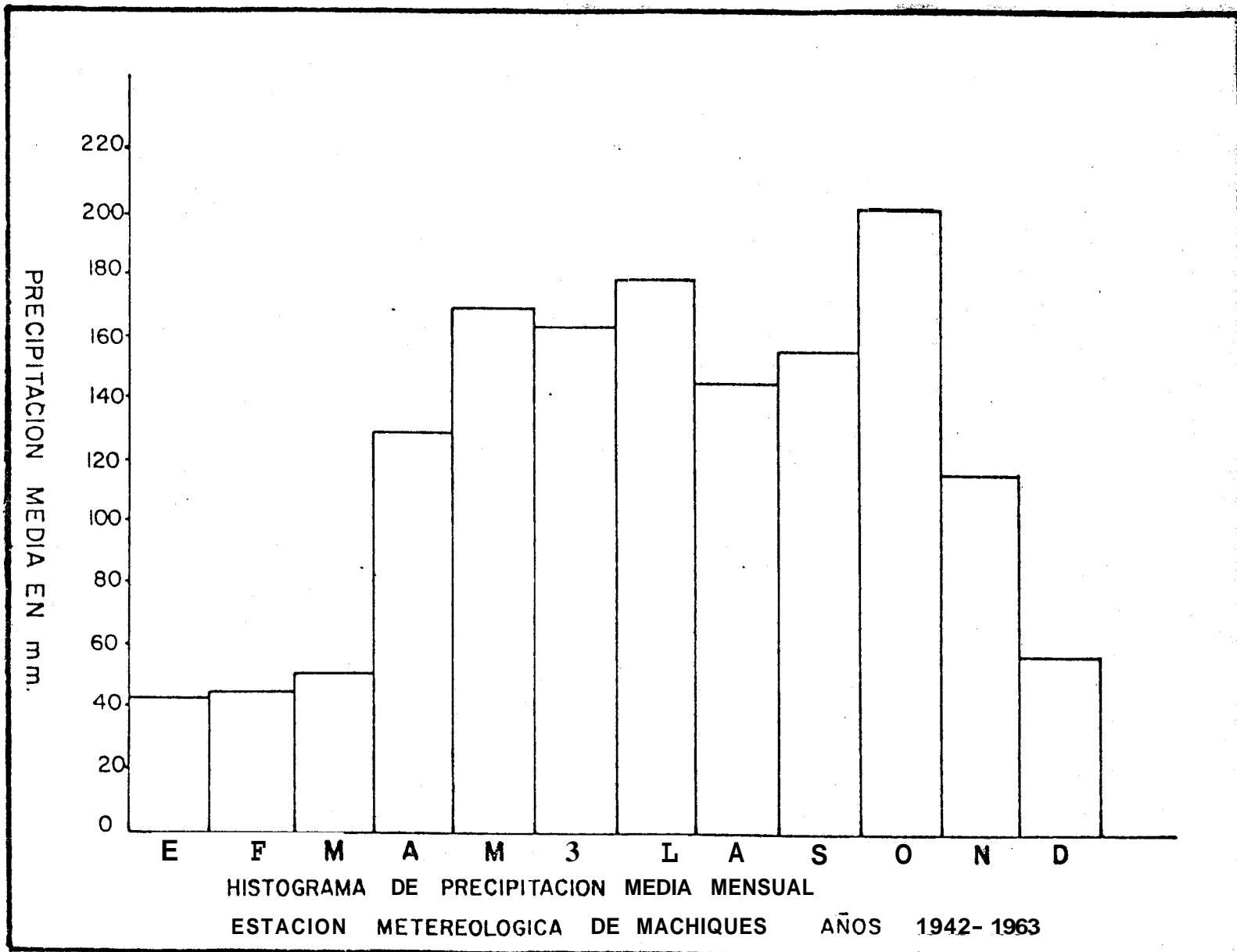
La vegetación es exuberante con cobertura denba que corresponde al tipo de bosques húmedos pre-montanos.

La agricultura en la región no reviste mayor interés a la fecha, habiéndose alcanzado un incipiente desarrollo en lugares aislados. Justamente por esto el interés de encontrar fosfato para apoyar el amplio programa de desarrollo agrícola en que se encuentra empeñado el gobierno. Al este de la Sierra en la llanura, existen vastos pastizales que han dado lugar al desarrollo de una importante ganadería - vacuna.

### 3. TOPOGRAFIA E HIDROGRAFIA

El área de estudio forma parte de las estribaciones orientales de la Sierra de Perijá, comprendiendo por lo tanto la zona piemontina.

FIG. 3



Las alturas varían entre los 200 y 600 metros de Este a Oeste con pendientes que fluctúan del 16% al 40% con un promedio del 26.6%.

A lo largo de toda su longitud, la zona de estudio se ve cortada por ríos y quebradas que muchas veces forman gargantas angostas y profundas.

El sistema hidrográfico está representado por ríos y quebradas que atraviesan las zonas generalmente con dirección NO-SE, algunos de los cuales se unen varios kilómetros adelante para desembocar luego en el Lago de Maracaibo. Los principales ríos permanentes son: Cogollo, Píché, Tinacoa, Cuibas, Macaíta, Apón, Negro, Maracas, Yasa y Tocucc. Además existen varias quebradas en su mayor parte de tipo intermitente que fluyen a los ríos antes mencionados ya sea en la zona piemontina misma o a pocos kilómetros al este de la Sierra. Las principales quebradas son: La Luna, El Ceibote y Cañada de Agua al norte; Aponsito Secc, Aponsito, Santa Rosa y La Lucha al centro; e Higueroñ, Norte, Lisure, Botonche, Cusare, Tisina, Chauto y Chaparro al sur del área.

#### 7.4. RESUMEN DE INVESTIGACIONES PREVIAS

##### 1.4.1. Geología

La Formación La Luna ha sido descrita varias veces desde principios de siglo, pero solo Renz O. (1956)

*fue el que por primera vez describió rocas en la parte media de La Sierra de Perijá con presencia de "pellets" fosfáticos, pero sin establecer la existencia de horizontes enriquecidos en  $P_2O_5$ .*

*En 1963, Ford, A. y Houbolt J.J. encuentran en La quebrada Tisina "pellets" fosfáticos a La base del miembro Tres Esquinas, pero sin darle la importancia económica que podrían representar estos indicios. Por lo demás no he conocido ninguna publicación que trate sobre fosfatos en la Formación La Luna de La Sierra de Perijá.*

#### 1.4.2. Prospección radimétrica

*Las primeras investigaciones en la Sierra de Perijá para la búsqueda de acumulaciones de fosforita en rocas sedimentarias marinas se realizó en noviembre de 1976 estando a cargo de La Corporación de Desarrollo de La Región Zuliana (CORPOZULIA), La que asumió La responsabilidad para que se efectuaran estudios geofísicos radimétricos aéreos, con el fin de determinar La existencia de anomalías.*

*En los estudios radimétricos aéreos, para diferenciar las anomalías se utilizan canales o ventanillas, que son límites de energía que dejan pasar la radiación*

ción gamma de acuerdo a la fuente. En este estudio se utilizaron 4 canales; para el Conteo Total, el Potasio, la serie del Uranio y La serie del Torio.

En la natuaatezc la mayoría de las fuentes radioactivas (naturales) pocas veces son puras, pero contienen cantidades variables de los tres radioelementos y su clasificación por lo general es en base al tipo dominante.

La parte Oriental de la Sierra de Perijá se caracteriza por un relieve radimétrico plano, con pocas características prominentes y de baja intensidad, sin embargo en algunas regiones de esta área tan intensidades radimétricas son suficientemente altas para ser reconocidas.

En el área de estudio de exploración de roca fosfórica, aparece una zona con respuesta anómala no diferenciada, que consiste en una faja persistente de pequeñas áreas anómalas de baja amplitud y con rumbos NE-SO; la zona coincide con la faja de rocas cretácicas de las formaciones Río Negro, Apón, fa Luna y Colón, que aparecen al Este de La Sierra (Figura 41).

Al sur otra faja anómala paralela al rumbo de las

## SIERRA DE PERIJA

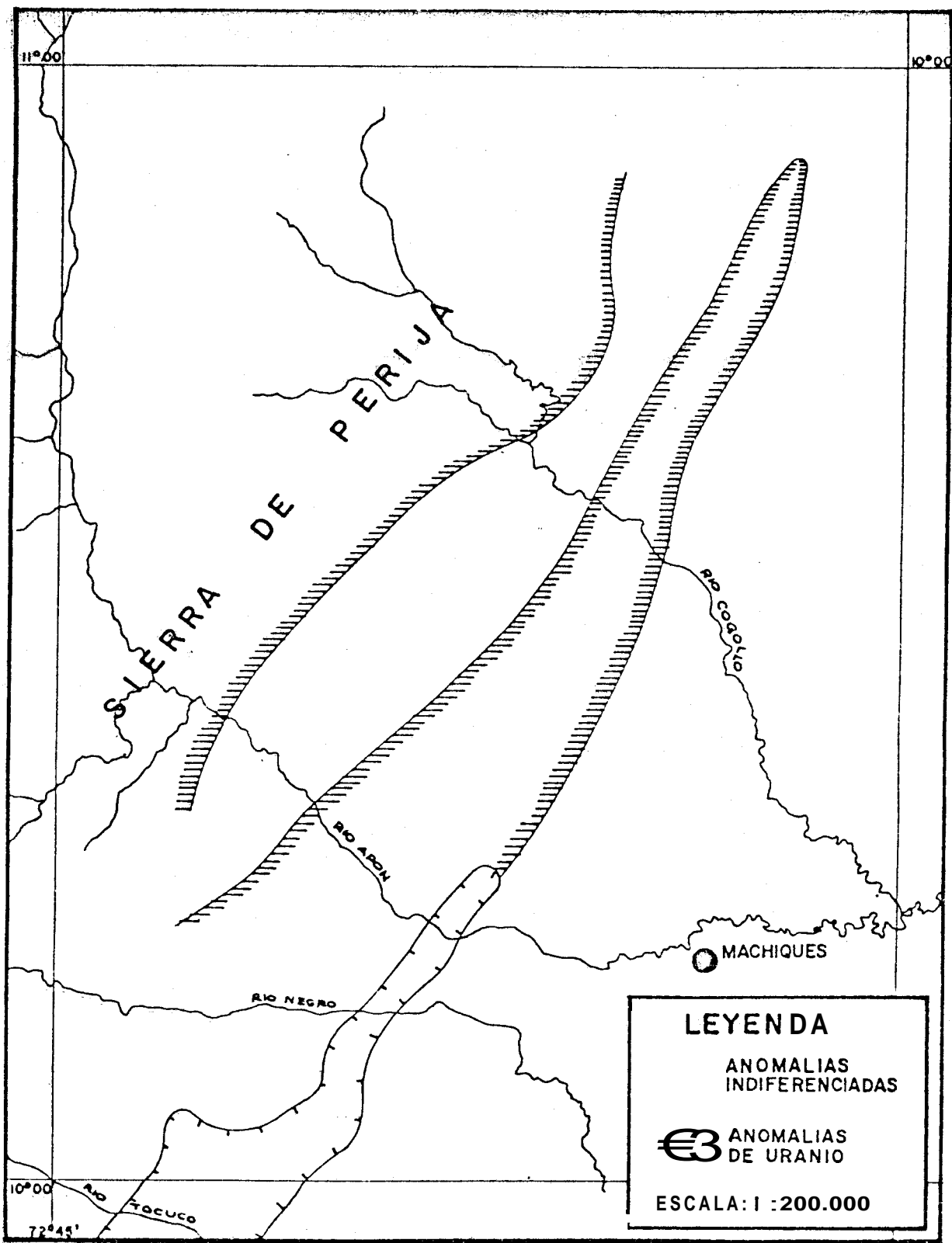


FIG. 4

72°30'

unidades locales y consiste en un grupo de 20 anomalías de Uranio. En esta zona afloran las formaciones la luna, Colón y Mito Juan, Esta zona tiene como límite norte el río Aposito Seco y posiblemente se prolonga hasta La frontera con Colombia (Fig. 41.

la mayoría de estas anomalías coincide con la Formación la luna y se tomaron como área de interés para mineralizaciones de uranio.

Las capas de fosforitas de la Formación la Luna (Cretáceo Superior) en los Andes de Venezuela (Estado Táchira) al sur de la región, son apreciablemente radioactivas, con un promedio de 0,01% de  $U_{30g}$ . Se trató de relacionar las anomalías radiométricas de La Sierra de Perijá, con la presencia de fosfatos.

Además, apoyando esta interpretación, en la Cordillera Oriental de Colombia se ha probado la presencia de rocas fosfóricas con anomalías radioactivas que se extienden aproximadamente por 600 Km. a partir de La Localidad de Elías al Sur, hasta Orú, al norte. la distancia entre Orú y La frontera con Venezuela no excede los 50 Kms.

Está dentro de parámetros lógicos el considerar que la Formación La luna al norte del Departamento del



Norte de Santander (Zona de Orú) se prolongue con iguales características y forme parte de la cuenca de Maracaibo (Zambrano F., 1979), aunque Xodavía no be han realizado trabajos exploratorios concluyentes .

Con estos antecedentes, la División de Recursos Minerales inició el programa de exploración de rocas fosfáticas en la Sierra de Perijá, a fines de 1977.

## II. GEOLOGIA REGIONAL

Desde principios de siglo y especialmente en los últimos 30 años, la Geología de la Sierra de Perijá ha sido conocida por diversos trabajos de geólogos, tanto de las Compañías Petroleras, como del Ministerio de Energía y Minas, contándose entre otros a: Hedberg H.D. y Sass L.C. [1937], Liddle R. et al. [1943], Trumpy D. [1943], Liddle R., [1946], Sutton F.A. [1946], Rod E. y Mayne W. [1954], Renz O. [1956, 1959, 1977], Hea J.P. y Whitman A. [1960], Miller J.B. [1960], Ford A. y Houbolt J.J. [1963], Bowen J.M. [1971], Moticska P. [1975], González L. y Ortíz H. [1976], Etchart E. y González L. [1977], Ortíz H. [1977], etc.

Se han descrito formaciones que varían en edad desde el Paleozoico al Cenozoico (Mapa 1, Fig. 5). Además conviene para claridad del tema hacer un resumen de la estratigrafía, la tectónica, el magmatismo y la mineralización de la región, el mismo que a continuación se expone.

### 2.1. ESTRATIGRAFIA

#### Paleozoico

Pre-Devónico.- El basamento de la Sierra de Perijá está constituido por rocas metamórficas denominadas por Sutton F. [1946] como "Serie Perijá". A esta serie se le atribuye una edad Paleozoico Inferior, para ciertos

# COLUMNA ESTRATIGRAFICA GENERALIZADA DE LA SIERRA DE PERIJA

ERA	PRD	EPOCA	LITOLOGIA	DENOMINACION	DESCRIPCION LITOLOGICA
<b>CENOZOICO</b>	<b>TERCIARIO</b>	MIOC.	[Dotted pattern]	FM. LA VILLA	----- ARENISCAS
			[Dotted pattern]	FM. LOS RANCHOS	LUTITAS
		OLIGOC.	[Horizontal dashes pattern]	GR. EL FAUSTO	LUTITAS ARCILLAS
			[Horizontal dashes pattern]	FN. LA SIERRA	----- ARENISCAS
		PALEOC.	[Horizontal dashes pattern]	FN. MARCELINA	LUTITAS
			[Grid pattern]	FM. GUASARE	----- CALIZAS ARENISCAS
<b>MESOZOICO</b>	<b>CRETACICO</b>	S	[Horizontal dashes pattern]	FM. COLON-MITO JUAN	LUTITAS
			[Brick pattern]	FM. LA LUNA	CALIZAS-LUTITAS
		I	[Dotted pattern]	FM. MARACA FM. LISURE	GR. COGOLLO
			[Brick pattern]	FM. APOH	CALIZAS ARENISCAS
	<b>JURASICO</b>	S	[Dotted pattern]	FM. RIO NEGRO	ARENISCAS
			[Brick pattern]	FM. LA QUINTA	----- CONGLOMERADOS ARENISCAS
		M	[Brick pattern]	FM. MACOITA	GR LA GE
			[Brick pattern]	VOLCANICAS DE LA GE	CALIZAS ARENISCAS - LUTITAS
		I	[Brick pattern]	FM. TINACOA	TOBAS - PIROCLASTOS LUTITAS - TGBW
			[Horizontal dashes pattern]		-----
<b>PALEOZOICO</b>	<b>PERMICO</b>	S	[Horizontal dashes pattern]		-----
			[Horizontal dashes pattern]		-----
		I	[Horizontal dashes pattern]	FM. PALMARITO	CALIZAS - ARENISCAS
	<b>CARBONICO</b>	[Horizontal dashes pattern]	[Horizontal dashes pattern]	FM. RIO PALMAR	-----
			[Horizontal dashes pattern]	FM. CAÑO INDIÓ	GR SABANETA
			[Horizontal dashes pattern]	FM. CAÑO DEL NOROESTE	CALIZAS ARENISCAS LUTITAS
			[Horizontal dashes pattern]		-----
	<b>DEVONICO</b>	[Horizontal dashes pattern]	S	FM. CAMPO CHICO	ARENISCAS
			M	FM. CAÑO DEL OESTE FM. CAÑO GRANDE	GR RIO CACHIRI
			I	FM. LOS GUINEOS	LUTITAS
[Horizontal dashes pattern]	[Wavy pattern]	SERIE PERIJA	----- ESQUISTOS CUARCITAS		

FIG. 5

autores abarca hasta edad Precámbrica. Está constituído de cuarcitas y esquistos micáceos cortados por diques aplíticos y vetas de cuarzo lechoso.

Datos estratigráficos y estructurales establecen que en el Paleozoico Temprano existía un miogeosinclinal, en el área de la actual Sierra de Perijá y Cordillera Oriental de Colombia (Irving E., 1975).

Devónico.- Durante el Devónico una transgresión marina cubrió el área norte-central de la Sierra de Perijá depositando un paquete de sedimentos discordante sobre las rocas metamórficas o granitos más antiguos (Bowen J., 1971). Estas rocas pertenecen al Grupo Río Cachirí, constituido por las Formaciones Los Guineos, Caño Grande, Caño del Oeste y Campo Chico que van de la parte superior del Devónico Inferior hasta el Devónico Superior, siendo concordantes entre sí.

La Formación Los Guineos está constituida a la base de una secuencia de guijarros de cuarzo, lutitas limosas grises y areniscas laminadas. En las partes media y superior se encuentran areniscas laminadas de grano fino a mediano, lutitas grises, y al tope de la unidad se encuentra una caliza negra fosilífera. Esta unidad supra yace discordantemente a las rocas más antiguas. Sobre-

yaciendo a La Formación LOA Guineos se encuentran lutitas micáceas, areniscas y calizas fosilíferas, con características de sedimentación marina poca profunda y que constituyen la Formación Caño Grande. Suprayacen a esta formación cuarcitas ferruginosas y micáceas, lutitas limoníticas y pizarrosas negras que componen la Formación Caño del Oeste. Estos sedimentos se depositaron en un ambiente marino poco profundo, salobre y de condiciones reductoras. Cerrando el período, ocurre la Formación Campo Chico formada por grauwacas cuarcíticas y ferruginosas grises oscuras, lutitas arenosas grises y escasas calizas delgadas. EL ambiente deposicional es subdeltaico con períodos marinos y salobres en menores proporciones.

Por otro lado, ffca J.P. y Withman A. (1960) afirman que las formaciones integrantes del chupo del Río Cachirí, son una secuencia regresiva.

Carbónico-Pérmico.- Hasta ahora no existe una definición clara en cuanto a las formaciones carbonícas-pérmicas en la Sierra de Perijá. Bowen J. (1971) hace una descripción que se considera la más aceptable.

En algunas partes de la sierra septentrional, en discordancia sobre el Grupo del Río Cachirí o sobre rocas pre-devónicas, se encuentran rocas clásticas di3

grano ghueho a fino con volcánicas subordinadas llamadas Grupo Sabaneta. A este Grupo pertenecen las formaciones Caño del Noroeste y Caño indio.

La Formación Caño del Noroeste está formada de areniscah delgadas arcóscicas, a veces guijarrosas, alternantes con lutitas limosas y lodolitas; escasas calizas crinoidales en capas delgadas y lutitas calcareas gris oscuro, correspondientes probablemente a un ambiente marino restringido de aguas someras. la fauna existente pertenece al Carbónico Medio-Inferior (Namuriense - Wesrfaliense Inferior]. Está suprayacida concohdantemente por la formación Caño indio consistente principalmente en lodolitas limosas rojas, grises y a veces verdes, limolitas y areniscas pahdc rojizas. En la pate media predominan las areniscas macizas espesas. El ambiente de depositación pudo her marino, especialmente en La parte superior donde hay algunas capad de calizas marinas fosilíferas. Por La posición estratigráfica se infiere que pertenecen al Carbónico Medio-Inferior (Pensilvaniense Inferior).

Transicionalmente suprayace a las rocas del Grupo Sabaneta la Formación Río Palmar que está formada en la pahte inferior por pocah margas y lodolitas calcáreas limosas rojas. En La pahte media por ftanita pardo ohcura a negra, y por calizas gruesas y macizas, bioclás

ticas yoolíticas negras a gris oscuro y claro en la parte superior.

La abundancia de calizas y ausencia de clastos gruesos son indicios de una sedimentación en zona de plataforma marina poco profunda. Los fósiles presentes le dan una edad de fines del Carbónico Medio (Pensylvaniense Inferior).

Suprayaciendo en discordancia angular a las hocab del basamento y a las formaciones Caño indio y Río Palmar, según el lugar, se encuentra la Formación Palmarito con dos miembros, uno inferior clástico y otro superior calcáreo. El miembro inferior consiste de areniscas gris claro a pardo grisáceo de grano fino a medio con estratificación cruzada. El miembro superior está formado por caliza gris, maciza, fosilífera con intercalación de fta nita. Ek ambiente en que se depositó el miembro inferior es del tipo marino marginal poco profundo, mientras que el superior indica condiciones de plataforma en mar más abierto. Las calizas del miembro superior contienen fósiles que le atribuyen una edad Pérmica (posiblemente Wolfcampiense Superior).

### Mesozoico

Jurásico. - Head J.P. y Withman A. (1960), designaron como Grupo la Ge a una secuencia de material piroclástico, -

lavas y sedimentos terrestres, que se encuentran entre rocas de edad Pérmica y el Cretáceo Inferior.

El grupo la Ge está compuesto por las formaciones Tinacoa [volcánicas de la Ge], Macoíta y la Quinta.

La Formación Tinacoa suprayace en aparente concordancia a la Formación Palmarito en el caño Caliche, sin encontrar en ningún otro lugar este contacto. Su litología se compone de una secuencia de lutitas y calizas negras tobáceas, lutitas calcáreas gris oscuro a negro, finamente estratificadas. En la parte superior se encuentran grauwacas, limolitas y arcillitas gris oscuro a negras. Los indicios paleontológicos de la flora encontrados por Odreman O. y Benedetto G. (1977), indican un ambiente de agua dulce y definen una edad correspondiente al Jurásico inferior para esta Formación.

Una secuencia de tobas y aglomerados de color gris verde, macizas y bien cementadas, casi sin estratificación, suprayacen o pasan lateralmente a la Formación Tinacoa. A esta secuencia se la conoce como Volcánicas de la Ge, que infrayacen a la Formación Macoíta a la cual también puede pasar lateralmente. En otras localidades está suprayacida discordantemente por la Formación la Quinta.

A la secuencia transicional entre las unidades Tinacoa y Volcánicas de la Ge a la Quinta se la conoce como For



mación Macoïta, **que** consiste principalmente de areniscas tobáceas, calcáreas de color gris claro a verdoso, interestratificadas con lutitas calcáreas, limosas, carbonosas y tobáceas de color gris. En la parte inferior se encuentran bandas asociadas de guijarros de caliza limosa, fragmentos de carbón y restos carbonizados de plantas. La parte superior contiene grauwacas finas, grises, areniscas rojas y lentes de conglomerados de guijarros en gran parte volcánicos. Estas hocha aparentemente se depositaron en aguas homehah o en ambiente continental siendo productos de erosión de rocas volcánicas del tipo La Ge. Por correlación y la flora contenida, se la considera de una edad Jurásico Medio (Beneditto G. y Odreman O., 1977).

Transicionalmente encima de la Formación Macoïta se encuentra la Formación La Quinta que consiste principalmente de arcosas volcánicas de grano fino, duras, limosas a conglomeráticas de color rojo a verde, interestratificadas con lutitas limosas rojizas. Además existen limolitas calcáreas rojas con intercalaciones de areniscas y conglomerados. Por otro lado hay tobas líticas y lavas riolíticas, andesito-basálticas y algunas basálticas.

En la parte superior de la unidad existen capas macizas

de conglomerados gruesos de color rojo oscuro a negro rojizo conocido como "Conglomerado de Seco".

La Formación la Quinta se depositó en un ambiente de continental a litoral con variaciones locales. La edad de esta unidad litológica en La Sierra de Perijá se la ha determinado por evidencias paleobotánicas y se la ubica desde el Jurásico Medio al Superior (Benedetto O. y Odreman O., 1977).

Cretácico.- A principios del Cretácico se inició una transgresión marina que cubrió una vasta penillanura **que** correspondía a todo el occidente de Venezuela (Zambrano E. et. al., 1971). **AL** mismo tiempo empezaron a hundirse ciertas regiones evidenciado por el gran espesor de las formaciones cretáceas. En la Sierra de Perijá se formó el surco deposicional de Machiques.

La unidad litológica más antigua correspondiente a este período y que suprayace discordantemente sobre formaciones existentes, es la Formación Río Negro, que consiste principalmente de areniscas de grano grueso, blancas a gris claro, conglomerados heterogéneos intercalados con lutitas y escasas calizas arenosas. Aparte de estas calizas de origen marino **de** admite un ambiente continental para esta formación. No se han hallado fósiles, con excepción de restos **de** plantas inidentifi-

cables, pero por su posición estratigráfica se le atribuye una edad cretácico inferior (pre Aptiense posiblemente Barremiense-Neocomiense).

Concordantemente sobre Río Negro, está La Formación Apón que junto a las formaciones Lisure y Matraca componen el Grupo Cogollo, término que ha sido empleado en muchos trabajos geológicos de la región. EL Grupo Cogollo pertenece en su generalidad a un ambiente marino poco profundo.

La Formación Apón se divide en tres miembros, a saber: Tibú, Machiques y Piché, Los mismos que representan variaciones locales de importancia. De manera general la Formación Apón está constituida en su base por calizas y lutitas arenosas, seguido de un grueso intervalo de calizas macizas. En la sección intermedia hay un intervalo de lutitas calcáreas y por último la parte superior incluye calizas coquinoideas, nodulares margosas y algunas margas. Por la presencia considerable de determinados fósiles se le adjudica una edad Cretácico Inferior (Aptiense-Albiense).

EL contacto superior es concordante con la Formación Lisure constituida principalmente por areniscas glauconíticas y calizas arenosas, lutitas y algunas capas de calizas nodulares con fragmentos de moluscos y equinios.

dos. Por determinaciones de fósiles se le atribuye una edad Cretácico Inferior (Albiense Medio a Superior).

Transicionalmente encima de esta unidad litológica se encuentra la Formación Maraca que consiste en capas de gran espesor de calizas grises con abundantes fragmentos de fósiles, calizas litográficas blaucuzcas con intercalaciones de lutitas y margas. La fauna le da una edad Cretácico Inferior (Albiense Superior).

Durante el Cretáceo Superior parece que hubo un aumento de la profundidad del mar, que correspondió posiblemente a una fase transgresiva de amplia distribución dando como resultado a la Formación La Luna que se compone de calizas y lutitas calcáreas delgadamente estratificadas y laminadas de color gris oscuro a negro, carbonáceas y bituminosas. Además contiene algunas capas delgadas de calizas fosfáticas en la parte superior, contándose también con horizontes delgados de tanita negra y concreciones calcáreas negras, que son características de amplia distribución regional. Posiblemente el ambiente en que se depositó consistió en un mar cerrado en condiciones de fondo euxhínico. La abundancia de fósiles tanto foraminíferos como amonites le dan una edad cretácica superior (Cenomaniense a Coniaciense).

Suprayaciendo a la Formación La Luna, aparentemente en forma concordante se encuentra la Formación Colón que en conjunto consiste de lutitas microfósilíferas uniformes, oscuras y macizas, pero en su base especialmente en la zona de estudio presenta un intervalo litológico diferente **que** se la ha dividido en dos miembros: la base, formado por un intervalo de arenisca glauconítica algunas veces con concreciones piritosas y fosfáticas llamado Miembro Tres Esquinas que está suprayacida por el Miembro Socuy compuesto por capas delgadas de caliza fósilífera gris, teniendo este miembro espesores hasta de sesenta (60) metros aproximadamente. La Formación Colón pertenece todavía a una facies de mar abierto. Por los foraminíferos encontrados se le atribuye una edad Cretácico Superior (Coniaciense Superior a Maestrichtiense).

Concordante y transicionalmente arriba de la Formación Colón se tiene a la Formación Mito Juan con lutitas oscuras similares a la anterior pero conteniendo a veces algunas capas delgadas de areniscas y calizas. Según se deduce, aquí ya prevalecieron condiciones de mar somero. La edad de la formación es Cretácico Superior (Maestrichtiense) dada por la rica fauna de foraminíferos.

Muchas veces se **ha** hecho difícil establecer el contacto

entre las formaciones Colón y Mito Juan por lo que algunos autores prefieren usar el nombre informal de Formación Colón-Mito Juan, que es como se presenta en la Fig. 5.

### *Cenozoico*

Terciario.- En la Cuenca de Maracaibo el Terciario ha sido exhaustivamente estudiado por numerosos y notables geólogos, dada la importancia económica que las rocas de este período tienen en relación con el petróleo y el carbón existente en el área.

Aquí se hace un breve resumen de las diferentes unidades litológicas que están presentes en periferia de la zona específica del estudio.

El Paleoceno y el Eoceno Inferior se caracteriza por una facies de calizas, areniscas calcáreas y lutitas, de origen de plataforma marina de poca profundidad y que constituyen la Formación Guasare. Estos sedimentos indican una etapa regresiva al final del Cretáceo.

Una sucesión desde paludal hasta agua dulce de lutitas y areniscas carboníferas son denominadas Formación Mercelina.

Una secuencia de areniscas, limolitas y lutitas con can

tidades menores de conglomerados denominados Formación La Sierra, se depositó en un ambiente lacustre a litoral durante el Eoceno Medio. En el Oligoceno-Mioceno Inferior se depositó una espesa sucesión formada casi exclusivamente de arcillitas constitutivas del Grupo el Fausto, pero ~~463~~ reconocen variaciones litológicas persistentes que permiten subdividirla en formaciones Aales como: Cuiba, Macoa, Peroc y Ceibote. En el área de El Totumo-Inciarte está en discordancia bien definida sobre formaciones más antiguas, pero inmediatamente al sur el contacto es concordante con la Formación la Sierra.

Del Mioceno Medio al Superior se depositaron las Formaciones Los Ranchos y la Villa que son concordantes, -transicionales entre sí y consisten de areniscas, arcillitas y limolitas, iniciándose así la última sedimentación continental en la Sierra de Perijá.

## 2.2. TECTONICA

Miller J. en 1960, hace un estudio general de las directrices tectónicas de la Sierra de Perijá, en que aclara muchos conceptos estructurales que hasta ese entonces estaban un poco confusos.

Restringidos a la zona de este estudio, los ejes de los

pliegues y fallas de compresión de la Sierra de Perijá, tienen predominantemente un rumbo N30-35E.

El sistema de fallas más importante es el sistema Perijá que está integrado por fallas de rumbo aproximado N30-35E, paralelo al eje de la serranía. Pertenece a este sistema La falla Cuiba, La que a la altura del río Palmar, toma una dirección norte con el nombre de falla Socuy.

Estas fallas son en su mayoría normales o inversas de alto ángulo con movimientos paralelos al buzamiento de las capas. Combinados a este esquema se encuentran varios fallamientos de rumbos de carácter local más o menos prominentes. Algunas fallas de rumbo  $60^{\circ}$  se ramifican a partir de fallas longitudinales.

Se conoce también un sistema de fallas transversales relacionado con la directriz del fallamiento Arena Blanca y Oca al Sur y Norte del área.

La Sierra de Perijá presenta además estructuras N65E posteriores al "sistema Perijá".

Según Xavier y Espejo (1977); existe otra dirección estructural diferente al "Sistema Perijá", que corresponde a una fase tectónica compresiva, compuesta por un sistema de pliegues y fallas dextrales de rumbo N50E, cuyo



elemento mayor es la falla de Piaicenc.

### 2.3. MAGMATISMO

Las rocas de origen magmático de la región, no han sido estudiadas en forma detallada y son pocos los autores que se han preocupado por despejar incógnitas relacionadas con estos eventos magmáticos.

Rocas plutónicas. - En varias localidades numerosos cuerpos graníticos han sido descritos y relacionados entre sí.

Existen afloramientos de cuerpos intrusivos en el río Palmar, río Lajas, quebradas La Ge y La Quebrada, Caño Colorado, etc.

Los cuerpos graníticos mejor conocidos son LOA de El Palmar y el de Lajas y que presentan cierta similitud entre sí, Consisten principalmente de una roca color rosado, con textura variable de grano medio a fino, con cuarzo, ortosa, plagioclasa, a veces con pequeñas cantidades de hornblenda, biotita y muacovita.

EL Granito de Lajas posiblemente sea una continuación - hacia el sur del Granito de El Palmar, se puede admitir un desplazamiento transcurrente sinistral del sistema - de fallas El Tigre-Cuibas en que originalmente LOA dos cuerpos pudieron haber estado juntos (Bowen J., 1971).

El Granito de La Quebrada es de grano grueso, rosado, a veces gris con textura cataclástica, con feldespatos y minerales ferronagnesianos muy alterados. Por último el Granito de Caño Colorado es una roca que contiene cuarzo y clorita derivada de biotita, con feldespatos alterados.

Todos estos granitos aparentemente forman parte de una provincia granítica que se extiende desde el río Lajas al sur, hasta la isla de Toas y posiblemente hasta la falla de Oca al norte (Moticska P., 1975).

Hea J. y Withman A., [1960], atribuyen al Granito de El Palmar una edad Paleozoica Superior. Además, determinaciones radiométricas de varias muestras realizadas por la Compañía Shell de Venezuela, tienden a confirmar una edad entre el Triásico y el Devónico (Martín C., 1968).

Sin embargo, Bowen J. (1971), por evidencias de campo sugiere una edad pre-devónica para algunas de las intrusiones graníticas de la región. Por último, según dataciones radiométricas recientes (Etchart, E., comunicación verbal, 1978), la mayoría de estos cuerpos graníticos dan también una edad pre-Devónica.

Como ya se dijo anteriormente, las metamórficas de la "Serie Perijá" están cortadas por diques aplíticos, con

siderados estos como la etapa final del magmatismo.

Rocas volcánicas.- La actividad volcánica en La Sierra de Perijá está presente en todo el lapso que comprende desde la sedimentación de La Formación Tinacoa hasta la Formación La Quinta, y es evidenciada por la interestratificación e interdigitación de lavas (Motiscka P., 1975).

Al Oeste de La quebrada La Ge, afloran tobas y aglomerados de color gris-verde, macizos y bien cementados, en su mayoría sin estratificación, que suprayacen y pasan lateralmente a La Formación Tinacoa, Estas tobas son conocidas como "Volcánicas de La Ge". Posteriormente se originaron las volcánicas de Totumo-Inciarte, al mismo tiempo que la sedimentación de la Quinta, las cuales están interestratificadas, con esta unidad sedimentaria. Están constituidas por andesitas, andesitas basálticas, dacitas, riolitas, brechas de flujo, brechas volcánicas y tobas andesíticas y riolíticas (Viteri, E. 1978).

Numerosos diques de diabasa y andesita basáltica cortan tanto a los granitos como a las rocas sedimentarias del Jurásico.

#### 2.4. MINERALIZACION

En cuanto a los recursos minerales de la Sierra de Perijá, es relativamente poco lo que se puede hablar, ya que

por ser una zona de difícil acceso, solo en los últimos años se ha desarrollado una verdadera exploración geológico-minera, y la información de la que se dispone es escasa. Sin embargo, se pueden indicar los diferentes recursos minerales de importancia económica de la región.

En las cabeceras de La Quebrada Tigre, se han descubierto y estudiado mineralizaciones de cobre nativo. [Moya E., y Figueroa C., 1977]. Esta ocurrencia se encuentra en la Formación la Quinta, en la zona amigdaloidal de una colada de andesita basáltica, alojándose el cobre preferentemente en las vesículas, junto con asociaciones de minerales secundarios atribuidos a un metamorfismo de bajo grado. Otros minerales de cobre en muy pocas cantidades son la calcopirita y adurleíta. Los minerales supergénicos son digénita, celvelina, cuprita, tenorita, crisocolla, malaquita y azurita [Viteri E., 1978].

De acuerdo a estudios realizados en Caño Tigre y por ciertas evidencias encontradas, existen buenas razones para suponer la presencia de depósitos similares en las rocas volcánicas de la Formación la Quinta, en otras localidades de la Sierra.

Por otro lado, uno de los recursos minerales más im-

portantes de la región es el carbón. Dende hace algunos años se conoce la existencia de mantos de carbón de varios metros de espesor en la Formación Marcelina (Paleoceno-Eoceno Inferior), en la región de El Guasare, ubicado al norte de la Sierra de Perijá. La Corporación del Desarrollo de La Región Zuliana (CORPOZULIA), está llevando a cabo actualmente un vasto programa exploratorio con el fin de establecer reservas y realizar la explotación del carbón, para ser usada potencialmente en un gran complejo siderúrgico.

Según Figueroa C., [Comunicación personal, 1978] en la región de los ríos Tinocoa, Cuibas y Macoíta, se han encontrado rodados de varios tamaños de baritina, sugiriendo por lo tanto, la existencia de este mineral en dicha zona,

Por último a nivel regional se puede establecer también la presencia de capas delgadas de roca fosfática en la parte superior de la Formación La Luna a lo largo de aproximadamente 70 Km. del frente montañoso oriental de la Sierra de Perijá, desde la quebrada la Luna hasta el río Tocuco, que constituye el área de este estudio. Se puede deducir que estas capas continúan hacia el sur, condicionando a que aflore la Formación la Luna. El contenido de  $P_2O_5$  de las capas fosfáticas no exceden el 76%.

### III. GEOLOGIA LOCAL

Para fines del presente trabajo de exploración de roca sedimentaria marina con alto contenido de fosfato, en la Sierra de Perijá, se ha estudiado una secuencia estratigráfica que abarca unidades tanto infra como suprayacentes a La Formación La Luna (que es la que contiene las capas fosfáticas), las que son representadas por el Grupo Cogollo y la Formación Colón respectivamente, todas ellas de edad Cretácica (Aptiense-Maestrichtiense). (Fig. 6).

#### Cretácico

##### 3.1. GRUPO COGOLLO

El primero en hacer una descripción litológica de esta unidad fue Garner A.H. (1926), quien empleó el término de "Caliza de Río Cogollo". Después el nombre varió a "Formación Cogollo", y luego Sutton F. (1946) unó Grupo Cogollo, para designar a la secuencia litológica que se encuentra entre la Formación Río Negro y La Formación La Luna.

El Grupo Cogollo está constituido por las formaciones Apón, Lisure y Maracas desde la base al tope respectivamente. En general está compuesta por calizas macizas, con un intervalo de areniscas y calizas estratificadas

# COLUMNA ESTRATIGRAFICA GENERALIZADA DEL AREA DE ESTUDIO

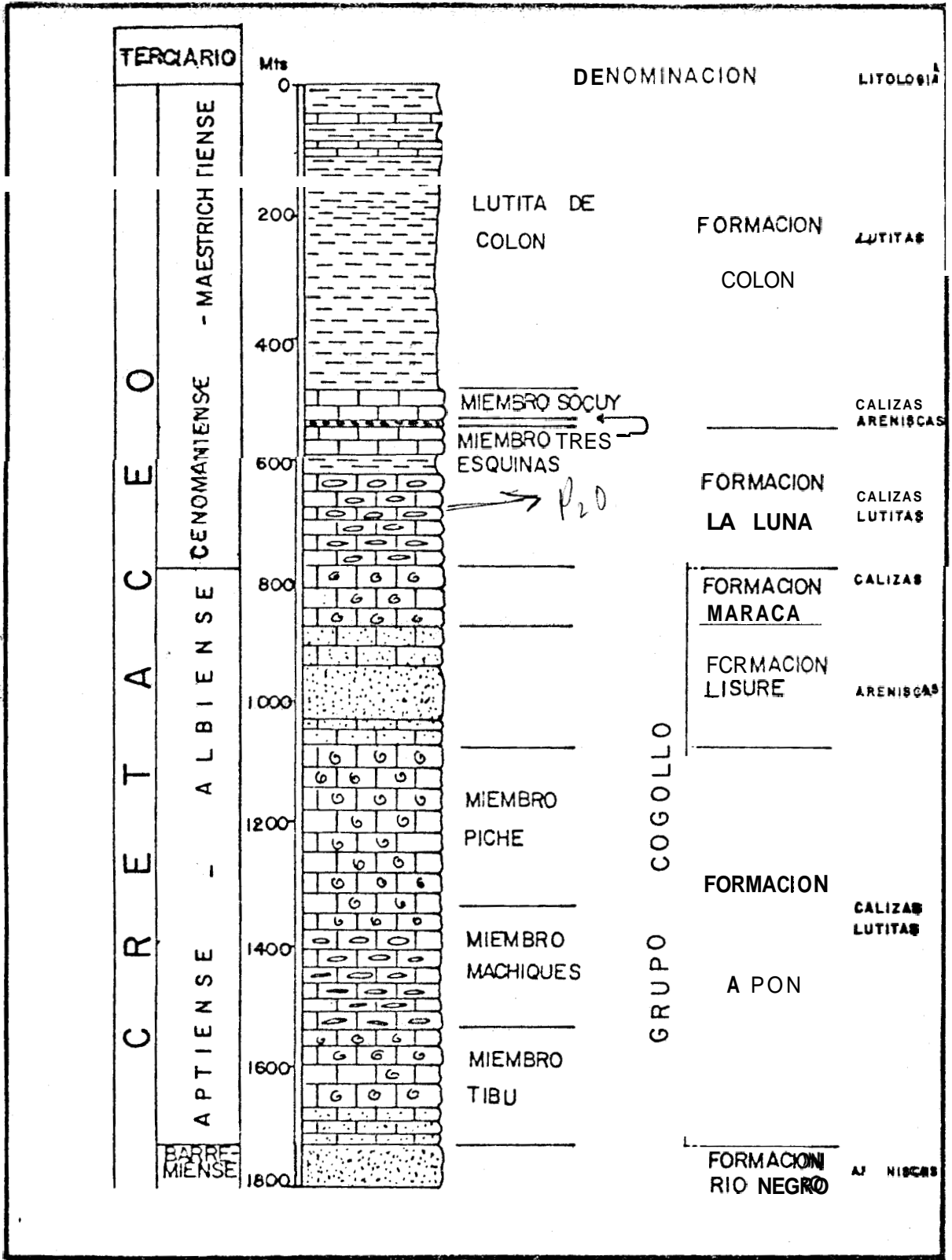


FIG. 6

y una caliza superior caracterizada por el contenido de abundantes moluscos.

Considerando al Grupo Cogollo como una unidad, en el área de estudio se observan espesores desde 400 metros en La quebrada La luna hasta 800 y 1.000 metros en los ríos Negro y Apón respectivamente.

Las calizas de Cogollo buzan hacia el este, a lo largo del flanco oriental de La Sierra de Perijá, especialmente en el área de estudio.

En los últimos años autores como Campos E. y García M. (1970) en los Andes, González L. y Ortiz H. (1977) y Etchart E., y González L. (1977), en la Sierra de Perijá, han optado por no diferenciar al Grupo Cogollo en las formaciones, que lo constituyen dada la dificultad en hacerlo, debido a las notorias variaciones laterales que presentan.

En la zona de estudio el Grupo Cogollo no está representado en su magnitud, razón por la cual en el mapa geológico adjunto se ha decidido suprimir las divisiones y mapearlo como una unidad.

Sin embargo, pasaremos a hacer una breve revisión de las Formaciones integrantes del Grupo en base a observaciones de campo en que se incluye la sección tipo.



### 3.1.1. Formación Apón

Sutton F. (1945) definió por primera vez a La Formación Apón, como la unidad inferior del Grupo Cogollo, posteriormente Rod E. y Maync W. (1954) en la Sierra de Perijá la subdividieron en tres miembros, inferior, medio y superior, que Renz U. (1959) los denominó Tibú, Machiques y Piché respectivamente.

la Localidad tipo está localizada en el Río Apón en la Sierra de Perijá a 70 Kms. al oeste de La población de Machiques.

La base de la formación Apón contiene calizas y lutitas arenosas, seguidas por un grueso intervalo de calizas macizas bien estratificadas color gris, localmente esparíticas, bioclásticas y dolomitizadas con esporádicas intercalaciones de margas, Lo que constituye el Miembro Tibú.

EL Miembro Machiques que sólo puede reconocerse en Las estribaciones centrales de Perijá, está constituido por capas delgadas de calizas biomicríticas bituminosas de negras a gris oscuro y lutitas calcáreas con concreciones discoidales y elipsoidales de caliza micrítica ne-

gra. En ciertos niveles como en la sección aflorante en la quebrada Aponsito Seco este miembro contiene calizas fosfáticas, con porcentajes de hasta 4.5% de  $P_2O_5$ .

EL Miembro Piché está constituido por litología similar a la del Miembro Tibú, incluyendo calizas fosilíferas (*Trigonia* sp.) de color gris claro, presentando localmente margas.

La relación entre los miembros es concordante. La parte inferior de la formación suprayace concordante transicional a la Formación Rio Negro y el contacto superior es concordante transicional con la Formación Lisure.

El espesor en la sección tipo es de aproximadamente 650 metros.

El ambiente de depositación es de plataforma marina somera y de poca energía.

Renz O. (1956) menciona extrañas formas amonitícaas en el Miembro Tibú, de edad Aptiense, pero se han hallado *Choffatella decipiens* (Schlumberger) en la base de la caliza Tibú, por lo que Kehrer N. (1937) afirma que una edad Valanginiense a Hauteriviense. Maync M. (1955) le -

asigna una edad Hauteriviense superior a Barre  
miense basal.

Sutton F. [1946] ubica al Miembro Machiques *en*  
el Aptiense Superior *de* acuerdo a los amonites  
encontrados en él, pero Rod E. y Maync W. (1954)  
hallaron *Douvilleiceras aff. monile* (Sowerby J.)  
por lo que se le asigna al Albiense. Rod E. y  
Renz O. localizaron otros amonites *en* la parte  
superior de este Miembro **que** son *de* edad Albien  
*se inferior.*

Por otro lado en la parte inferior del Miembro  
Piché se han hallado amonites probablemente **del**  
Albiense Inferior.

### 3.1.2. Formación Lisure

Rod E. y Maync W. (1954) fueron los primeros que  
llamaron esta unidad de la parte media del Gru-  
po Cogollo como Formación Lisure despreciando -  
el nombre usado por Sutton F., por considerarlo  
inapropiado.

La localidad tipo aflora en la quebrada Lisure  
al SO de la población de Machiques.

La formación está constituida por una caliza bio

esparrudita en parte micrítica y arenosa hasta con 20% de cuarzo, color gris beige, compacta, con alternancia de areniscas ligeramente glauconíticas y calcáreas de grano fino de color gris a veces oscurecida por el contenido de materia orgánica. Existen también intercalaciones de calizas micríticas gris oscura y esporádicas arcillas laminares arenosas.

Su contacto inferior con La Formación Apón es concordante marcado y el contacto superior es concordante transicional a la Formación Matraca.

Esta unidad tiene un espesor de habita 200 metros.

Su litología sugiere que se depositó en condiciones de mar poco profundo y alta energía.

En bahe a amonites, esquinoideos y foraminíferos y por su posición estratigráfica Renz O. (7956) le dió una edad Cretaceo Inferior (Albiense Medio a Superior), confirmando lo que ya habían establecido Sutton F. (7946) y Rod E. y Maync W. (1954).

### 3.1.3. Formación Maraca

Rod E. y Wayne W. (1954) usaron este nombre para el intervalo litológico superior del Grupo Cogollo,

la sección tipo se encuentra en el río Maraca al SO de la población Machiques.

La formación se compone de gruesas capas de calizas fosilíferas, ya sean: biomicritas, bioesparitas o biomicruditas, de color gris claro. En ciertas localidades estas calizas presentan pequeños porcentajes de apatito en restos orgánicos. Existen además delgadas intercalaciones de margas clavas.

El contacto basal con la Formación Lisure es concordante transicional y el contacto superior con la Formación La Luna es concordante claramente definido, pero localmente se presenta como transicional de pequeño intervalo.

El espesor máximo en la zona de estudio no alcanza los 100 metros.

El ambiente de depositación es de condiciones aguada marinas profundas y baja energía.

Mayne W. (1956) y Renz O. (1959) sugirieron una edad Cretácico Superior (Cenomaniense) en base a la identificación de los amonites y por su posición estratigráfica, ya que está debajo de las capas de La Luna que según Sutton F. (1946) tienen una edad Cretácico Superior (Turoniense).

Ford A. y Houlbolt J. 1963] Le dan una edad Cretácico Inferior (Albiense Superior) por nuevas evidencias fosilíferas y considerando que la parte basal de la Formación la Luna comprende el Cretácico Superior (Cenomaniense).

### 3.2. FORMACION LA LUNA

El nombre "Caliza de La Luna" fue usado por primera vez por Garner A. (1926) y posteriormente, Herbert H. y Sass L. (1937) hicieron una descripción detallada dándole el rango de formación.

La localidad tipo está en la parte noroeste del Distrito Perijá, Estado Zulia, al O de la población de Villa del Rosario.

La columna estratigráfica (Fig. 7) y la sección transversal (Fig. 8) de la localidad tipo muestra una secuencia de calizas micríticas con fósiles, oolitas y "pellets" en proporciones variables, de color gris oscuro a negro

en paquetes laminares y estratos delgados de 20 a 60 centímetros con intercalaciones de lutitas gris oscuro a negro, siendo ambas taca4 bituminosas y de olor fétido. Además presenta concreciones calcáreas biomicríticas gris oscuro a negro elipsoidales y discoidales que van desde loa pocos centímetros hasta 1 metro o más de diámetro. La secuencia tiene la peculiaridad de presentar calizas biomicríticas silisificadas y ftanitas calcáreas negras en capas de 5 a 15 centímetros.

Es importante resaltar la existencia de varios horizontes fosfáticos calcáreos en la parte superior de la formación con espesores que varían desde pocos centímetros hasta 90 centímetros (quebrada Botonche). Se presentan como calizas fosfáticas generalmente de color gris oscuro y con tonalidades que varían, [legando al beige cuando la toca está alterada, de composición heterogénea con matriz micrítica a veces fosfatizada en la que se encuentran fósiles calcáreos y fosfáticos, oolitas, "pellets" y restos orgánicos en su mayor parte fosfatizados. Esta roca llega a contener hasta **76% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>**.

la Formación la luna descansa concordante transicional sobre el Grupo Cogollo e infrayace concordantemente bajo La Formación Colón.

Su espesor varía desde aproximadamente 40 metros hasta 230 metros (Qda. La Luna).

Mucho se ha especulado sobre el ambiente de depositación, pero no hay duda de que La asociación fosforita-caliza negra-lutita calcárea negra-ftanita negra; todas bituminosas y fétidas pertenece a un ambiente anaeróbico, euhínico, es decir reductor y ligeramente básico, de aguas marinas restringidas con profundidades posiblemente no mayores de 200 metros.

En cuanto a La fauna se han realizado muchos estudios detallados para determinar La edad y el ambiente. El suscrito al analizar las secciones delgadas de rocas pertenecientes a esta formación logró identificar una rica fauna pelágica a saber: globigerinas, chilonguembilinas, globotruncanas, globorotalias y otros. También se identificaron fragmentos de conchas de lamelibranquios especialmente inoceramus, además en determinadas zonas existen amonites.

Renz O. (1956) encontró en los siete metros basales de La sección tipo y en la quebrada Tisina, Rotalípora appennina que aparentemente está confinada al Cenomaniense (Dalbez N. 1955, y Schweighauser L. 1956).

Sutton F. (1946) establece a bahe de Los amonites que la Formación La luna alcanza solo hasta el Coniasienco,



pero Bunning N. (1952) identificó *Globo truncana lapparenti tricarinata* (Cuereau) en el tope de la Formación la Luna sugiriendo **que** la parte superior puede incluir la totalidad del Santoniense y localmente hasta parte del Campaniense.

Por esto la Formación La Luna ha sido datada como Cretácico Superior.

### 3.3. FORMACION COLON

EL primero en usar el nombre "Lutita de Colón" fue Liddle R. (1928), pero Sutton F. (1946) fue quien le dio el rango de formación.

La sección de tipo se encuentra en el río Lobaterita al norte de La ciudad de Colón, Estado Táchira.

La Formación Colón se divide localmente en los siguientes miembros: Tres Esquinas, Socuy y la Lutita de Colón.

En orden cronológico la Formación Colón empieza con un conspicuo intervalo de arenisca glauconítica calcárea, color gris verdoso, conteniendo localmente pellers fosfáticos y pirita. los espesores varían hasta 10 metros. Este es el llamado Miembro Tres Esquinas.

Suprayaciendo a este miembro se encuentra un intervalo

de caliza biométrica gris, en estratos delgados de 20 a 40 centímetros con intercalaciones muy delgadas de lutita gris a gris oscuro. Este miembro alcanza hasta los 60 metros de espesor y es denominado Socuy.

Posteriormente, existe una potente secuencia de lutita gris a gris oscura, microfosilífera, en parte maciza, con fracturas concoidales e irregulares. Esta roca es poco resistente al intemperismo, razón por la cual forman valles amplios en la ladera oriental de la Sierra de Perijá. En la parte superior de la unidad existen horizontes muy delgados de calizas margosas, denominada Lutita de Calón.

La Formación Colón descansa concordantemente sobre la Formación La Luna e infrayace en un contacto concordante transicional a la Formación Mito Juan.

El espesor de la formación en la sección tipo es de 900 metros, siendo menor en la zona de estudio.

Su litología sugiere que se depositó en un ambiente marino poco profundo, de escasa circulación y condiciones reductoras, existiendo al final cambios en los patrones de circulación de agua.

En la zona inferior se ha encontrado Globotruncana calcarata (Cushman J. y Herberg H. 1941), indicando una -

edad Cretácico Superior (Campasiense Superior). Ford A. y Houbolt J. (1963), le dan también una edad Cretácico Superior (Santoniense Inferior). Por último, en el *Léxico Estratigráfico de Venezuela* (1970) le asignan una edad Cretácico Superior (Coniaciense Superior y al tope de la unidad hasta el Maestrichtiense).

### 3.3.1. Miembro Tres Esquinas

Stainforth N. (1962) fue el primero en usar este nombre para el intervalo glauconítico que so breyacen en la Formación La Luna.

**Su tocatidad tipo** está en el río Guaruriles, 7.5 kilómetros al noroeste del caserío Tres Esquinas.

Renz O. (1959) ilustró La sección tipo antes de asignarle el nombre formal.

**AL** norte del área de estudio se presenta como una roca glauconítica, hematítico-calcárea, de grano muy fino, color verde a marrón oscuro. Está formada por glauconita alterada microgranular, con hematita de grano muy fino equigranular y restos de pirita. También se halla calcita magnésiana en finos cristales idiomórficos y escasos foraminíferos.

AL Sur del área de estudio La hcca se vuelve más calcárea y aparecen localmente restos de fósiles y "pellets" fosfáticos, desapareciendo casi por completo la hematita.

El contacto inferior es concordante gradacional de corto intervalo y el superior con el Miembro Socuy es concordante brusco.

Como ya se mencionó arriba la *Globo truncana calcarata* se la ha encontrado en la parte inferior de la secuencia, la que indica una edad Campaniense Superior a Maestrichtiense basal por la presencia de *Bolivina explicata* (Renz O., 1959, sugiere una edad Coniaciense Superior.

Muchos autores creen que La zona glauconítica es indicio de un período de poca o ninguna sedimentación entre las Formaciones La Luna y Colón y que está asociada posiblemente a un hiato. En cuanto a La duración de éste, varía de acuerdo a la edad asignada a las capas de la Formación La Luna que La infrayacen.

### 3.3.2. Miembro Socuy

Sillier de Civioux (1952) fue el que nombró formalmente como Miembro Socuy a la caliza basal de

*La formación Colón.*

*La sección tipo se encuentra localizada en el río Socuy al norte de la Sierra de Perijá.*

*La roca consiste en una caliza biomicrítica gris, duha y densa en estratos delgados de 20 a 40 centímetros de espesor. Localmente presenta pocos foraminíferos rellenos de apatito, además espículas silíceas y protoconchas de gasterópodos. Esta caliza por lo general se encuentra intercalada por delgadas capas de lutitas de color gris a gris oscuro. Tiene como característica principal ser una roca muy diaclasada con dos direcciones preferenciales.*

*Sus contactos tanto superior como inferior son concordantes marcados.*

*El espesor varía de acuerdo a la localidad pero en el área de estudio llega hasta 60 metros disminuyendo este hacia el sur.*

*Según Civrieux J. (1952) los foraminíferos encontrados indican una edad no diferente al miembro lutítico, es decir Campaniense Superior a Maestrichtiense Inferior, siendo esta última la más probable.*

### 3.4. FORMACION MITO JUAN

La Formación Mito Juan fue nombrada por primera vez por Garner, A. [1926]. Se la describe aquí, porque hay mucha dificultad en separarla de La formación Colón, especialmente en la parte sur del área de estudio. Es por dicha razón que en el mapa geológico muchas veces se la pone como una sola unidad. Su diferenciación radica en fauna (Moller L. 7956).

La localidad tipo está en La quebrada Mito Juan en Conseción Barco, Colombia.

Está formada por una secuencia de lutitas de color gris verdoso, con capas delgadas de areniscas de grano muy fino, a veces glauconíticos y calizas.

El contacto inferior como ya se dijo es muy difícil de distinguir, siendo Herberg H. y Sass L. (1937), Notestein L. et al (1941) y Sutton F. (1946) los que, basados en el cambio de fauna de foraminíferos, la diferenciaban de La Formación Colón. El contacto superior cuando infrayace a La Formación Guasare es concordante y discordante con otras unidades terciarias.

El ambiente es de aguas marinas poco profundas y débiles. Spath N. (1937) identificó *Shenodiscus* y *Coahuilites* (amonitea) de edad Maestrichtiense en la localid

dad tipo.

### 3.5. FORMACION LA SIERRA

la descripción original de esta unidad fue realizada por Herberg H. y Sass L. en 1937.

la localidad tipo está situada a 9 Km. al oeste de la población de Machiques a lo largo de la rívera norte del río Negro y el nombre se origina por la granja "Matera - La Sierra", situada a un kilómetro al oeste de la localidad tipo.

la formación está constituida en forma general de areniscas y lutitas, con cantidades menores de conglomerado y carbón en capas delgadas. Se la divide en tres miembros a saber: Miembro Los Tanques constituido de capas medianas a espesas de areniscas parduzcas tipo grauvaca, localmente separadas por lutitas delgadas. Miembro Cañabrava, donde predominan las lutitas de color gris a pardo amarillento; también contiene escasos lentes y capas delgadas de calizas impuras de algas y lignitos. Miembro Rincón, formado en su mayor parte de capas de mediano espesor de areniscas intercaladas con arcillita.

La formación en la sección tipo tiene un espesor de 150 metros, disminuyendo hacia el norte.

Supraace discordantemente a unidades progresivamente más antiguas de sur a norte, Colón y granitos del basamento, El contacto suprayacente con el Grupo El Fausto es generalmente discordante.

## 5.6. ESTRUCTURAS

El área de estudio se encuentra afectada por sistemas de fracturas y pliegues resultantes de eventos tectónicos ocurridos principalmente en el Terciario.

Se pueden apreciar varios tipos de fallas, tales como: normales e inversas, en su mayoría de ángulo alto y fallas transcurrentes dextrales y sinestrales que constituyen la mayor parte.

Muchas de las fallas del área de estudio forman parte del Sistema Perijá N30-35E, cuya principal exponente es la falla Cuibas.

Otras de dirección N-S son ramificaciones a partir de las fallas constitutivas de

Fallas E-O también son frecuentemente en el frente montañoso, encontrándose además fallas N50E, y N15W en algunos lugares del área de estudio.

En este trabajo trataremos de agruparlos de acuerdo a la dirección de su traza.

— con el terreno, ?



## Fallas del Sistema Perijá

La principal falla que atraviesa la zona de estudio es la falla Cuibas, que pertenece al sistema Perijá. Esta falla viene desde el río Palmar al norte y continúa hacia el sur hasta el río Negro aproximadamente. Según Miller J. (1960) la falla se prolonga hasta el río Ariguasá donde es absorbida por el fallamiento transversal occidental de la directriz Ariguaysá.

La traza se la puede seguir claramente hasta un poco más al sur del río Macoíta, perdiéndose luego casi por completo ya sea por un menor desplazamiento o porque atraviesa estratos incompetentes del Miembro lutita de Colón.

La falla Cuibas afecta rocas del Cretáceo a partir del río Cuibas hacia el sur. Su traza tiene una dirección aproximada  $N15^{\circ}-25^{\circ}E$  <sup>hacia el n. (S15 25 0)</sup> pero a partir del río Aposito Seco hay un visible cambio de dirección hacia  $27^{\circ}S0$ , estando el lado occidental de la falla invariablemente - Levantado. Según Miller J. (1960) "esta falla es de ángulo Suen-te, pero localmente se aprecia el volcamiento de los estratos adyacentes y cerca del río Cuibas, se observan buzamientos de plano de falla que descienden hasta  $30^{\circ} 0'$

En el área de estudio cata estructura aparentemente es causa de la desaparición de la Formación La Luna en el sector comprendido entre el río Cuibas y el Río Apon<sup>si</sup>to Seco. Una discusión de las probables causas de esta desaparición será abordada posteriormente en este mismo trabajo.

A este sistema también pertenecen otras fallas y pliegues de menor importancia.

#### Fallas N-S.

*La falla de Cogollo  
y Cuibas*

La falla de Cuibas presenta ramificaciones hacia el Sur y con las fallas Fa Ge que aparece al norte del área de estudio y Cogollo que ocurre en el río del mismo nombre. Estas pertenecen al sistema N-S.

La falla la Ge corta bruscamente las calizas de La Luna, poniendo en contacto a la Formación La Sierra (Eoceno Superior) con el Grupo Cogollo (Aptiense-Albiense). Ambas fallas afectan rocas del Cretáceo y Terciario posiblemente hasta el Oligo-mioceno. Su origen probablemente sea debido al empuje estructural de La Sierra hacia la cuenca de Maracaibo.

En los ríos Macoíta y Negro existen lineamientos estructurales N-S que forman aparentemente parte de este sistema.

Fallas E-O Colo Abasco Una

En la zona existen fallas cuya traza tiene una dirección E-O, como en el río Macoíta, al sur del río Aponsito Seco y en la hacienda Maracas. Esta última es una falla transcurrente sinistral que desplaza claramente estratos del Cretáceo Superior (Lutita de Colón) y del Terciario & LO.

fallas N50E

*evidencias*

Son fallas en su mayor parte transcurrentes y ocurren especialmente en el río Cuibas, donde movimientos dextrales están afectando aparentemente a la Formación la Luna.

Otras fallas de este tipo se encuentran en el río Aponsito Seco; en el río Negro donde es del tipo transcurrente dextral; entre la quebrada Santa Rosa y río Apón, la cual es transcurrente sinistral y desplaza estratos del Cretáceo Superior; y en río Chaparro al sur, donde se pueden evidenciar algunas fallas transcurrentes sinistral.

fallad N65E

Fallas transcurrentes sinistral **que** afectan visiblemente a estratos del Cretáceo Superior y del Terciario, se encuentran al este del río Marraca.

*Fallas*

Fallas N15W

Estas fallas son transcurrentes. En el río Tinacoa una falla transcurrente sinistral afecta estratos del Cretáceo Superior, y desplaza a otra falla de dirección N50E siendo consecuentemente más joven.

En río Aponsito existe otra falla con desplazamiento transcurrente sinistral que desplaza estratos del Cretáceo Superior y aparentemente también a la falla Cuibas. Al norte y este de caño Norte aparecen fallas transcurrentes dextrales que afectan rocas pertenecientes al Cretáceo Superior y el Terciario.

En conclusión se puede establecer que en la zona de estudio existen 6 direcciones preferenciales de fallamiento, que afectan estratos cretáceos y terciarios. Estas fallas en su mayoría son transcurrentes con excepción de las fallas de Cuibas, La Ge, posiblemente Cogollo, y otras de menor importancia.

de qué tipo?  
 es las Fallas Cuibas, Ge, Cogollo  
 etc.

#### IV, GEOLOGIA HISTORICA

*A continuación se hace un bosquejo de La evolución tectónica y paleogeográfica de la Sierra de Perijá, abarcando consecuentemente el frente montañoso oriental de la parte media de la Sierra, que es el objetivo del presente estudio.*

*Se acepta generalmente que las rocas más antiguas de Venezuela pertenecen al escudo guayanés con una edad comprendida entre 4.000 y 3.000 m.a. según varios autores, existiendo concomitantemente varias fases de magmatismo y metamorfismo.*

*Las rocas del basamento de la Sierra de Perijá corresponden al Paleozoico inferior o quizás al Precámbrico y son las metamórficas de La "Serie Perijá" (Sutton G. 1946). Durante este tiempo se emplazan cuerpos plutónicos de composición ácida afectando de una u otra manera las rocas preexistentes del Paleozoico.*

*Este conjunto igneo-metamórfico evidencia la existencia en esa época de un gran miogeosinclinal en La posición actual de La Sierra de Perijá y Cordillera Oriental de Colombia [Irving, 1971].*

*Suprayaciendo en discordancia angular al basamento igneo-metamórfico se encuentran rocas sedimentarias pertenecientes al Grupo Cachirí [Liddle R. 1946] correspondientes al Devónico y*

originados en ambientes de ~~deltaicos~~ (Zambrano et al, 1971). Según (Xavier J, 1978), estos sedimentos devónicos se depositaron en cuencas tipo graben entre pilares tectónicos formados por rocas ígneas y metamórficas del Paleozoico inferior.

Aparentemente estos sedimentos no están afectados por el metamorfismo que caracteriza a las rocas devónicas al sur de la Sierra, aunque posiblemente existieron magmatismos posteriores como el Granito del Palmar (Martín, C. 1978).

Según Zambrano et al, 1977), durante el Permo-Carbonífero se individualizaron dos provincias sedimentarias, una marina al norte, donde se depositaron sedimentos de la Formación Palmarito y otra continental al sur donde se depositaron sedimentos del Grupo La Ge (Formaciones Tinacoa, Macoíta y La Quinta).

Según Xavier J. (1978), la Formación La Quinta, de origen continental fue depositada en el Mesozoico en dos grabens importantes, el uno localizado al nivel de la Sierra misma y el otro en la zona oriental del lago de Maracaibo.

Benedetto G. y Odreman O. 1977, asignaron una edad Jurásico inferior a medio, a un conjunto de sedimentos marinos que constituyen las formaciones Tinacoa y Macoíta, dando por lo tanto la posibilidad de la presencia simultánea de sedimentos marinos y continentales, y admitiendo la existencia de

una cuenca marina restringida dentro de los grabenes de La Quinta.

Después del Jurásico medio, continúa la sedimentación con los conglomerados del Miembro Seco [moladas] de la Formación La Quinta en un ambiente netamente continental.

Las rocas volcánicas del Grupo la Ge, especialmente las de Formación la Quinta, pueden haberse originado por eventos del fin del Triásico y Jurásico medio que afectaron la tectónica de Santa Martha (Colombia), al oeste de la Sierra de Perijá (Irving, 1971).

A principios del Cretáceo se inició una gran transgresión marina que cubrió todo el accidente de Venezuela, formando en lo que es hoy la Sierra de Perijá el surco subsidente de Machiques. Esta transgresión empieza con la deposición de conglomerados y areniscas de la Formación Río Negro (Neocomiense-Barremiense) y que están cubriendo sedimentos pre-cretáceos en discordancia regional (Xavier J., 1978).

Después de estas depositaciones las condiciones se hacen netamente marinas, indicadas por las litologías del Grupo Cogollo u las formaciones La luna y Colón-Mito Juan, abarcando desde el Aptiense al Maestrichtiense. La cuenca marina alcanzó su máxima extensión y profundidad entre el Cenozoico.

maniense y Coniaciense como lo **indica** la facies sedimentaria de La Formación La Luna.

El Cretáceo en esta región fue de relativa estabilidad,<sup>11</sup> ya que no existen evidencias de magmatismo, que por otro lado sí afectaron a la Sierra de Perijá, en regiones fuera del área.

En la parte central y septentrional de Perijá, el terciario se inicia con una regresión marina caracterizada en un principio por la formación de una provincia de plataforma, cuya sedimentación está representada por las calizas, areniscas y lutitas de la Formación Guasare. Posteriormente se depositaron sedimentos tipo lacustre con niveles carbonosos y bituminosos y una fauna marina de poca profundidad a lacustre.

Movimientos tectónicos en el Paleoceno y Eoceno Medio son los causantes de discordancias como por **ejemplo** la del Eoceno Superior descansando sobre el Eoceno Medio-Inferior.

Según Xavier J. (1978) existieron en este período tres fases tectónicas a saber:

la primera post-Eoceno Superior y pre-Mioceno Inferior dada por las diferencias entre estructuras de las formaciones del Eoceno Superior y más antiguas y las del Mioceno.



La segunda fase, post-mioceno, pre-plioceno cuyas estructuras mayores son fallas dextrales (N50E) pertenecientes al sistema Písicacao (Xavier y Espejo, 1977).

La tercera fase se caracteriza por el levantamiento de la Sierra y la formación de estructuras correspondientes a la "Dirección Perijá ocurrido en el Plioceno Inferior al Superior y posiblemente hasta el Pleistoceno. En esta época se depositaron sedimentos de ambientes deltaicos y fluviales originados de la erosión de la Sierra después del Levantamiento.

El Cuaternario se caracteriza por el aumento del poder erosivo de los ríos que a la salida de los valles provenientes de la Sierra forman abanicos aluviales, desarrollándose al este una amplia peneplanicie cubierta por terrenos aluviales (Etchart M. y González L., 1977).

## V. ESTUDIO DEL DEPOSITO

El término fosforita en general no se utiliza para describir un depósito de roca fosfática de origen sedimentario marino, el cual es de interés económico. Para usar este término no se han establecido claramente los límites inferiores de contenido de  $P_2O_5$ , por lo que en este trabajo se utiliza indistintamente el nombre de roca fosfática o fosforita para describir aquellas rocas con porcentaje relativamente altos de  $P_2O_5$ .

Con el fin de conocer en forma detallada la composición de la roca fosfática en el área de estudio, se recolectaron un total de 249 muestras, tanto de roca como de sedimentos fluviales, las mismas que fueron analizadas química y petrográficamente. Estas muestras fueron recolectadas en superficie a lo largo de 70 Km., desde la quebrada El Taparo al norte hasta el río Tocuco al sur.

Se tomaron 80 muestras de roca para análisis petrográfico. De 100 muestras de sedimentos fluviales, 18 fueron analizadas por difracción de Rayos X y las 82 restantes por Espectrometría de Absorción Atómica (AA).

Por último, 54 muestras de rocas fueron analizadas químicamente por el método colorimétrico para comprobar el contenido de  $P_2O_5$ , y 55 para otros componentes.

En el área de estudio la roca fosfática comúnmente se presenta en forma de capas, lentes y "pellets" diseminados en la roca.

La Formación La Luna, al tope (poco6 metros), es la principal huespede de fosforitas, enriquecimiento que ocurre en forma de capas y lentes. También en la parte inferior del Miembro Tres Esquinas, al sur del área de interés, se presentan "pellets" y nódulos fosfáticos irregularmente distribuidos. Además ocasionalmente aparecen capas fosfáticas en el Miembro Machiques de la Formación Apón.

## 5.1. NATURALEZA

### ESTRUCTURA Y COMPOSICION DE LA ROCA FOSFATICA

Macroscópicamente la roca fosfática del área de estudio es de color gris a negro, de dureza media a dura, cuando está meteorizada se vuelve suave y delesnable y su coloración varía de gris claro a beige (Fotos 1 y 2). Presenta nódulos marrones de brillo mate irregularmente distribuidos, de dimensiones de hasta 2 o más centímetros. Es una roca muy rica en microfauna, presentando también huesos y fragmentos de peces fosfatizados y otros restos orgánicos. Son también comunes unos cuerpos cilíndricos fosfáticos visibles ocasionalmente a la lupa.

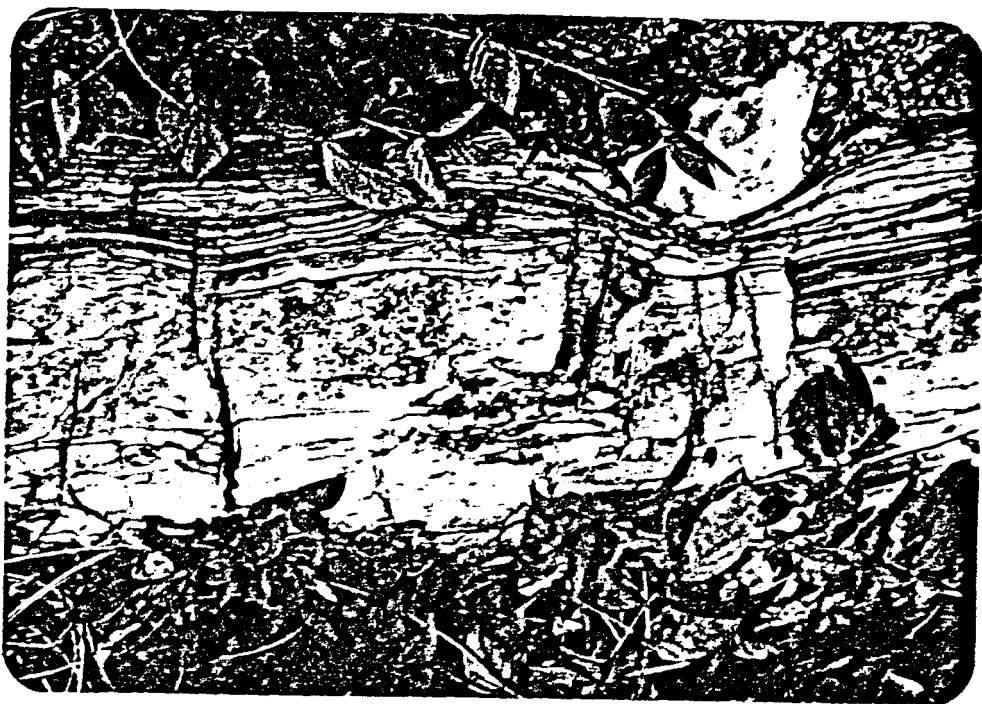


FOTO 1.- Capa fosfática delgada en la parte superior de la Formación La Luna en el Río Maracas.



FOTO 2.- Capa fosfática delgada en la parte superior de la Formación La Luna en el Río Maracas. Al lado izquierdo presenta una impronta de molusco.

En algunas localidades, como en las quebradas Lisure, Botonche y río Maracas, se presentan concreciones calcáreas y ftaníticas dentro del horizonte fosfático (Fotos 3 y 4). La roca muestra por lo general una orientación bien definida.

En la zona glauconítica (Miembro Tres Esquinas) La roca es de coloración verdosa por su alto contenido de glauconita y cuando está alterada presenta manchas de óxido de hierro (Fotos 5 y 6).

Microscópicamente la roca presenta cuerpos fosfáticos rodeados de foraminíferos calcáreos en una matriz micrítica Localmente esparítica. A continuación se da una descripción de los principales elementos que describen la roca fosfática:

"Pellets".- Son los elementos fosfáticos más abundantes en estas rocas, con tamaño variable pero con diámetros inferiores a dos milímetros. Se encuentran embebidos en una matriz micrítica y en parte esparítica a veces mezclada con fosfato criptocristalino y materia orgánica. Su coloración va de beige claro a oscuro presentando algunas veces manchas oscuras. Las fracturas son muy comunes debido posiblemente a la deshidratación. Muchas veces la periferia es de un color más claro, sin implicar esto una estructura interna (Fotos 7 y 8).



FOTO 3.- Horizonte fosfático con concreciones calcáreas en el río Maracas.



FOTO 4.- Concreciones calcáreas y cuerpos fosfáticos diseminados en el mismo horizonte.



FOTO 5.- Contacto entre la Formación La Luna y el Miembro Tres Esquinas. Este último presenta manchas de óxido de hierro por la alteración. (Río Maracas).



FOTO 6.- Base del miembro Tres Esquinas. Concreciones calcáreas embebidas en una matriz glauconítica y fosfática. Presenta óxido de hierro por la alteración. (Río Maracas).

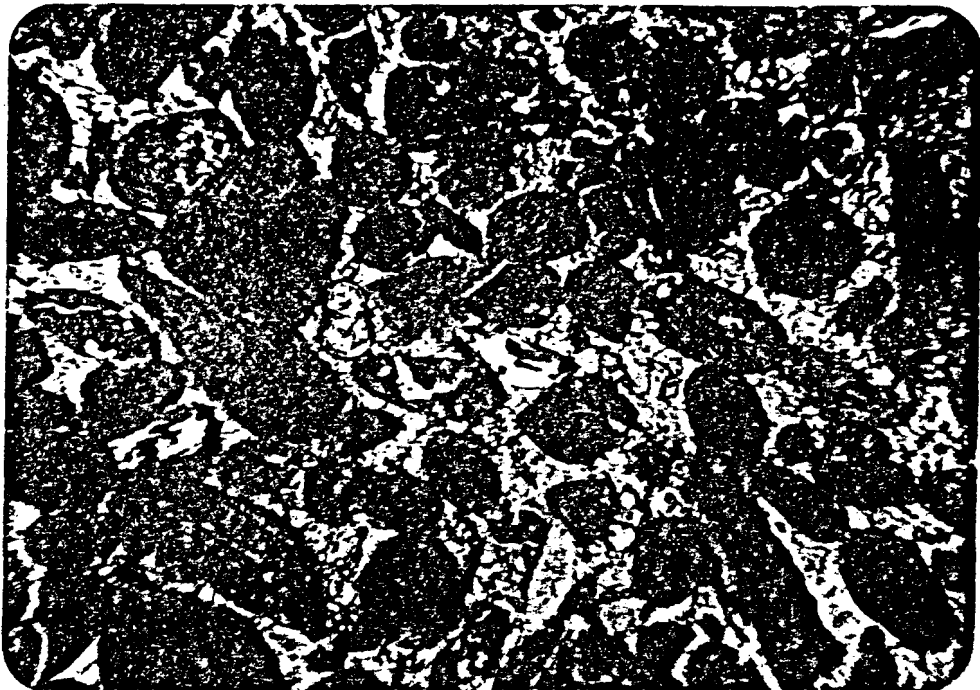


FOTO 7 (X50.4).- "Pellets" fosfáticos de diferentes formas, fosfatizados y con materia orgánica. Además se observan huesos y restos de peces.

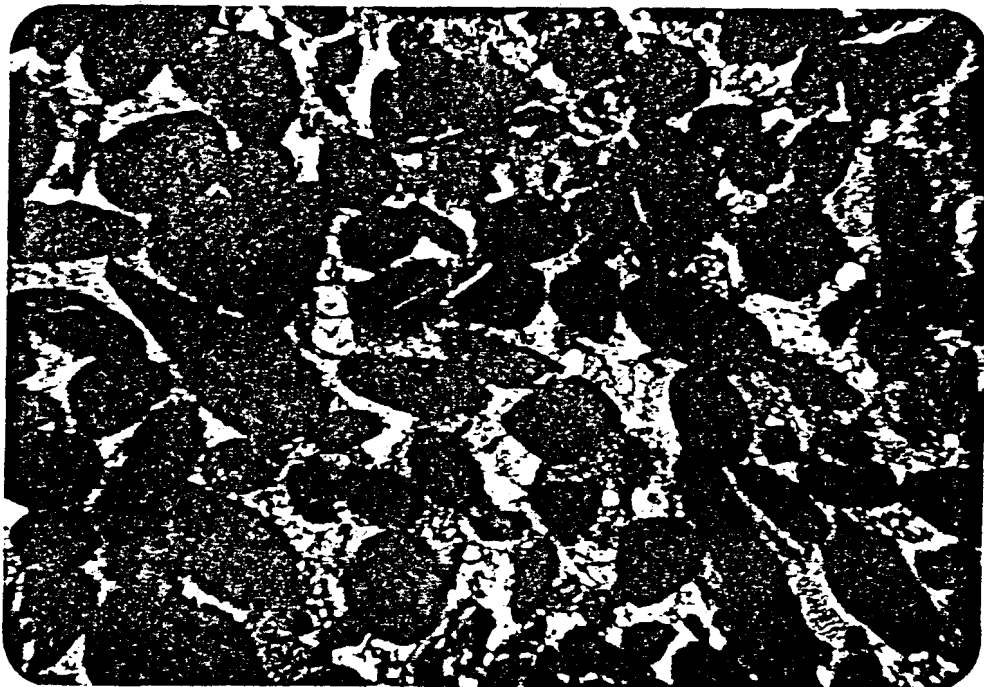


FOTO 8 (X50.4).- La misma Foto anterior pero con nícoles cruzados donde se aprecia la isotropía de los cuerpos fosfáticos embebidos en una matriz micrítica en parte espartítica.



Cuerpos cilíndricos ("Rod Shapes").- Son cuerpos fosfata dos muy frecuentes en esta zona, los cuales presentan una forma alargada asemejándose a rodillos. Las fracturas son muy corrientes, a veces rellenas por calcita. Su coloración es beige, con manchas oscuras criptocris talinas. El tamaño es variable llegando a veces hasta un centímetro de largo, presentando generalmente orientación de acuerdo a la estratificación (Fotos 9 y 11).

Fragmentos de Huesos.- Estos restos orgánicos tienen forma irregular de tamaño variable, de color beige claro a oscuro. Es muy frecuente encontrar fracturas, pocas veces rellenas por calcita. También se asoman dientes de peces fosfatizados de coloración beige que en el centro se vuelve más oscuro (Fotos 9 y 10).

Foraminíferos.- Los foraminíferos fosfatizados son escasos, pero los pocos que se encuentran presentan reemplazamiento de materia orgánica por francolita. También es común ver reemplazamientos parciales por calcita y francolita. Los foraminíferos más corrientes son las globigerinas (Fotos 9, 11 y 12). Los foraminíferos calcificados son los más abundantes y ocurren en casi todas las muestras de roca.

Oolitos.- Es raro encontrarlos en este tipo de roca. En el ejemplo de la foto (Foto 12), se muestra un oolito

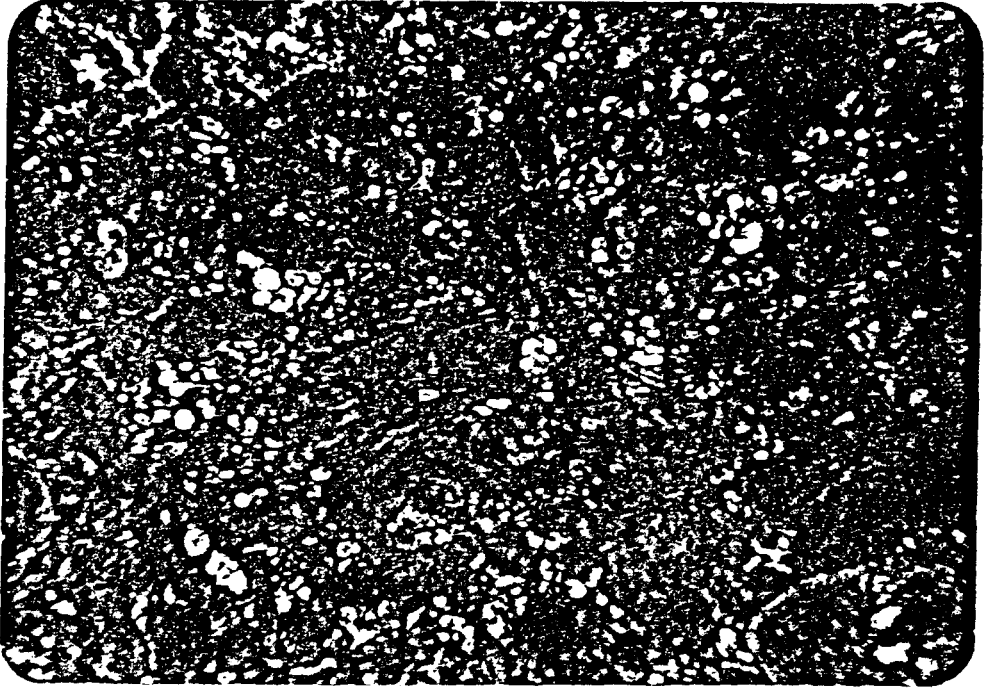


FOTO 9. (X20).- Cuerpos fosfáticos cilíndricos, restos de peces, "pellets" y foraminíferos en una matriz biomi-  
crítica, con materia orgánica y francolita criptocris  
talina.

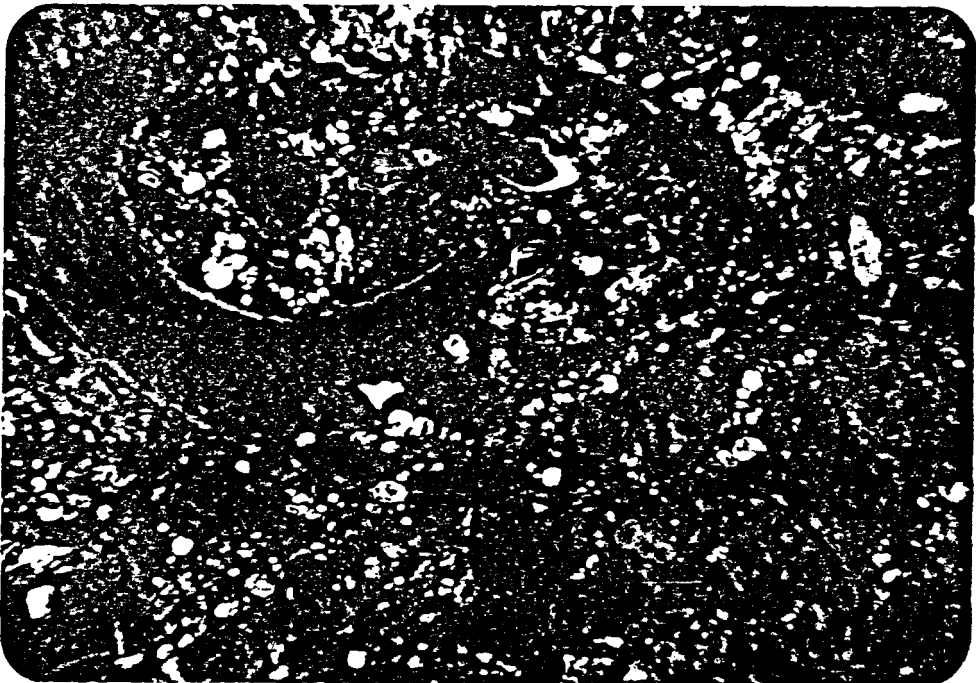


FOTO 10 (X20).- Fragmentos de huesos fosfatizados y "pellets" en una matriz biomicrítica y con materia orgánica y francolita criptocristalino.

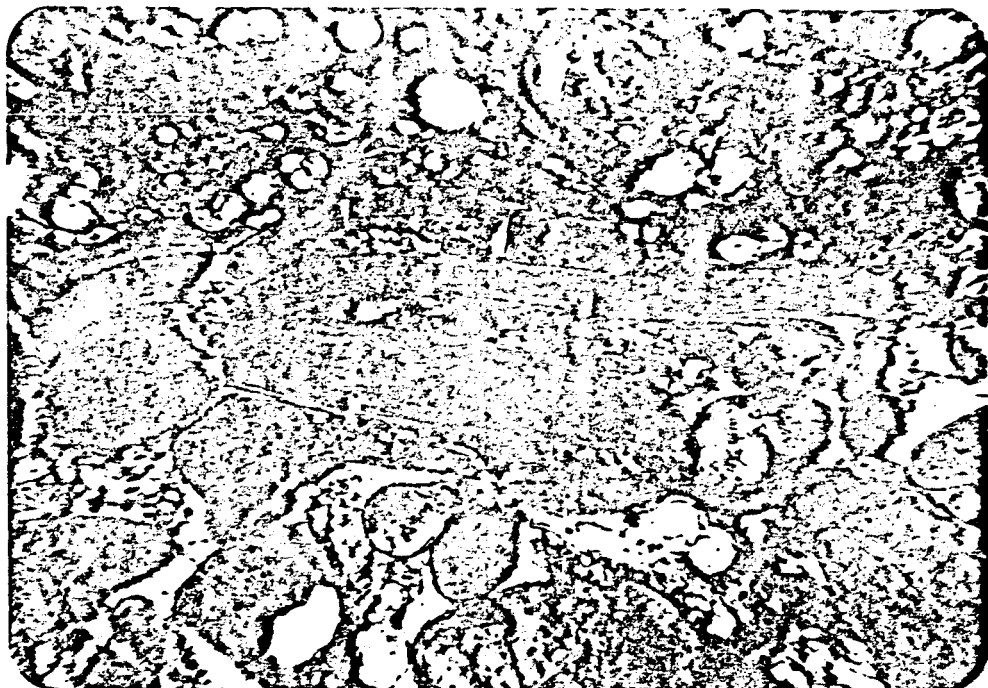


FOTO 11. (X50.4).- Cuerpos cilíndricos fosfatizados, ("rod shaped"), con fracturas rellenas por calcita, foraminíferos y "pellets" fosfáticos.

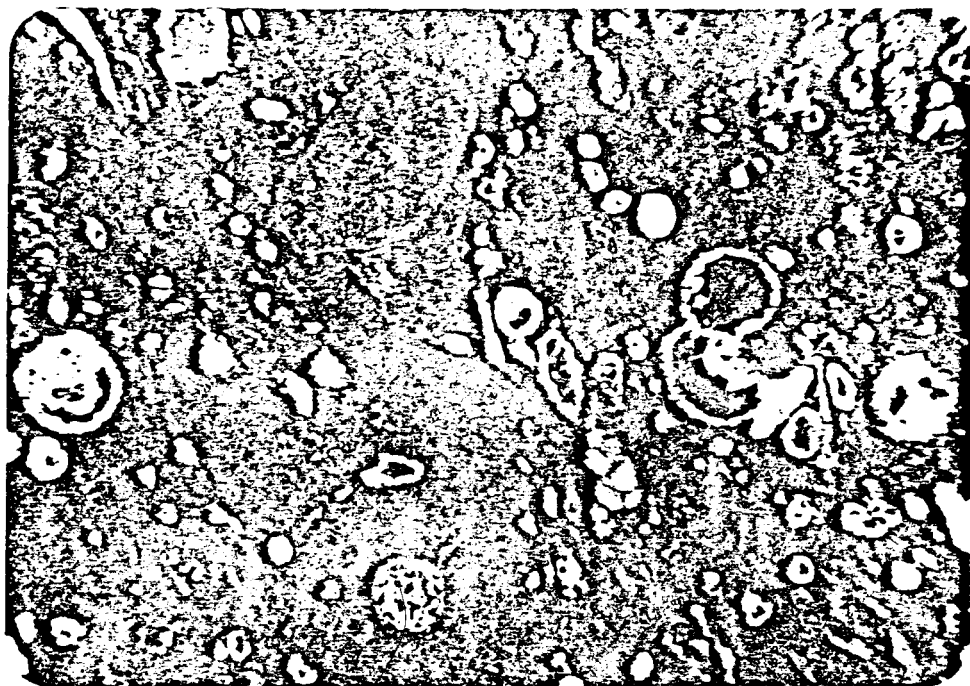


FOTO 12. (X50.4).- La parte superior presenta un oolito con núcleo de calcita microcristalina. Además foraminíferos fosfáticos en etapa de reemplazamiento.

de núcleo de calcita microcristalina, rodeado de francolita de color beige oscuro con manchas negras.

Nódulos. - Son cuerpos fosfáticos de forma irregular, pero generalmente esferoidales con inclusiones oscuras y alargadas. Presentan también fracturas y manchas negras (Fotos 12 y 13).

Como ya he dicho anteriormente la roca fosfática tiene una matriz principalmente micrítica y esparítica; ocasionalmente se manifiesta el fosfato criptocristalino y materia orgánica, pero es más común encontrar la mezcla de Los tres.

En la base del Miembro Tres Esquinas los granos de glauconita se encuentran mezclados con elementos fosfáticos, granos de óxido de hierro en una matriz microcristalina calcárea. Los granos fosfáticos presentan manchas negras debido posiblemente al óxido de hierro y a la materia orgánica (Foto 14).

Los elementos mencionados anteriormente como componentes de fosforitas son isotrópicos de alto relieve (Foto 8).

## MINERALOGIA

La roca fosfática de La Formación la luna del área de estudio, presenta un predominio principalmente de cal-



FOTO 13. (X50.4).- Nódulo fosfático alargado con inclusión oscura y fracturas en una matriz biomicrítica.

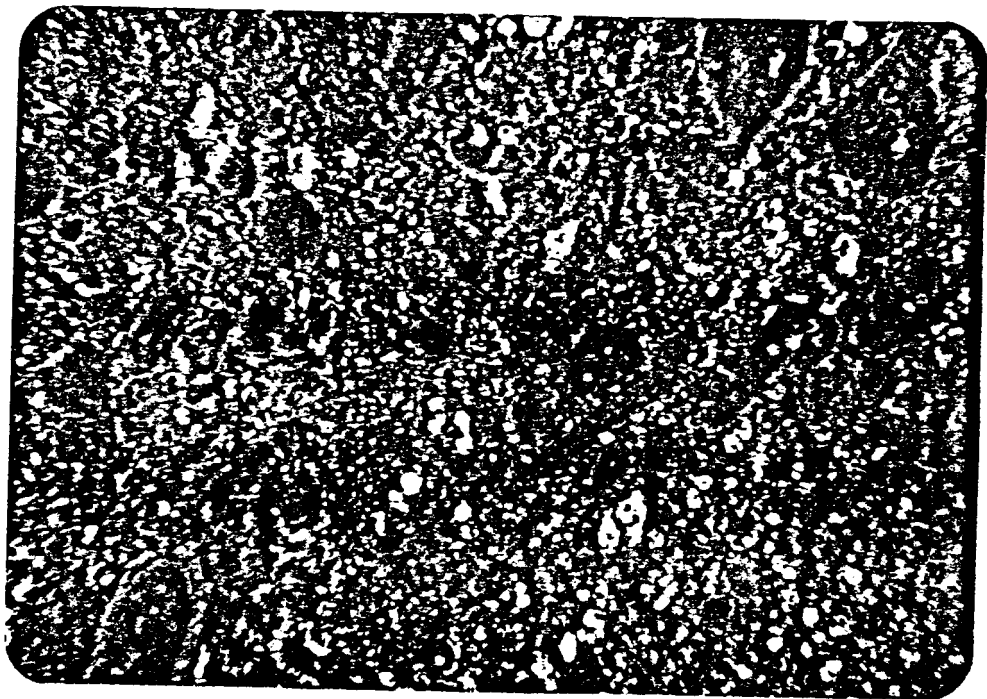


FOTO 14. (X50.4).- Glauconita con cuerpos fosfáticos conteniendo impurezas de materia orgánica criptocristalinas en matriz biomicrítica.

cita y francolita y en menos proporción el cuarzo, minerales arcillosos y óxidos de hierro.

La francolita es un carbonato-fluorapatito que contiene más del 2% de CO<sub>2</sub> molecular.

A las muestras estudiadas en depósitos fosfáticos de origen sedimentario marino en los Andes de Venezuela y Cordillera Oriental de Colombia y Ecuador, le asignan generalmente el nombre de apatito para describir el mineral fosfático, siendo un término comúnmente usado en explotación.

Existen muchas variedades de componentes fosfáticos, ya que se forma por reemplazamiento en la estructura cristalina. Entre los principales minerales están: francolita, apatito, dahlita y colofano. Respondiendo a la fórmula general:  $C_{10} P_04 (CO_3)_6 (F, Cl, OH)_2 - 3$

El colofano no es un mineral verdadero, sino un término usado para describir un complejo amorfo de minerales fosfáticos. Este nombre ya está fuera de uso por los adelantos de la química en la determinación de especies minerales.

La zona fosfática de la parte inferior del Miembro Tres Esquinas está compuesta principalmente de glauconita, francolita, calcita, cuarzo, óxidos de hierro, minera-

les arcillosos y materia orgánica. Conforme se sube en la columna estratigráfica esta roca se vuelve menos calcárea y fosfática, incrementándose los otros minerales antes mencionados.

#### COMPOSICION QUIMICA

Los análisis químicos de la roca fosfática efectuados para medir el contenido de  $P_2O_5$  y otros componentes fueron realizados por la Dirección de Investigaciones Geoanalíticas y Tecnológicas del Ministerio de Energía y Minas de Venezuela. Se trataron un total de 55 muestras de rocas representativas de toda el área de estudio.

Los lechos fosfáticos tienen un promedio de 7% de  $P_2O_5$  con valores que llegan hasta 15.9%. (Tablas I, 17 y III).

La roca es altamente calcárea y la relación  $CaO/P_2O_5$  es superior al límite tolerable. Una roca altamente calcárea es deleterea puesto que consume ácido en exceso y es perjudicial para su procesamiento.

La materia orgánica constituye hasta el 9.72% de La roca fosfática, con un promedio de 4.07%, que no es muy alto y no hay que removerla por calcinación.

Los óxidos de hierro varían entre el 0.05% y 2% con un

TABLA 7

RESULTADOS RE ANALISIS RE MUESTRAS VE ROCA EN LA FORMACION  
LA LUNA (% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)

<u>NUMERO RE MUESTRA</u>	<u>% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></u>
<b>QUEBRARA LA LUNA</b>	
21-96	75.95
G-0009	1.14
G-0027	12.89
<b>QUEBRADA EL CEIBOTE</b>	
G-0040	0.90
G-0047	8.75
G-0042	6.89
<b>QUEBRADA CANADA RE AGUA</b>	
1811	4.73
7872	70.39
<b>CANTERA PICHE</b>	
1851	2.73
7999	8.69
<b>R70 APONSZTO</b>	
1879	0.56
<b>RIO APONSZTO SECO</b>	
7887	3.78
1888	4.36
<b>QUEBRADA SANTA ROSA</b>	
1898	3.52
1899	7.14
1900	2.78
1907	1.92
7902	3.71
1903	3.37



TABLA 7 (Cont.)

<u>NUMERO DE MUESTRA</u>	<u>% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></u>
<b>RIO APON</b>	
7978	0.08
7979	0.33
<b>QUEBRADA LA LUCHA</b>	
7925	3.15
7930	6.49
7932	7.74
7933	0.62
7934	3.05
7935	2.34
<b>QUEBRADA NORTE</b>	
7940	17.87
7941	3.67
7943	8.74
<b>RIO MARACAS</b>	
1950	7.11
7957	5.29
7952	3.38
1954	6.72
1956	0.43
<b>QUEBRADA LISURE</b>	
7960	7.78
7967	5.63
7962	0.36
7963	4.23
7964	5.43
<b>QUEBRADA BOTONCHE</b>	
7967	7.57
7968	77.27
7969	3.90
7970	7.77
1971	3.28
<b>QUEBRADA CUSARE</b>	
1987	5.37
<b>QUEBRADA TISINA</b>	
7987	9.54

**TABLA II**

**RESULTADOS DE ANALISIS VE MUESTRAS DE ROCA EN EL MIEMBRO  
TRES ESQUINAS**

<u>NUMERO DE MUESTRA</u>	<u>% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></u>
<b>QUEBRADA SANTA ROSA</b>	
1896	0.16
<b>RIO MARACAS</b>	
7947	0.18
<b>QUEBRADA LISURE</b>	
3959	6,37
<b>QUEBRADA CUSARE</b>	
1982	0.24

## TABLA III

RESULTADOS VE ANALISIS VE MUESTRAS DE ROCA EN MIEMBRO  
MACHIQUES VE LA FORMACION APUN

<u>NUMERO VE MUESTRA</u>	<u>% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></u>
RIO AONSITO SECO	
7b90	4.45
1b91	2.90
RIO YASA	
7976	3.49

promedio de 0.64% que es un valor relativamente bajo y no hay el problema de que se forme fosfato de hierro in soluble.

El  $\text{CO}_2$  varía del 0.97% y 18.95% con un promedio de 70.17%. El CO es bajo con un promedio de 2.5%.

La humedad ( $\text{H}_2\text{O}$ ) está comprendida entre el 0.1% y 2% con un promedio de 0.89%.

Con excepción del  $\text{P}_2\text{O}_5$  los demás análisis químicos fue tren realizados en los laboratorios de la Facultad de Química de La Universidad del Zulia, Maracaibo-Venezuela (Tabla IV).

En la prospección geológica de la roca fosfática también se acostumbra a realizar análisis para otros componentes, con el fin de comprobar la calidad de la roca; éstos son: F, MgO,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y  $\text{SiO}_2$ , que según su proporción podrían afectar de alguna forma el tratamiento y uso fundamental de la roca.

Es importante también hacer análisis de  $\text{U}_3\text{O}_8$ , ya que se comprobó por radiométrica aérea, que el área de estudio presenta anomalías de este tipo.

## 5.2. GENESIS

Desde hace muchos años la explicación para establecer el origen de la roca fosfática, ha estado bujeta a can

1790  
/

TABLA IV

ANALISIS QUIMICO VE ROCA

NUMERO VE MUESTRA	% $Fe_2O_3$	% M. O.	% $CO_2$	% CO	% $H_2O$
G-009	0.20	0.74	7.57	0.43	0.74
21-96	0.05	4.60	9.79	2.67	0.59
G-0027	0.20	4.24	9.02	2.46	7.50
G-0037	0.50	7.75	2.45	0.67	0.58
G-0040	0.66	6.05	7.2	3.51	7.62
G-0047	0.20	3.72	7.92	2.76	7.04
G-0042	0.75	1.98	4.21	7.15	7.77
G-0043	0.75	0.53	1.73	0.37	1.20
1818	0.10	2.70	4.47	1.22	1.10
1817	0.50	6.39	73.60	3.77	7.20
7812	0.50	7.45	15.87	4.33	0.54
7551	2	0.81	71.72	0.47	0.67
1879	0.90	9.60	75.42	5.57	7.20
7887	2	6.06	12.90	3.52	7.50
7890	2	3.22	5.95	7.87	0.50
1888	7.25	5.17	77	3	0.30
7897	0.80	0.51	77.70	0.30	0.70
7896	0.50	5.77	77	3	0.40
1898	0.50	5.77	11	3	0.70
1899	0.20	6.60	14	3.83	0.30
1900	0.66	9.72	75	5.64	0.70
7907	0.80	4.50	13	4.50	0.30
1902	0.85	2.81	5.97	7.63	0.10
1903	0.70	7.94	4.14	1.73	0.62
1930	0.70	2.56	9.46	1.50	0.18
1932	0.30	2.31	5.47	1.34	0.63

TABLA IV (Cont.)

NUMERO VE MUESTRA	% $Fe_2O_3$	% M.O.	% $CO_2$	% $CO$	% $H_2O$
3933	0.46	5.63	15	3.27	0.77
1934	0.90	1.86	6.62	1.08	1.50
1935	0.70	4.24	15.54	2.46	1.50
1940	1.06	4.34	15.91	2.52	1.30
1941	0.30	0.87	3.79	0.57	0.44
1943	0.28	5.17	18.95	3	0.64
1947	0.50	0.25	0.91	0.75	1
7950	0.90	8.65	73	5.02	0.92
7952	2	3.07	11	3.19	1.60
1954	0.46	2.72	10	1.75	1.65
1956	0.15	3	11	7.58	0.64
1959	9.50	7.96	18	4.62	0.54
1960	7.25	5.76	18	3	0.67
1961	1.25	6.51	73.57	3.78	0.98
1962	0.74	7.37	4.80	0.76	0.76
1963	0.74	2.05	7.51	1.19	t
1964	0.36	2.58	9,46	1.50	1.50
7967	1.50	5.82	77.34	3.38	2
1968	0.35	4.44	13.11	2.58	0.90
1969	0.90	6.62	14	3.84	0.26
1970	0.70	5.05	8	2.95	1.50
7977	0.50	6.13	10	4.14	0.72
1918	0.10	4.01	8.54	2.33	0.98
1919	0.10	2.37	5.06	7.38	0.70
1928	0.60	5.49	11.69	3.79	1.50
1987	0.66	4.44	12	2.58	0.34
1982	0.50	3.35	11.15	5.77	1.20
1987	0.30	2.74	10.04	1.59	0.67
1808	0.42	2.58	9.46	1.50	0.64

troversias, por lo complejo y difícil de establecer de finitivamente los parámetros que controlaron su formación.

Todas las teorías antiguas coincidían **en** que el fósforo era extraído del agua por organismos vivientes y **concentrados** en sus partes duras. Así, un depósito estaría formado exclusivamente por, grandes acumulaciones de estos organismos. Pero esto no explicaba la presencia normal del fósforo en el agua ni las condiciones físico-químicas para que suceda la precipitación biogénica y abiótica **de** este elemento.

Kasacov, A. (1937) fue el primero **en** dar un origen físico-químico de estos depósitos, que luego fue modificada en parte por McKelvey V. et. al. (1953) y Sheldon R. (1963), la explicación radica en la diferencia de solubilidad entre los fondos oceánicos profundos y las zonas marinas someras. En las aguas profundas el fosfato se mantiene soluble por las condiciones de Ph y temperatura bajas, pero cuando estas aguas surgen a niveles someros donde **existen** Ph y temperatura más altas se produce la precipitación del fósforo. Esta surgencia de las aguas es producida **debido a que** las aguas frías polares se hunden y empujan hacia arriba el agua profunda rica en fosfato. También se produce esta surgencia por los efectos turbulentos originados por los

vientos y quizás ayudados por el fenómeno de coriolis, **que** es posiblemente el mecanismo más eficiente y extendido.

Entre las principales modificaciones hechas a Kasacov están: la saturación de las aguas de fósforo y fluor debido al volcanismo nubmattino; y otra en el concepto de "provincia fosforítica" y "litofacies fosforítica" que explican la concentración de fosfato en la columna geológica (Mansgield, 1940, Salvan 1952, Bibault 1963, y Miller 1964).

Según Notholt A (1968) la mayoría de las manifestaciones de fosforitas marinas han sido formadas, unas en cuencas restringidas de depositación, ocupando brazos y golfos de mares preexistentes; otras en áreas neríticas de geosinclinales o en áreas de subsidencia en plataformas continentales relativamente estables.

Como hemos visto anteriormente la Formación la luna se caracteriza por presentar una litofacies fosfórica **que** consiste de caliza, lutita, fanita u fosfato de colores negro a gris oscuro, olores fétidos y bituminosa.

Irwing M.L. (1965) establece **que** este es un tipo de facies sedimentaria de plataforma marina de poca pendiente y **que** se depositan en varios cientos de kilómetros cuadrados, pero de poco espesor.



Según Ford A., y Houbolt J.H. (1963) en el occidente de Venezuela la transgresión marina que be inició desde el Barremiense, alcanzó su máxima extensión entre el Cenomaniense, al Coniaciense y posiblemente Santoniense, cubriendo cientos de kilómetros cuadrados (Figura 9). En este ambiente, de depositó lo que ea hoy la Formación La Luna.

El contacto muy marcado entre las calizas de aguas pe poco profundas del Cretáceo inferior (Grupo Cogollo) y las calizas bituminosas de La Formación La Luna, sugiere que hubo un hundimiento repentino y amplio del fondo del mar.

✦

En los depósitos fosfáticos encontrados en la Formación La Luna de la Sierra de Perijá, se encontró gran cantidad de fósiles que prueban bu condición de rocas sedimentarias marinas. Su color negro y materia orgánica establece condiciones euxhínicas, es decir que las bacterias reductoras originan la formación de an hidruido sulfuroso que pk provocan la precipitación del sulfato ferroso, el cual ennegrece las acumulaciones ricas en materia orgánica. La presencia de caliza, lu tita y ftanita Rodad negras a gris oscuro cohhobchan esta afirmación. Igualmente su asociación con la glauconita en la base de la Formación Colón confirman ea estas condiciones ambientales.

DISTRIBUCION DEL AREA DE LA FORMACION LA LUNA ,  
EN EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE EL CENOMANIEN-  
SE AL CONIACIENSE SANTONIENSE EN EL OCCIDENTE  
DE VENEZUELA. Segun Ford y Houbolt (1963)

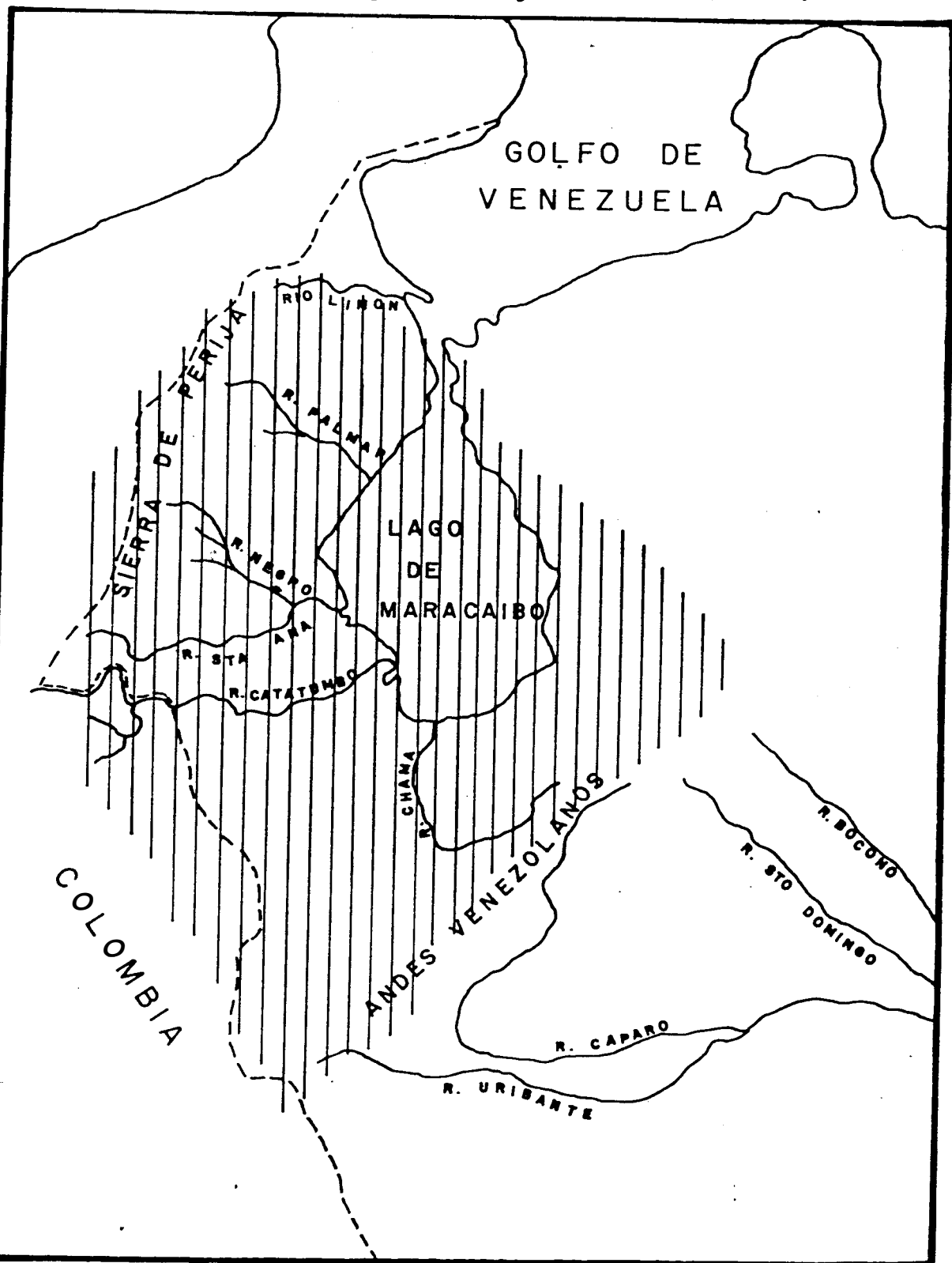


FIG. 9

Según Slansky M. (1967), los depósitos fosfáticos están situados generalmente en zonas donde la rata de sedimentación en las cuencas sedimentarias es baja, por este motivo las rocas intercaladas con fosfato presentan espesores pequeños con respecto a sedimentos contemporáneos estériles. Consecuentemente para que un depósito fosfático sea económico requiere un alto grado de estabilidad en las condiciones paleogeográficas.

En la Formación La Luna **se puede ver que** las calizas que se encuentran entre los horizontes fosfáticos son muy delgadas y conforme se baja en la columna estratigráfica, se vuelven **de** mayor espesor y se ausenta el fosfato.

\*

### 5.3. LIMITES

En el área de estudio la roca fosfática está ubicada en la parte superior de la Formación La Luna y en ciertas localidades en la parte inferior del Miembro Tres Esquinas. Se encuentra en forma de capas, lentes o "pellets" diseminados en la roca.

Las capas u horizontes fosfáticos **están** en número de hasta diez, con espesores que varían desde menos **de** 5 cm., hasta 90 cm. intercalados principalmente con caliza negra y en menor proporción lutita y fanita negra, que hacen un espesor total de hasta 75 metros.

En tres secciones ubicadas en las quebradas Botonche, Lisure, y río Maracas, en la zona del contacto superior de la Formación La Luna se encuentran lentes fosfáticos intercalados con la caliza bina.

Entre las quebradas Cusare y Norte & a parte inferior del Miembro Tres Esquinas (aproximadamente 1 metro), contiene "pellets" fosfáticos mezclados con glauconita, calcita y cuarzo.

La zona de horizontes fosfáticos se puede correlacionar por observación de afloramiento en dos sectores a saber: el sector norte, ubicado en La cantera Piché y La quebrada La luna que abarca una extensión de 9.3 Km. y el sector sur que se encuentra entre & a quebrada Tisina y río Aponsito Seco extendiéndose a lo largo de 34.8 Km.

#### 5.4. GEOLOGIA

El estudio geológico se realizó en base al conocimiento de las guías de carácter paleogeográfico, litológico, estratigráfico y radiométrico, que existen de La zona. Este levantamiento se efectuó con el fin de establecer la existencia de roca fosfática de origen sedimentario marino en La Sierra de Perijá. Consecuentemente se procedió a estudiar La Formación La Luna

y las unidades colindantes.

El área seleccionada está ubicada entre La quebrada El Taparo y el río Tocuco, tiene una forma alargada de 70 Km. de largo, con un promedio de 7.5 de ancho, cubriendo un área de alrededor de 100 Km<sup>2</sup>.

A continuación se hace una descripción de los estudios geológicos efectuados en La zona de interés.

#### 5.4.1. Levantamiento semidetallado de La Formación La Luna y unidades colindantes

Se efectuó el Levantamiento geológico semidetallado a escala 1:25.000 y se elaboró el mapa en que se plotearon todos los datos de campo (Mapa II). Se utilizó como base, el mapa geológico 1:100.000 realizado por La Creole Petroleum Corporation en 1954.

El estudio consiste fundamentalmente en la descripción de afloramiento en las vertientes que cortan el área y en caminos y canteras.

En el capítulo de geología local, se describió en forma detallada, cada una de las unidades que suprayacen e infrayacen a la Formación La Luna tales como la Formación Colón y el Grupo Cogollo respectivamente.

la Formación la Luna aparece en La zona de estudio en dos sectores, el sector Norte entre la cantera La Luna y el río Tinacoa, y el sector sur entre los ríos Aponsito Seco y el río Tocuco.

En general, las formaciones cretácicas del flanco oriental de la Sierra, buzan hacia el este entre  $25^{\circ}$  y  $70^{\circ}$  con un promedio de  $50^{\circ}$  y el rumbo general es NE.

Como se aprecian en el Mapa 77, Hoja 1, gran parte del Cretáceo Superior desaparece bruscamente al Norte de la quebrada la Luna, posiblemente a causa de la falla La Ge, que pone en contacto a la Formación La Sierra (Eoceno-Medio) y el Grupo Cogollo (Barremiense-Aptiense). Según Miller J. (1960) esta es una falla de comprensión E-C que tiene relación con el limbo occidental del arqueamiento El Totumo-Inciarte al norte de la zona y con los desplazamientos El Tigre-Cuibas. Este truncamiento es debido a que el lado occidental de la falla había sido deprimido antes de la sedimentación del Eoceno, causando la erosión del lado levantado.

La falla Cogollo es de la misma naturaleza de La Ge que causa también la eliminación (por erosión

durante el Eoceno Inferior) del miembro Lutita de Colón.

Entre los ríos Tinacoa y Aponsito Seco, la desaparición de la Formación la luna y otras unidades cretácicas, se **debe** posiblemente a la falla Cuibas.

Según Miller J. (1960) en el río Cuibaa La falla del mismo nombre corta a través de las areniscas de la Formación Río Negro y las calizas del Grupo Cogollo desplazándolas fuertemente. El lado occidental de la falla Cuibas está invariablemente levantado. Generalmente la inclinación del plano de falla es fuerte e inverso. Parece que **en** esta zona, la Formación la luna y las unidades adyacentes desaparecen, primero, por desplazamiento causado por la falla dextral y segundo, por causa de la falla de Cuibas.

Al sur de los ríos Cuibas se presenta fuerte corrimiento de las calizas del cretáceo de manera irregular, sobre las unidades Colón y La Sierra. La traza de la falla varía algo hacia el SO y se prolonga dentro del valle de las Lutitas de Colón hacia el sur, hasta el río Negro. Desde este punto hacia el SO la línea de falla se hace confu

sa en algunos lugares y posiblemente discontinua en otros, debido al menor desplazamiento y por la incompetencia de Las rocas. En esta zona su traza se encuentra principalmente dentro de La Lutita de Colón o en la subyacente caliza cretácica.

La Formación la luna es bastante uniforme en su composición y espesor en Roda el área de estudio, por lo tanto a continuación se da una descripción general de esta Formación tomada principalmente en la sección tipo:

La parte inferior se caracteriza por una secuencia de calizas biopelmicríticas y oobioelmicríticas color gris oscuro a negro en estratos delgados hasta de 60 cm., intercalados con calizas biomicríticas a esparítica de color gris claro. Suprayacentemente a esta secuencia, se encuentra una sucesión de fanita calcárea negra fosilífera, en capas delgadas a veces irregulares hasta de 10 cm., intercaladas con estratos hasta de 20 cm. de caliza biomicrítica gris oscuro. Además irregularmente distribuidas existen concreciones calcáreas de tamaño promedio de 10 cm. de diámetro, pero localmente se observan hasta 1 m. o más. Encima de esta sección por lo general aparece una sucesión de



calizas biomicríticas negras laminares, intercaladas con estratos delgados de hasta 30 cm. de caliza biomicrítica gris oscuro negra, localmente silicificadas. También concreciones calcáreas presentes Llegan hasta 1 m. de diámetro.

Suprayaciendo a esta secuencia se aprecia una ~~in~~tercalación de calizas biomicríticas de color gris oscuro a negro, laminares y estratificadas en paquetes hasta de 80 cm., con concreciones calcáreas e intercalaciones de lutitas calcáreas negras. Por último constituyendo la parte superior de la formación ~~he~~ presentan horizontes fosfáticos, desde pocos centímetros hasta 1 m. de espesor intercalados con calizas oobiopelmicríticas laminares, ocasionalmente fosfáticas y lutitas calcáreas negras fosilíferas. Se encuentra también una distribución irregular de concreciones calcáreas negras de hasta 7.3 m. de diámetro. Cerca del contacto superior ocasionalmente se presentan lentes fosfáticos entre las lutitas y las calizas.

El Miembro Tres Esquinas de La Formación Colón, suprayace concordantemente a La Formación La Luna y consiste de arenisca glauconítica-calcárea, de

grano medio a fino, presenta además hematita, pirita, cuarzo, arcilla y ocasionalmente "pelelets" fosfáticos, estos últimos entre las quebradas Norte y Tisina.

La correlación de la Formación La Luna se aprecia en la Fig. 10 mientras que la sección se la representa en la Fig. 7.

#### 5.4.2. Medición detallada de acciones estratigráficas de la Formación La luna y correlación

La medición detallada de acciones estratigráficas se realizó exclusivamente en los lugares donde afloran rocas fosfáticas.

Las secciones fueron hechas a escala 1:50 con el fin de visualizar las capas delgadas.

#### SECCION QUEBRADA LA LUNA

La zona fosfática está localizada a 500 m. al NO de la Hacienda La Luna. El límite superior no es visible, pero el primer estrato que aparece es una roca fosfática calcárea de 60 cm.

Los cuerpos fosfáticos forman del 60 al 70% de la roca. El contenido de  $P_2O_5$  es de 72.89% al

75.95% (Q1-96, G-0027).

Esta capa suprayace a una secuencia de 3 m. de estratos muy delgados de caliza oobiopelmicrítica negra fosfática con 10% de francolita y 1.14% de  $P_2O_5$  (G-0009). Esta secuencia está intercalada con finas lutitas calcáreas negras.

Si tomamos en cuenta que la capa fosfática se encuentra a pocos metros del techo, la Formación - la luna tiene 230 m.

#### SECCION QUEBRADA EL CEIBOTE

Está localizada a 300 m. al norte de La Hacienda Cañada de Agua, a 7.5 Km. al oeste de la sección anterior. Hay un horizonte fosfático de 50 cm. que presenta las mismas características petrográficas del horizonte anterior con 40 a 50% de francolita. Tiene del 6.89% al 8.75% de  $P_2O_5$  (G-0042 y G-0041). Esta capa está intercalada con una caliza biométrica gris oscura a negra, delgada a laminar y alterada. Además existe lutita calcárea negra en menos proporción y unos lechos delgados de fanita calcárea negra de 5 a 20 cm. y concreciones calcáreas. La caliza de caja tiene 0.90% de  $P_2O_5$  (G-0040).

La parte superior de La formación La Luna está cubierta, por lo tanto no se han visto otros horizontes fosfáticos. Pero sí aparecen a 15 m. de este horizonte la aheniaca glauconítica del Miembro Tres Esquinas. Esta arenisca sólo aparece por 90 cm. pero no es bu espesor verdadero ya que a cada lado está cubierta. No presenta "pellets" - fosfáticos.

Considerando a Baa capas fosfáticas como indicativos del tope de la Formación La Luna, en esta sección tiene 763 m.

#### SECCION QUEBRADA CAÑAVA VE AGUA

La sección está ubicada a 600 m. al SO de la quebrada anterior, al S 65 O de La casa de la Hacienda Cañada de Agua. EL tope ea visible. La parte superior empieza con la aparición de 4 capas fosfáticas de 15 a 20 cm. Infrayaciendo a esta secuencia está un horizonte de 60 cm. con 4.63% de  $P_2O_5$  (1811), siguiéndole otro de 20 cm. con 70.39% de  $P_2O_5$  (1812). Esta secuencia está intercalada con calizas biomicríticas negras habta de 20 cm. de espesor y lutitas calcáreas negras y ftanitas negras.

## SECCION CANTERA PICHE

A 9 Km. al SO de la quebrada La Luna. Esta es una buena sección ya que aflora toda la secuencia superior de la Formación la Luna en contacto con la Formación Colón. Es una roca muy alterada con coloración beige. A 75 cm. del contacto hay una capa fosfática de 4 cm. Más abajo hay una sucesión de tres capas de 4 a 8 cm. que tiene 2.73% de  $P_2O_5$  (1954). Después aparece otro horizonte de 30 cm. que suprayace a una secuencia de caliza fina intercalada con lentes fosfáticos de 70 cm. y otra capa de 20 cm. Todo este paquete tiene el 8.69% de  $P_2O_5$ . La roca de caja es una caliza biomicrítica negra, fina con intercalaciones de luti ta calcárea negra y ftanita en forma de lechos muy delgados (Fig. 11).

Connidehando las capas fosfáticas como el tope de la Luna. La formación La Luna en esta sección tiene 770 m.

## SECCION RIO APONSITO SECO

Esta sección está ubicada en el río Aponsito Seco a 750 m. aguas arriba de la Vaquera. El contacto con la Formación Colón no es visible. Los primeros afloramientos consisten de unos estratos del

gados de los cuales los dos primeros tienen un espesor de 15 cm. separados por 40 cm. de roca de caja y un horizonte inferior de fosforita calcárea de 10 cm. El contenido de  $P_2O_5$  es de 4.36% (1888) para el horizonte superior, y de 3.18% (1887) para el inferior. (Fig. 12).

Si las capas fosfáticas representan el tope de la formación, ésta tiene 40 m. de espesor.

En esta quebrada ocurren capas fosfáticas delgadas en el Miembro Machiques de la Formación Apón a 120 m. del contacto con la Formación La Luna. Es una secuencia de 10 m. de calizas delgadas biomicríticas negras intercaladas con lutitas calcáreas de 1 m. de diámetro. La roca fosfática se manifiesta en un horizonte de 30 cm. de espesor con 4.35% de  $P_2O_5$  (1890). En esta parte también afloran lentes fosfáticos difíciles de identificar y por tanto se tomó una muestra abarcando toda la secuencia que dió como resultado el 2.90% de  $P_2O_5$ .

#### SECCION QUEBRADA SANTA ROSA

Se localiza a 3.5 Km. al SO de la sección del río Aponsito Seco, a 600 m. al norte de La Vaquera Santa Roda.

El contacto es claro y marcado con la arenisca

glauconítica del Miembro Tres Esquinas de la Formación Colón, de 7.2 m. de espesor. El contenido de  $P_2O_5$  de esa roca es de 0.16% (1896) lo que indica la relativa ausencia de cuerpos fosfáticos. La secuencia de la Formación La Luna consiste de cinco capas fosfáticas intercaladas con lutitas calcáreas negras, caliza fina biomicrítica negra, -ftanita negra y concreciones calcáreas.

Las capas fosfáticas tienen las siguientes características: La primera con un espesor de 5 cm. contiene el 3.52% de  $P_2O_5$  (1898). la segunda de 30 cm. de espesor con 7.14% de  $P_2O_5$  (1899) y la tercera de 15 cm. y 2.73% de  $P_2O_5$  (79001). Todo el paquete tiene 6.75 m. con un contenido de 1.92% de  $P_2O_5$  (1901). El cuarto horizonte aparece 2 m. más abajo y tiene 75 cm. de espesor con 3.71% de  $P_2O_5$  (1902), a 2 m. hacia abajo se observa otra capa de 10 cm. de espesor con 3.378 de  $P_2O_5$  (1903).

El espesor de la Formación en esta sección es de 140 m. (Fig. 73).

#### SECCION QUEBRADA LA LUCHA

Localizada a 9.25 Km. al SO de la sección anterior, a 130 m. al NO de la casa de La Hacienda La

Lucha, Es una sucesión de lechos delgados de fosfato que se encuentran en la parte superior del afloramiento. Se presentan intercalados en una neuencia rítmica, con calizas biomicríticas negras delgadas y alternancias de lutitas calcáreas negras y localmente concreciones calcáreas. EL contacto superior no es visible pero se asume que se encuentra a poca distancia, por la presencia de capas fosfáticas. Son siete capas delgadas divididas en dos partes; cinco en la parte superior y dos de mayor espesor en la parte inferior. Las cinco primeras capas tienen espesores que varían de 5 a 8 cm. La secuencia de las cuatro primeras capas tiene el 2.34% de  $P_2O_5$  (79351, de los cuales la segunda tiene el 3.05% de  $P_2O_5$  (1934). En la parte inferior, el primer horizonte tiene 40 cm. de espesor con 7.94% de  $P_2O_5$  (1932), además presenta concreciones calcáreas estériles. A 1.9 m. abajo aflora una capa de 40 cm. con 3.75% a 6.49% de  $P_2O_5$  (1928, 1930). El valor inferior se debe posiblemente a que esta capa también tiene concreciones calcáreas y fosfáticas. la caliza de caja tiene 0.62% de  $P_2O_5$  (1933) (Fig. 14).



El espesor de la Formación es de 150 m.

SECCION QUEBRADA NÚRTE

Se encuentra a 4.5 Km. al SO de la sección anterior, a 1 Km. de la Hacienda Campo Libre. El contacto La Luna-Colón es concordante marcado. La arenisca glauconítica del Miembro Tres Esquinas, de 5 m. de espesor, presenta en su parte inferior "pellets" fosfáticos irregularmente distribuidos.

En esta sección la Formación La Luna contiene horizontes fosfáticos delgados intercalados con calizas biomicríticas negras y lutitas calcáreas negras. Son 10 capas fosfáticas delgadas, de color gris oscuro que de arriba a abajo se presentan de la siguiente manera: a 7 m. del contacto hay un paquete de 4 capas de 5 a 6 cm. de espesor que tiene el 77.74% de  $P_2O_5$  (1940). 7.6 m. abajo se presenta una secuencia de 53 cm. compuesta de 5 capas de 7 a 10 cm. de espesor. Este conjunto tiene 3.67% de  $P_2O_5$  (1941). Por último a 50 cm. infrayaciendo esta secuencia se encuentra una capa de 12 cm. con 5.14% de  $P_2O_5$  (79431) (Fig. 751).

El espesor de La Luna en esta Quebrada es de 130 m.

## SECCION QUEBRADA LISURE

*Esta sección está localizada aproximadamente a 2.5 Km, al SO de la sección de la quebrada Norte, a 700 m. aguas arriba de la intersección con el río Matracas. El contacto superior con el Miembro glauconítico Tres Esquinas es concoadante; marca da este miembro tiene un espesor de 9.7 m. Está constituido de arenisca glauconítica con presencia en su parte inferior de nódulos y "pellets" fosfáticos diseminados irregularmente con 6.37% de  $P_2O_5$  (1959). Infrayaciendo a esta unidad hasta 7.2 m. en que se incluye un horizonte fosfático de 5 cm., se presenta una caliza biopelmicrítica fosfática, en parte glauconítica, intercalada con lutita calcárea negra y pequeños lentes fosfáticos. Este paquete contiene 7.78% de  $P_2O_5$  (1960). Después de 1.6 m. se ve una secuencia de 4 horizontes fosfáticos de 7 a 15 cm. de espesor. La primera capa tiene 5.63% de  $P_2O_5$  (1961), y toda la secuencia 4.23% de  $P_2O_5$  (1963). La roca de caja, una caliza biomicrítica, tiene 0.36% de  $P_2O_5$  (1962). Después de 4 m. aparece una capa de 50 cm. con conctlecciones calcáreas y ftaníticas con un tenor de 5.43% de  $P_2O_5$  (1964), luego de 3 m. de espesor se encuentra otro horizonte fosfático*

de 10 cm. (Fig. 16).

la Formación La luna en esta sección tiene un espesor de 770 m,

### SECCION RIO MARACAS

Este se encuentra a 300 m. al SO de la sección anterior, a 450 m. aguas arriba de La intersección con la Quebrada Lisure. El Miembro Tres Esquinas suprayace con un contacto concordante marcado e igual en el caso anterior, contiene a La base nódulos y "pellets" fosfáticos, hasta aproximadamente 1 m. de espesor. Esta arenisca glauconítica tiene 8.5 m. de potencia y La parte superior contiene el 0.18% de  $P_2O_5$  (1947), evidencia auténtica relativa de fosfato.

En la Formación la luna la primera capa fosfática aparece a 1.2 m., pero como en el caso anterior hay una secuencia de lentes fosfáticos intercalados con La caliza biopelmicrítica fosfática fina y La lutita calcárea por lo que dan una concentración para el espesor de 7.17% de  $P_2O_5$  (1950). A 70 cm. se ve una secuencia de 4 horizontes de 8 a 72 cm. de espesor que contiene - 3.38% de  $P_2O_5$  (1952). EL Tercer Horizonte tiene

el 8.29% de  $P_2O_5$  (1951). Luego de 80 cm. hay una capa de 20 cm. y 1,2 m. después aparece otra de 10 cm. por 2 m. aparece caliza fina biomicrítica y lutita calcárea, entonces se presenta un horizonte fosfático irregular de aproximadamente 70 cm. que contiene concreciones calcáreas y fosfáticas (Fotos 3 y 4). El contenido de  $P_2O_5$  es de 6.12% (1954). Finalmente a 3 m. se presenta una capa fosfática de 75 cm. de espesor. La roca de caja suprayacente a este horizonte tiene 0.43% de  $P_2O_5$  (Fig. 17).

EQ espesor de la Formación La Luna en esta sección es de 210 m.

#### SECCION QUEBRADA BOTONCHE

A 2.5 Km. al SO de La sección anterior y a 250 m. al NO de la Vaquera La Rusia se levantó esta sección. En este lugar sólo afloran 2.5 m. de arenisca glauconítica, igualmente conteniendo en su parte inferior nódulos y "pellets" fosfáticos. Así mismo la zona de 1.30 m. entre el primer horizonte fosfático de 15 cm. y el contacto con La Formación Colón es una caliza biomicrítica con lentes fosfáticos y lutita calcárea con 7.57% de  $P_2O_5$ . Después de 7.5 m. de caliza fina y lutita

calcárea (1967) aparece un paquete fosfático de 60 cm. con tres horizontes de 10 a 73 m. hay dos capas fosfáticas de 7 y 75 cm. separadas por 7m. de caliza fina y lutita. Este paquete contiene 7.77% de  $P_2O_5$  (1970). Infrayaciendo a una caliza y lutita luego de 2.2 m., está una capa de 25 cm. con 3.9% de  $P_2O_5$  (1969). Por último a 1.7m. aparece un horizonte de 90 cm. con 77.27% de  $P_2O_5$  (1968). Esta capa también posee concreciones calcáreas en su interior (Fig. 18).

En esta sección solo aflora la parte superior de la Formación la luna.

#### \* SECCION QUEBRADA CUSARE

A 6.8 Km. al SO de la sección anterior, a 250 m. al este de la Hacienda San Rafael, se levantó esta sección. En esta Localidad no es visible el contacto con el Miembro Tres Esquinas, pero la capa glauconítica sí presenta en su parte inferior nódulos y "pellets" fosfáticos como en los casos anteriores. la parte superior de ésta contiene 0.24% de  $P_2O_5$  (79821). Después de 7 m. de cobertura aparece una secuencia de 2.77 m. de caliza delgada y lutita calcárea. Infrayaciendo hay otro paquete de tres horizontes de 5 a 10 cm. que

tiene 5.87% de  $P_2O_5$  (1981). Por último a 4 m. existe otra capa de 5 cm. de espesor (Fig. 19).

La Formación La Luna en esta sección tiene 160m. de espesor.

#### SECCION QUEBRADA TISINA

Se encuentra a 2.4 Km. al SO de la sección anterior, a 300 m. al SE de La hacienda Nevada. Es una sección con pobres afloramientos, y no es visible el contacto con el Miembro Tres Esquinas. Solo aparece 1 m. de arenisca glauconítica sin evidencias de fosfatos. A 2 m. hay una capa fosfática de 70 cm. y a 3 m. aflora una secuencia de 2 m. de caliza delgada intercalada con lutita, infrayaciendo a ésta se presenta una capa fosfática de 10 cm. Después de 7.5 m. aflora un horizonte fosfático de 50 cm. con 9.54% de  $P_2O_5$  (1987), que contiene concreciones calcáreas. (Fig. 20).

EL espesor de La Formación la Luna es de 166 m. considerando las capas fosfáticas indicativas - det tope.

#### CORRELACION

La correlación de Las capas fosfáticas individuales

les es muy difícil de efectuar por los siguientes motivos:

1. Las capas fosfáticas son susceptibles a cambios laterales, por lo tanto *be* las considera como lentes **que** se acuñan a poca distancia.
2. En las zonas existen principalmente capas delgadas, lo **que hacen** aún más difícil seguir las.
3. La distancia entre las secciones es relativamente grande.
4. Hace falta realizar una prospección más detallada con métodos tales como sondeos y calicatas.

Por lo tanto en nuestro caso de prospección, basado exclusivamente en el estudio de afloramientos, sólo es posible correlacionar Roda fa secuencia fosfática de cada sección.

En este estudio se comprobó que las capas fosfáticas se encuentran siempre en la parte superior de la Formación La Luna. Por lo tanto se infirió que las zonas donde no afloran capas, pero que existía la Formación la luna, éstas estaban cubiertas.

Como muestra la Fhg. 21 existen dos zonas de *im*

portancia, una al norte en que se correlaciona La secuencia fosfática desde La Canterera Piché hasta la Quebrada La Luna y otra al sur desde el río Aponsito Seco hasta la Quebrada Tisina. Como se ve en La Figura para esta correlación se ha tomado como línea de base el contacto entre La Formación la Luna y el Miembro Tres Enquinas.

En La parte norte se correlaciona La Canterera - Piché con las quebradas Cañada de Agua, EL Ceibote y la luna. En las quebradas EL Ceibote y La luna sólo aflora La última capa esperándose encontrar varios horizontes fosfáticos en su parte superior tal como sucede en la quebrada Cañada de Agua y la Canterera Piché. En la quebrada El Ceibote se ubica el último horizonte a 14.5 m. de La línea base porque La arenisca glauconítica aflora solamente 90 cm. y está a 15.5 m. de la última capa.

En el sector sur La zona fosfática empieza con una secuencia de 5 m., de tres capas delgadas como se presenta en el río Aponsito Seco, hasta llegar a su máximo espesor en el río Maracas con 74 m. y Luego se adelgaza hasta 8.5 m. como se aprecia en La quebrada Tisina.



Entre las quebradas Norte y Tisina la parte inferior del Miembro Tres Esquinas presenta concentraciones fosfáticas. Además entre las quebradas Botonche y Lisure, infrayacente al contacto La Luna-Colón hay una secuencia de aproximadamente 7.2 m. que consiste principalmente de lentes fosfáticos intercalados con caliza y lutita.

Consecuentemente la zona que presenta mayor cantidad de roca fosfática está ubicada entre Las - quebradas Botonche y Lisure y abarca una distancia de 2.7 Km. (Fig. 21).

### 5.5. GEOQUÍMICA

Geoquímica es la disciplina encargada de medir sistemáticamente el contenido de los elementos en los materiales de la corteza terrestre para determinar una relación y establecer parámetros que conduzcan a localizar una concentración mineral. Esto se hace usando métodos convencionales de la química para la determinación de trazas de elementos o grupos de elementos. La prospección geoquímica es posible efectuarla en suelos, rocas, sedimentos fluviales, agua, gases y vegetales.

Para la exploración de fosfatos en la región oriental de La Sierra de Perijá, se realizó prospección geoquímica con sedimentos fluviales y roca, por considerarlos en

un principio los más adecuados. A pesar de que no se conoce que se haya realizado con anterioridad prospección geoquímica para la exploración de depósitos fosfáticos en alguna otra parte del mundo, se recomendó estos métodos para comprobar si tenían validez.

#### 5.5.7. Prospección geoquímica para fosfatos en sedimentos fluviales

La prospección geoquímica de sedimentos fluviales como aguda en la exploración de fosfatos /requiere en este caso **que** se tomen con granulometría correspondiente a las arenas, porque los minerales fosfáticos (francolita, dahlita, apatito, etc.) se los considera como relativamente estables en ambientes secundarios en los que reinan bajas temperaturas u presiones. Además, según Maya E. y Figueroa C. (1976), el pH de las aguas de las quebradas, de La zona de estudio, oscila entre 6.7 y 7.4, característico de un ambiente supergénico neutro. Por lo tanto se produce una dispersión mecánica **que** da como resultado poca o ninguna diferenciación del material dispersado.

El área del presente estudio, cubre en el frente montañoso oriental de La Sierra de Perijá, un área de alrededor de 700 Km<sup>2</sup>.

Se tomaron un total de 100 muestras en los ríos y quebradas que cruzan el área de interés, a partir de la quebrada El Taparo al norte, hasta el río Tocuco al Sur. El intervalo de muestreo fue de 500 m. (Mapa III).

A Las primeras 18 muestras recolectadas en el Norte de la zona, en las quebradas EC Tapaho, la Luna, Cañada de Agua y El Ceibote, se les hicieron análisis por el método de Difracción de Rayos X, con el fin de determinar semicuantitativamente Coa minerales presentes. Como indica la Tabla V, los sedimentos estaban constituidos principalmente de plagioclasa, cuarzo u calcita, sin presentar evidencias de ningún mineral fosfático.

En vista de los resultados negativos, por el método antes mencionado, se decidió realizar un análisis químico cuantitativo por Espectrometría de Absorción Atómica (AA), para  $P_2O_5$ , de las restantes 82 muestras. Los resultados son mostrados en la Tabla VI donde se observa que los valores tienen un rango que va de 6 a 29 ppm. de  $P_2O_5$ .

#### 5.5.2. Prospección Geoquímica para fosfato en roca

En la exploración de roca fosfática, las guías paleogeográficas, litológicas, estratigráficas y radi-

## ANALISIS MINERALOGICO VE MUESTRAS DE ARENA POR DIFRACCION VE RAYOS X

NUMERO DE MUESTRA	PLAGIOCLASA	CUARZO	CALCITA	HEMATITA	ILLITA	HIDROBIOTITA	CAOLINITA	MAGNETITA
AS-1	X	X	X	X				
MS-2	X	X	X	X	X			
MS-3	X	X	X			X		
MS-4	X	X	X		X			
MS-5	X	X	X		X	X		
MS-6		X	X	X	X		X	
MS-7		X	X		X			
MS-1800		X	X					
MS-1801		X	X		X			
MS-1813		X	X					
MS-1821	X	X	X	X	X			
MS-1822	X	X	X	X				
MS-1823	X	X	X	X				
MS-1824	X	X	X	X	X			
MS-1825	X	X		X	X			
MS-1826	X	X	X	X				
MS-1829	X	X		X	X			
MS-1830	X	X		X				X

TABLA VI

ANALISIS QUIMICOS DE SEDIMENTOS FLUVIALES

<u>NUMERO VE MUESTRA</u>	<u>ppm P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></u>
7837	26.5
7834	24.375
7537	23.125
1839	27.625
1b40	12.375
7847	20.575
7842	74.5
7843	17.375
7845	78.5
1847	17.25
1848	7b.00
1849	20.875
7850	20.00
7852	27.25
1857	23.375
7858 ✓	29.125 ✓
1854 ✓	25.375 ✓
1860 ✓	29.0
1862	20.0
1863	22.25
7866	15.5
1869	15.5
7871	75.937
7872	77.25
1873	78.375
7875	17.25
7876	10.00

TABLA VI (Cont.)

<u>NUMERO DE MUESTRA</u>	<u>ppm P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></u>
7877	6.625
7881	15.5
7882	76.875
1883	72.375
7884	72.875
1886	14.725
7893	75.5
7894	77.875
7905	8.75
7906	6.625
7970	17.375
1911	73.75
1912	11.875
7973	12.875
7975	10.00
7920	12.375
7927	73.75
7922	72.375
7923	14.123
7924	77.25
1925	14.5
1926	16.875
7927	18.5
7937	74.25
1938	13.375
7939 ←	73.75 ✓
7944	77.625
1945	17.625
7946	73.75
1957	15.5
7958	25.75

TABLA VI (Cont.)

<u>NUMERO DE LA MUESTRA</u>	<u>ppm P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></u>
R-7958	76.0
7965	70.0
1966	72.875
7972	37.875
3973	10.00
1977	12.875
7478	75.937
7979	22.25
1960	25.75
7963	74.25
7984	75.5
1985	12.375
1986	19.375
1988	19.375
7989	77.25
7990	15.5
7997	15.937
1992	72.375
7993	77.375
1994	10.0
1995	10.5
7996	18.5
7947	16.875
7996 ✓	28.357 ✓

82

$$\bar{X} = 16.43$$

$$\sigma = 5.25$$

$$C = 31.97 \%$$

métricas son las que suministran la mejor información para la localización de horizontes fosfáticos. Pero existe dificultad para el reconocimiento en el campo de estos horizontes, ya que por lo general la diferencia de coloración entre la roca adyacente y los elementos fosfáticos ("pelelets", fósiles, colitos, etc.), son muy pequeños para ser reconocida a simple vista.

Se han desarrollado muchos métodos químicos para reconocer si una roca tiene o no fosfato. El comúnmente usado es aquel desarrollado por Shapiro L. en 1952 y que consiste en mezclar una pequeña de muestra con una solución de Vanadomolibdato de Amonio. Si la mezcla se torna de una coloración amarilla, es indicativo de que se ha formado el compuesto Fosfovanadomolibdato de Amonio, advirtiendo por lo tanto la existencia de fosfato en la roca. Este método es semicuantitativo, al observar la intensidad del color amarillo y comparándolo con patrones establecidos.

En el área del presente estudio se aplicó este método semicuantitativo de campo, utilizando tres patrones de diferentes tonalidades amarillas, que indican el 5, 75 y 30% de  $P_2O_5$ . Para la prepara-



ción de estos patrones se utilizaron muestras de los depósitos fosfáticos de Táchira y Falcón.

Toda muestra que **daba** ciehta coloración amarilla, **be** la envió a los laboratorios del Ministerio de Energía y Minas de Caracas, donde se analizaron 54 muestras de las cuales ninguna llega al 20% de  $P_2O_5$  (Tablas I, II y III).

Los valores registrados en el campo son mayores a los del laboratorio. Esto puede ser debido principalmente a tres factores:

1. Para la preparación de los patrones **he** utilizaron rocas de una litología diferente a la del área de estudio.
2. El tamaño demasiado **pequeño** de la muestra para análisis de campo (1/16 pulgadas de diámetro por profundidad).
3. Variación de la coloración **de** los patrones por la inestabilidad de los componentes con respecto al tiempo.

Las muestras fueron tomadas en **trucad**, de La Formación la Luna, del Miembro Tres Esquinas y del Miembro Machiques, que son las que contienen cantida-

des variables de  $P_2O_5$  (Tablas I, II y III).

Aparte de los análisis realizados para  $P_2O_5$ , se efectuaron también para otros componentes, tales como:  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $Fe_2O_3$ , materia orgánica y  $H_2O$  (Tabla IV).

Debe tenerse presente que estos valores provienen de muestras de roca tomadas en superficie, donde han sufrido el efecto de las aguas meteóricas y otros agentes de meteorización que seguramente reducen el contenido fosfático de la parte expuesta. Por eso debemos tener en cuenta que los valores de superficie son posiblemente inferiores a los de la roca fresca.

### 5.5.3. Evaluación de los resultados geoquímicos

Como ya se dijo anteriormente de las 100 muestras de arena tomadas, 18 se analizaron por Difracción de Rayos X y 82 por Espectrometría de Absorción Atómica (AA), para  $P_2O_5$ .

Para el estudio estadístico de las 82 muestras se siguió el método de Ahrens (1954), en que establece que para valores de una población simple que están distribuidos simétricamente, el umbral puede ser tomado convencionalmente como la media más

dos desviaciones standard ( $X + 2 \sigma$ ). Corrido este método en la computadora HP-21 se obtuvo que la media ( $X$ ) es de 36.4276 ppm y la desviación standard ( $\sigma$ ) es de 5.2522 ppm. Por lo tanto el umbral es 26.9522 ppm. de  $P_2O_5$ .

Como se puede ver en la Tabla .V7 existen 5 valores anómalos que corresponden a muestras en los ríos Cogollo (1939), Tinacoa (1858 y 1859), Cubas (1860) y Tocuco (1998). (Mapa III).

Los valores anómalos no permiten establecer parámetros ni efectuar ningún tipo de relación que nos conduzcan a localizar el depósito.

3

Las muestras de rocas que se tomaron, siguiendo el método geoquímico de Shapiro L. (1952), permiten establecer los siguientes resultados:

1. En la Formación La Luna se encuentran la mayor cantidad de roca fosfática en el área de estudio.
2. Los horizontes fosfáticos aparecen dentro de los 15 metros superiores de la Formación La Luna.
3. Los valores más altos llegan hasta el 16% de  $P_2O_5$ , y se encuentran en el Norte entre la

quebrada La Luna y La Cantera Piché (por 9.3 Km.) y en el Sur entre las quebradas La Lucha y Tisina (por 20 Km.).

- 4, La zona de mayor cantidad de capas fosfáticas y que llegan hasta 90 cm. de espesor (quebrada Botonche), se localizan entre las quebradas La Lucha y Botonche (por 10 Km.).
5. Entre las quebradas Norte y Cusare (12 Km.) la parte inferior del Miembro Tres Esquinas, presenta concentraciones fosfáticas que llegan hasta el 6.37% de  $P_2O_5$  (Qda. Lisure).
6. Se localizan delgadas capas fosfáticas en el Miembro Machiques en los ríos Aponsito Seco y Yasa.

#### 5.6. ESTIMACION DE RESERVAS

Para la estimación de reservas en este estudio, se utilizó el método de la media aritmética, que consiste en darle al depósito la forma rectangular de potencia constante (Febrel T. 1971). Este procedimiento es aplicable en este caso debido a su sencillez y aplicabilidad, ya que es un trabajo de prospección y además no hay sondeos ni otros trabajos de precisión.

Como se aprecia en las figuras 22 u 23, la zona de estudio se la ha logrado dividir en dos grandes sectores: el sector norte comprendido entre La quebaada La luna y la canteras Piche y el sector sur entre el río Aponsito Seco y quebrada Tisina.

Para este estudio en especial se consideró como límite interno las líneas que pasan por el afloramiento más bajo y por el más alto y como Límite externo, la cuarta parte entre éstos dos, medido a partir del límite interno inferior hacia abajo.

Todas las reservas son potenciales\* ya que los valores de  $P_{2.05}$  son relativamente bajos y además con los datos que se tienen al momento, no pueden explotarse para beneficio económico inmediato.

Para determinar las reservas del sector norte, se tomó un área comprendida entre la cantera Piché y la quebrada la Luna, **que** tiene una diferencia de altura de 170 metros, la longitud **es** de 9.3 Km., el espesor promedio de 0.85 metros y una densidad de  $2.7 \text{ gr/cm}^3$ . La diferencia de altura de 170 m. es la proyección vertical pero considerando un promedio de  $50^\circ$  de buzamiento de las capas, la altura verdadera **es** de 222 metros. Esto arrojó como reservas potenciales posibles  $(C_1)^{**}$  un total aproximado de 7'854.800 ton. métricas.

Tomando como límite externo 55.5 m. debajo del límite interno arrojaron unas reservas potenciales posibles (c<sub>2</sub>)\*\*\* alrededor de 1'184.200 ton. métricas. (Fig. 22).

En el sector sur para calcular las reservas potenciales posibles (c<sub>1</sub>) se consideró la zona ubicada entre la quebrada Tisina y el río Aponsito Seco, con una diferencia verdadera de altura de 730.5 m. la longitud es de 34.8 Km., el espesor promedio de 0.95 m. y la densidad de 2.7 gr/cm<sup>3</sup>, esto arrojó un total del orden aproximado de 6'949.600 ton. métricas. Las reservas potenciales posibles (c<sub>2</sub>) hasta el límite externo considerado a 32.6 m. debajo del límite interno son del orden cerca de 2'913.000 ton. métricas (Fig. 23).

Una zona de 2.7 Km. ubicada entre las quebradas Botonche y Lisure, presenta una reserva de roca fosfórica adicional a la anteriormente expuesta, y es una franja de un promedio de 2.23 m. de potencia; esta área arroja unas reservas potenciales posibles adicionales (c<sub>1</sub>) de aproximadamente 1'141.300 ton. métricas que sumadas a las anteriores hacen un total de 1'576.300 ton. métricas. Por lo tanto, las reservas potenciales posibles (c<sub>1</sub>) totales son del orden de 13'380.700 ton. métricas y las potenciales posibles (c<sub>2</sub>) son de 4'386.900 ton. métricas.

EL tenor promedio de las capas fosfáticas es de 7% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> con valores que fluctúan entre 2.78% y 15.95% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Entre las quebradas Botonche y Lisure la roca fosfática adicional contiene un promedio de 7.19% de  $P_2O_5$  y sus valores varían de 6.37% a 7.7% de  $P_2O_5$ .

De acuerdo a los datos anteriores a continuación se presenta un cuadro de las reservas de fosforita en la Sierra de Perijá.

	ZONAS	VOLUMEN ( $m^3$ )	TON. METRICAS
Sector Norte	c1	1'798.000	4'854.800
	c2	438.600	7'184.200
Sector Sur	c1	2'573.900	6'949.600
	c2	1'078.800	2'513.000
Bototiche a Lisure	c1	422.685	1'141.300
	c2	707.300	289.700

\* Reservas potenciales son: Reservas que en el futuro pueden ser explotadas con beneficio económico, con los medios técnicos que se disponen en ese entonces.

\*\* Reservas potenciales posibles ( $c_1$ ): Son reservas en el caso de capas que se extrapolan en profundidad.

\*\*\* Reservas potenciales posibles ( $c_2$ ): Son reservas determinadas mediante predicciones geológicas.

- Tomado de Febrel T. (1971).

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

En base a los estudios realizados hasta la fecha en e& área, se han podido establecer las siguientes principales conclusiones:

1. En el flanco oriental de la Sierra de Perijá, entre la quebrada El Taparo y el río Tocuco, la Formación la Luna presenta horizontes fosfáticos.
2. En el área de estudio la roca fosfática se divide en dos grandes sectores: el norte entre la cantera Piché y la quebrada La luna y el sur entre la quebrada Tisina y río Aponzito Seca.
3. Los horizontes fosfáticos se ubican estratigráficamente en los primeros metros superiores de la Formación La Luna.
4. El espesor de las capas fosfáticas varía en La Formación La Luna entre menos de 5 cm. hasta 90 cm. y se presentan en número de hasta diez.
5. El tenor de las capas fosfáticas varía de 2.78% a 15.95% de  $P_2O_5$  posiblemente debido a cambios laterales y verticales de facies.



6. Entre las quebradas Cusare y Norte La parte inferior del Miembro Tres Esquinas contiene enriquecimiento fosfático, con hasta 6.37% de  $P_2O_5$ .
7. En los ríos Aponsito Seco y Yasa aparecen horizontes fosfáticos delgados en el Miembro Machiques de la Formación Apán.
8. La roca fosfática se manifiesta en forma de capas, lentes y "pellets" diseminados en la roca.
9. La roca fosfática superficial está muy meteorizada, razón por la cual posiblemente los valores de  $P_2O_5$  son relativamente bajos.
10. Para el cálculo de reservas se tomó como base en forma conservadora un espesor de 0.85 m. para la parte norte y de 0.95 m. para la parte sur. Como profundidad en el sector norte de 222 m. y en el sur de 730 m., la misma que se considera exclusivamente por la diferencia de nivel topográfico de los afloramientos. En base a esto se ha podido establecer que las reservas potenciales posibles ( $c_1$ ) en toda el área de estudio es del orden de 13'380.700 ton. métricas y las reservas potenciales posibles ( $c_2$ ) totales de 4'386.900 ton. métricas.
1. El área de mayor interés económico está localizada al SO de la población de Machiques entre las quebradas Botonche y Lisure con reservas potenciales posibles de 1'576.300 ton. métricas a lo largo de 2.7 Km.

## RECOMENDACIONES

Pasa determinar mejor la calidad y cantidad de las reservas existentes en el bsea de estudio se recomienda lo siguiente:

1. Tanto en el sector norte como en el sur efectuar levantamientos topográficos y geológicos detallados, comenzando por el área ubicada entre las quebradas Botonche y Lisuse.
2. Efectuar los análisis químicos completos para los siguientes componentes:  $P_2O_5$ ,  $CaO$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $CO_2$ ,  $MgO$ ,  $SiO_2$ , F y materia orgánica con el fin de establecer la calidad de la roca, para su aprovechamiento.
3. Análisis petrográficos y mineralógicos de roca utilizando el método de difracción de Rayos X.
4. Realizar calicatas de reconocimiento entre las quebradas para determinar la presencia del mineral.
5. Efectuar un programa de perforaciones preliminares con el siguiente propósito:
  - a. Comportamiento de la soca fosfática en profundidad.
  - b. Toma de muestras del subsuelo para análisis químicos, petrográficos, mineralógicos con el fin de obtener valores de roca fresca.

- c. Elaboración de mapas de isópacas e isotenores de las capas fosfáticas, lo mismo que el espesor de la roca estéril suprayacente.
- d. Ampliación de las reservas potenciales posibles (c1), localizando en profundidad da prolongación de la roca fosfática. En este caso se efectuarían sondeos hasta el doble de da profundidad del límite externo utilizado en la estimación de reservas. Este programa de perforaciones se realizaría de la siguiente manera:

En La quebrada La Luna el pozo propuesto se ubicaría a 160 m. aguada abajo de la capa fosfática. Si los horizontes fosfáticos se los encuentra a 176 m. de profundidad con un pozo vertical, las reservas posibles potenciales (c1) de La zona norte aumentaría aproximadamente en 7'000.000 .ton. métricas (Fig. 24).

En el sector sur se consideró también ed doble del límite externo parra perforación y el programa estaría de la siguiente manera:

Un pozo en La quebrada Santa Roda ubicado a 35 m. aguada abajo del contacto La Luna-Colón. La zona fosfática se la localizaría a 55 m. de profundidad (Fig. 25).

Otro pozo vertical en la quebrada La Lucha a 750 m. aguas **abajo** del primer horizonte fosfático, con una

# CORTE TRANSVERSAL EN LA QUEBRADA LA LUNA

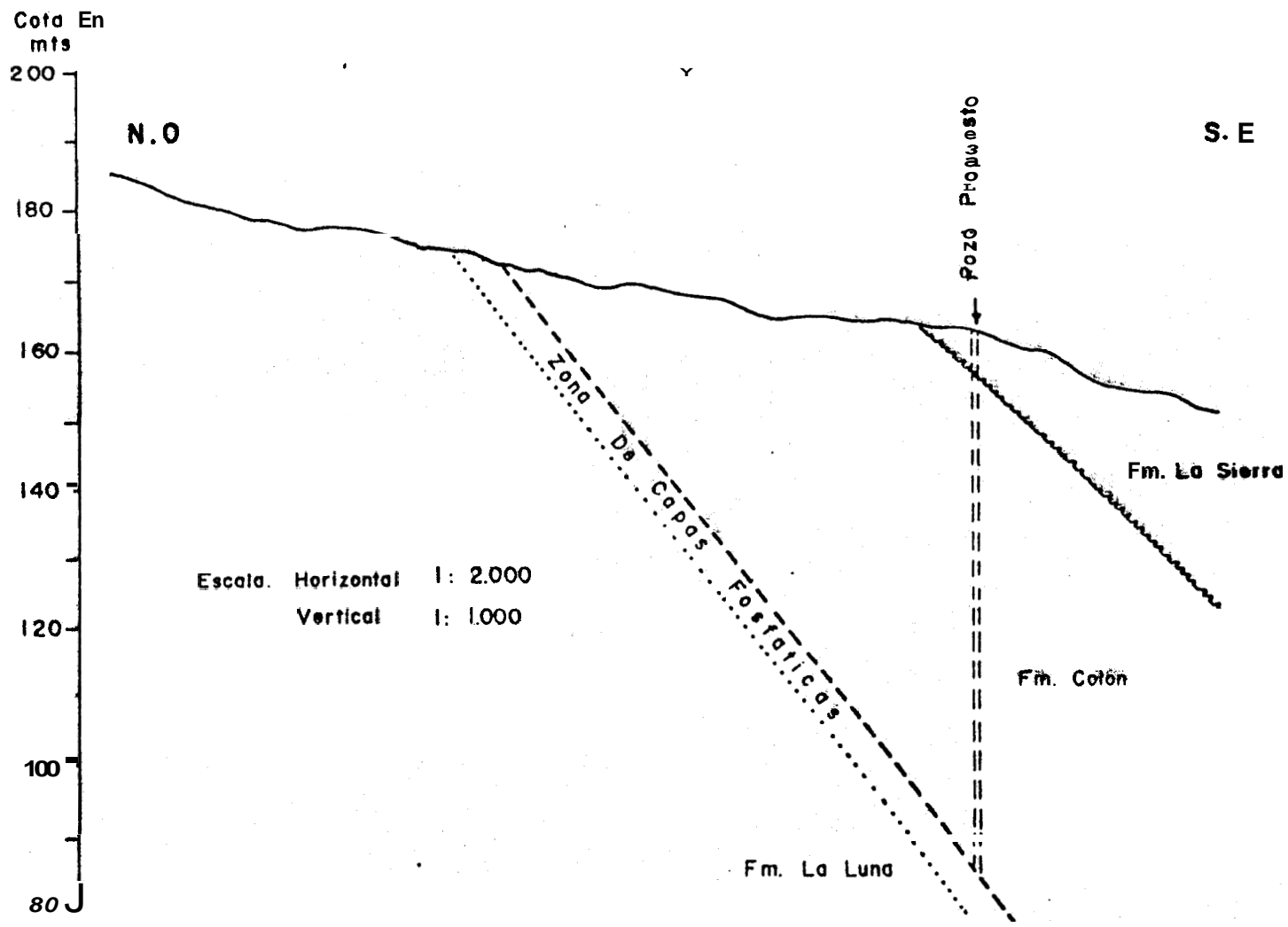


FIG 24

# CORTE TRANSVERSAL EN LC QUEBRADA SANTA ROSA

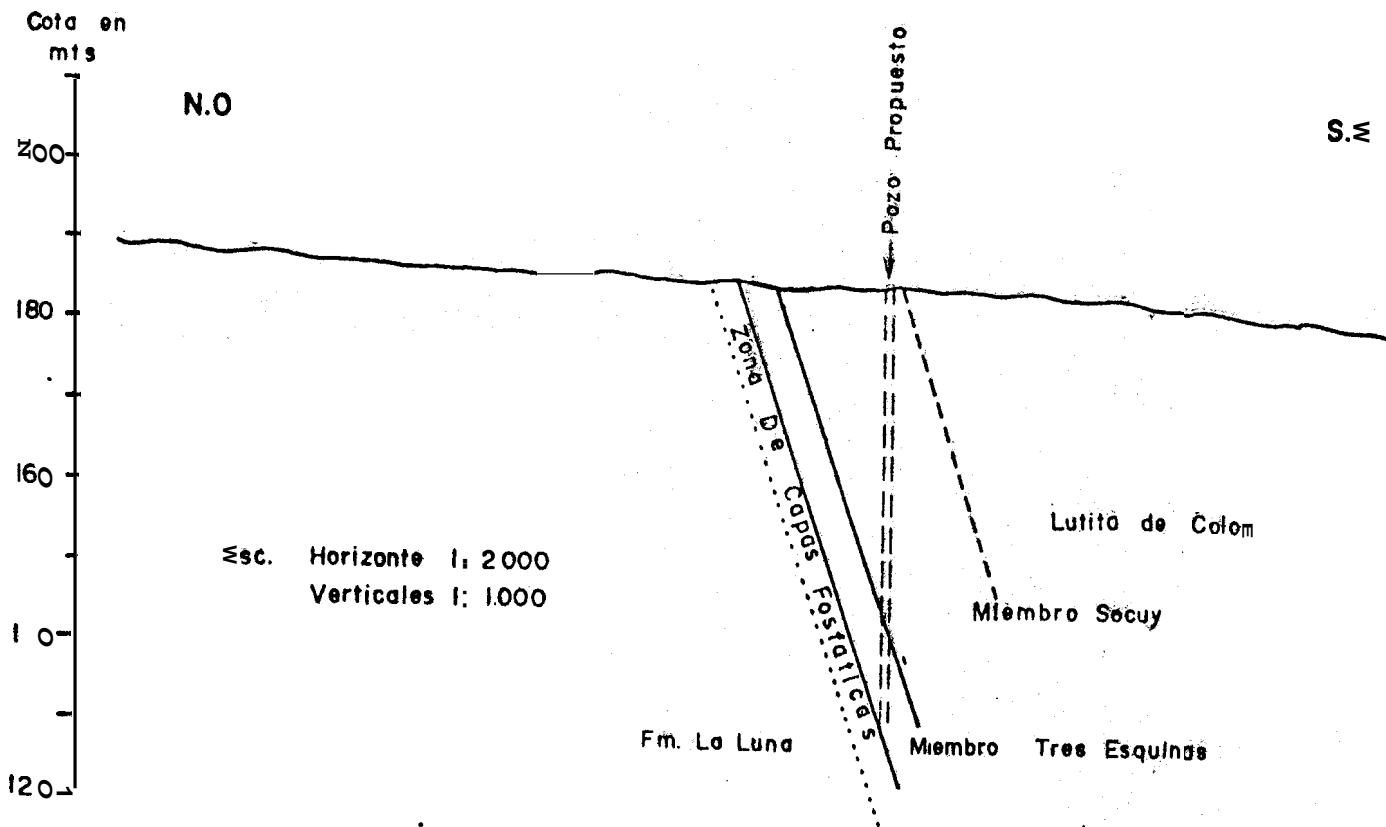


FIG. 25

profundidad de 57 m. (Fig. 26).

En la quebrada Lisure estaría ubicado a 275 m. aguas **abajo** del contacto La Luna-Colbn con una profundidad de 70 m. (Fig. 27).

En la quebrada Botonche también se haría un pozo vertical a 135 m. aguas abajo del contacto La Luna-Colbn con una profundidad de 73 m. (Fig. 28).

Por último en la quebrada Cusare la profundidad del pozo vertical sería de 100 metros localizado a una distancia de 190 m. aguas abajo del contacto La Luna-Colbn (Fig. 29).

Estos cinco pozos del sector sur ampliarían las reservas potenciales posibles (c<sub>1</sub>) de la zona de capa fosfática en 13'000.000 ton. métricas y la zona de roca fosfática adicional situada entre las quebradas Lisure y Botonche darían unas reservas potenciales posibles (c<sub>1</sub>) de 2'000.000 ton. métricas.

Por lo tanto con este programa de perforación las reservas potenciales posibles (c<sub>1</sub>) totales en la Sierra de Perijá arrojarían La cantidad de 22'000.000 de ton. métricas.

6. Para una mayor eficacia y La obtención de muestras re

presentativas se recomienda usar brocas de un diámetro Lo más grande posible.

7. Los trabajos **deben** iniciarse partiendo del área de mayor interés económico mencionado anteriormente, localizada al SO de La población de Machiques.
8. También se recomienda realizar un programa de exploración geofísica radimétrica terrestre con el fin de comprobar la existencia de zonas entiquecidas de uranio y otros elementos radioactivos, las mismas **que** fueron localizadas aproximadamente por la geofísica radimétrica aérea en el año 1976.
9. Por último, se aconseja efectuar una exploración geológica hacia EL sur, hasta la frontera con Colombia con el fin de establecer nuevas áreas fosfáticas de importancia.

COXTE TRONSVΕXSOL EN LO  
QUEBRADΟ LA LUCHA

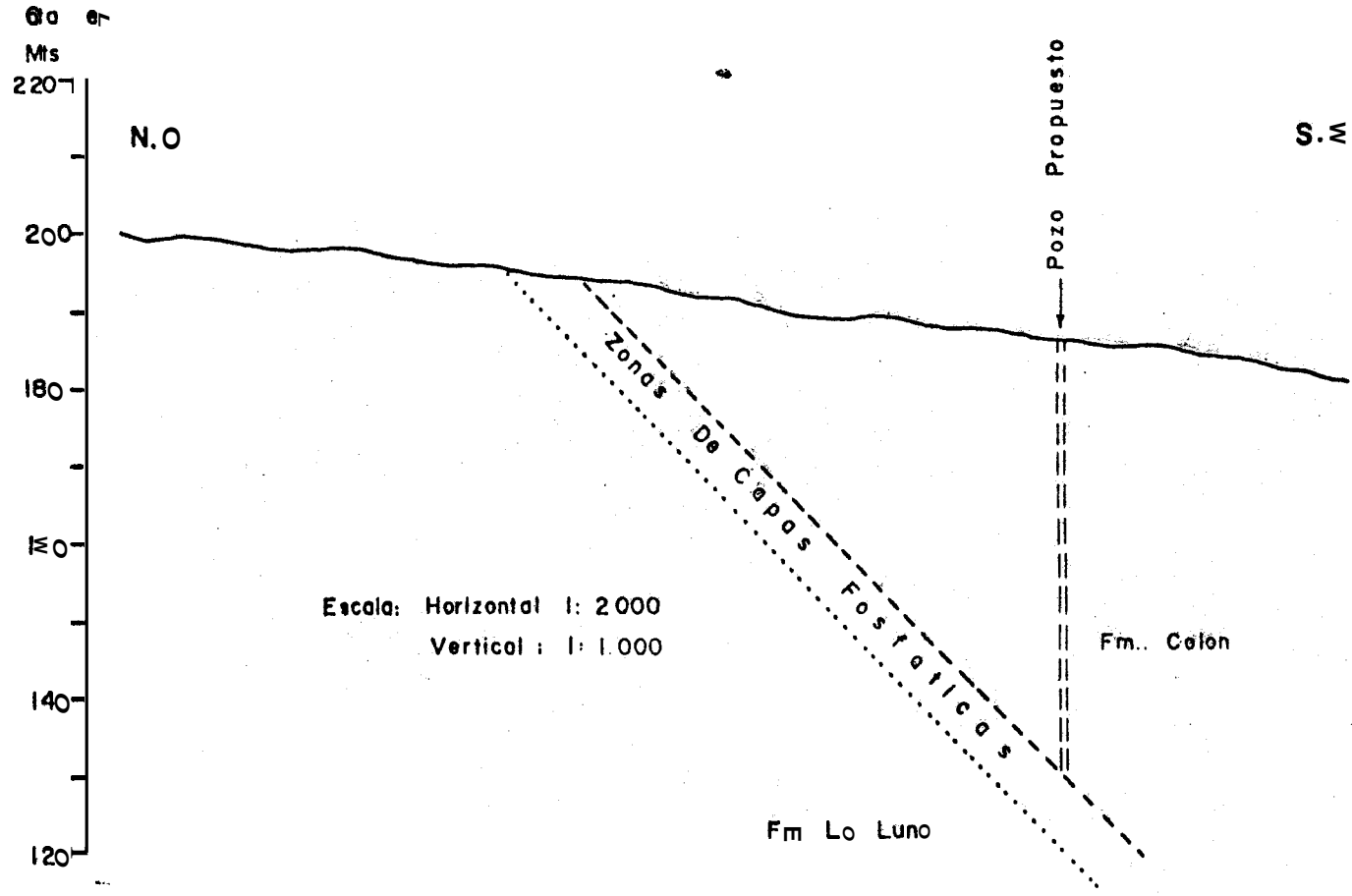


FIG. 26



CORTE TRANSVERSAL EN LA  
CUMBRE LISURE

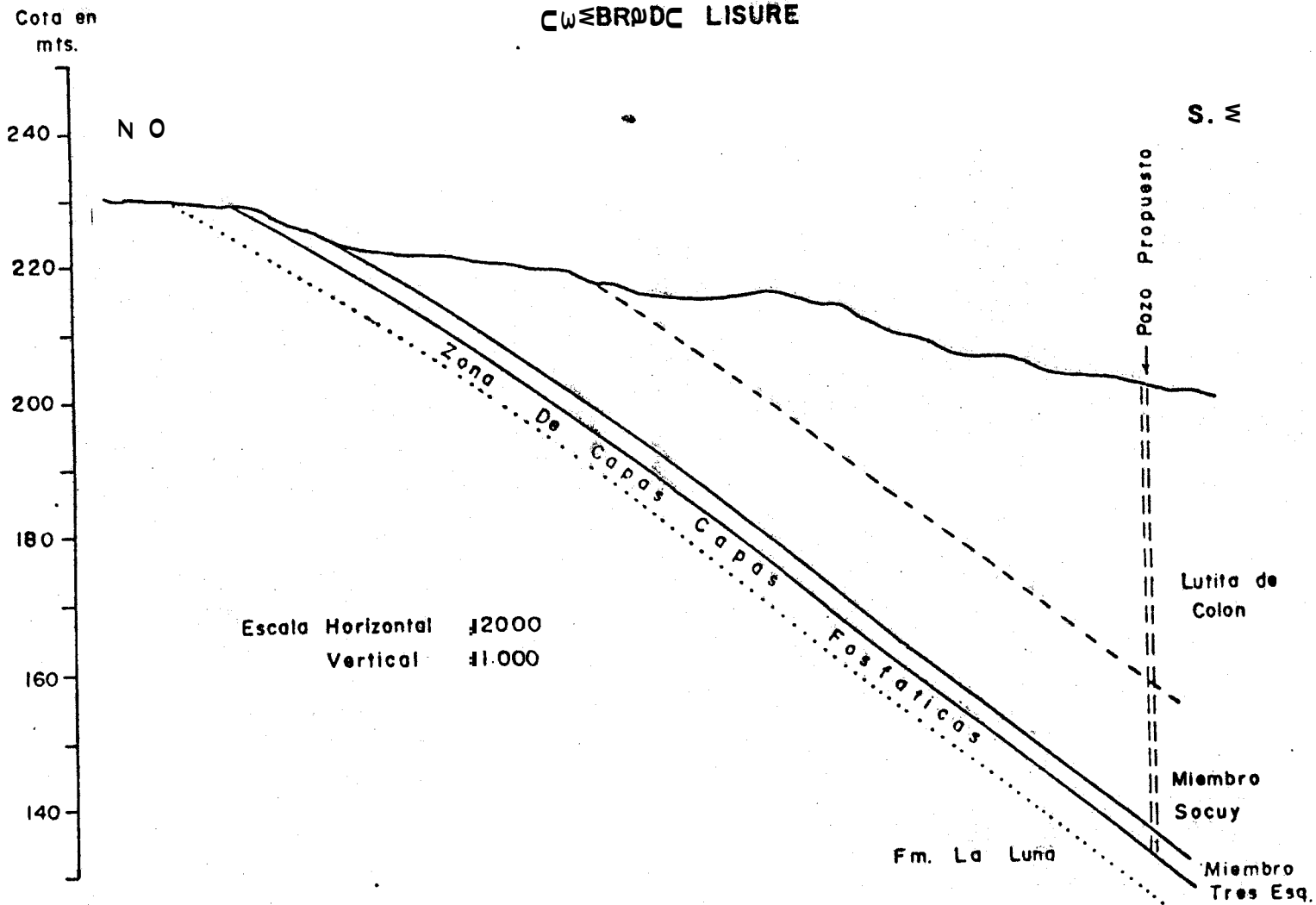


FIG. 27

# CORTE TRANSVERSAL EN LA QUEBRAOA EOTONCHE

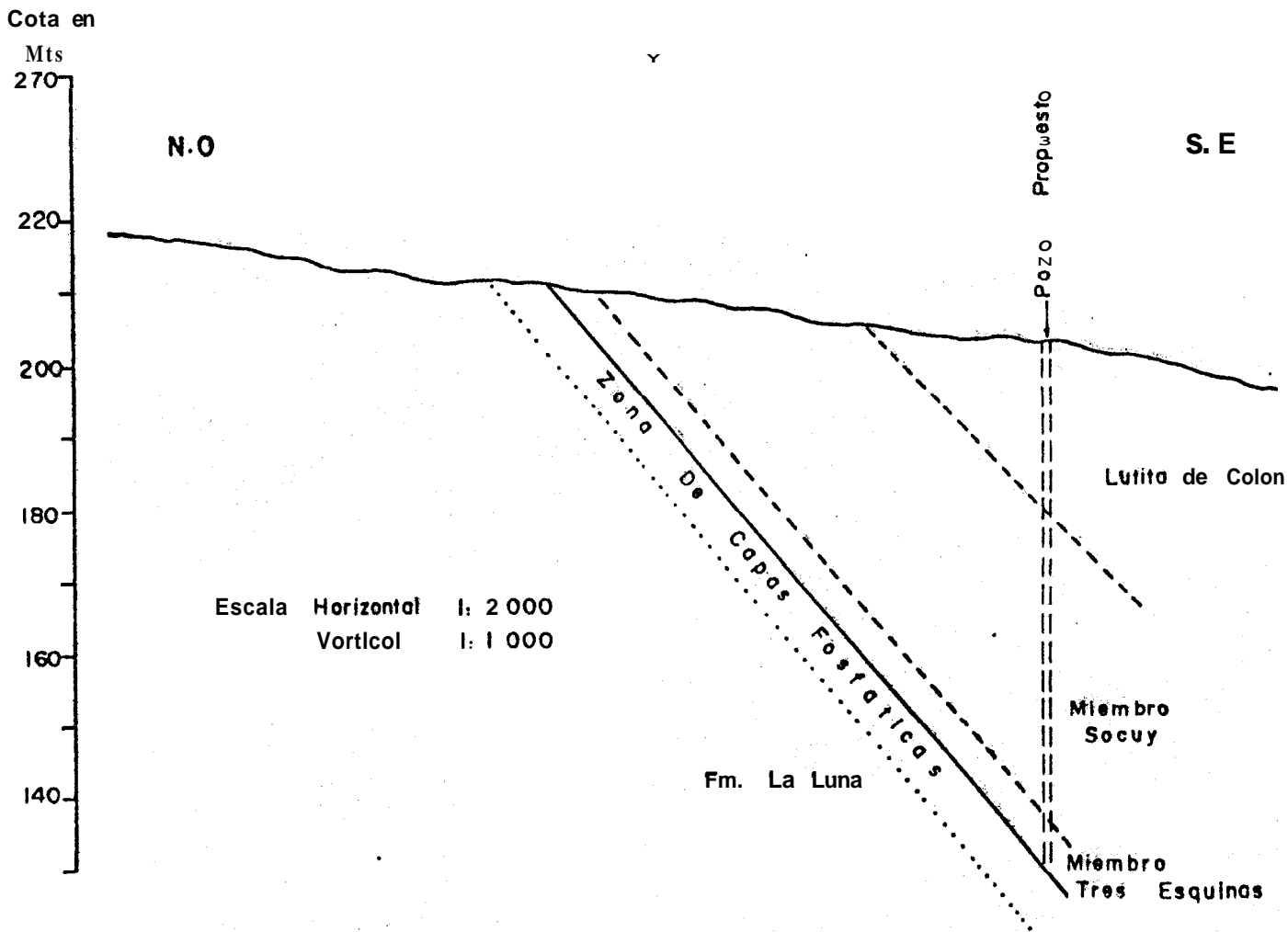
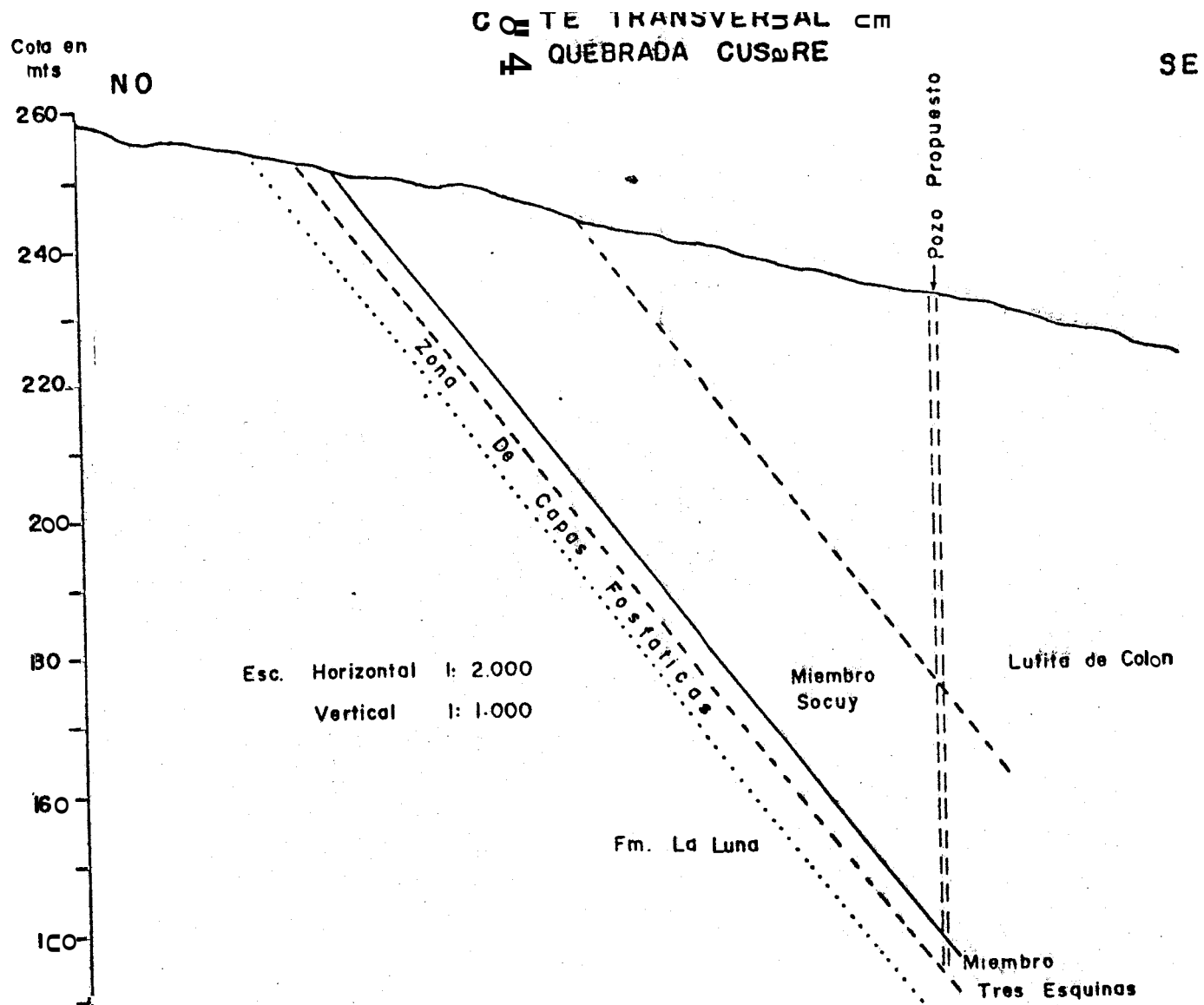


FIG. 28

FIG. 29



## VII. PROSPECCION DE ROCA FOSFATICA EN EL AREA DE "EL REVENTADOR" PROVINCIA DEL NAPO - ECUADOR

### INTRODUCCION

Este estudio fue realizado con el objeto de cumplir una disposición de la Junta de Departamento de Ingeniería de Geología, Minas y Petróleos de La Escuela Superior Politécnica del fitoral, la cual tenia el propósito de que se aplicaran los conocimientos adquiridos en prospección de roca fosfática sedimentaria marina en algún lugar de La República del Ecuador.

Para esto se escogió un área de ocurrencia de fosforita sedimentaria marina denominada "El Reventador", reportada por A. F. Wilkinson en 1979, localizada al nororiente del país y ubicada estratigráficamente en la parte superior de la Formación Napo, de edad Cretácica Media. Se realizó una exploración geológica breve y además se recolectaron 13 muestras de roca con el fin de determinar el contenido de pentóxido de fósforo ( $P_2O_5$ ), con la finalidad de definir en lo posible el valor económico de esta ocurrencia. Los análisis se efectuaron en los laboratorios "Rocky Mountain Geochemical Corporation", Salt Lake City, Utah, U.S.A.

### UBICACION Y ACCESO

El área objeto del presente estudio se encuentra ubicada en el blanco Este de la <sup>3</sup>Cordillera Oriental de los Andes (Napo -

Ecuador], entre los kilómetros 76 y 80 de la carretera Lago Agrio-Quito, aproximadamente a unos 120 Km. al E-NE de Quito, siendo esta la principal vía de acceso, ya que la ocurrencia se encuentra a unos centenares de metros al norte de esta vía, en el Valle del Río Due y sus afluentes meridionales.

Para llegar a los sitios estudiados se siguieron senderos usados en la extracción de madera, que es una de las principales fuentes de ingreso de la región actualmente (Fig. 30).

#### CLIMA Y VEGETACION

El clima es templado y húmedo, con fuerte precipitación pluvial, concentrada entre los meses de Noviembre y Julio, y el lapso de los meses de Agosto a Octubre es relativamente seco. La vegetación es exuberante con grandes árboles, propios que premontanos.

#### ESTUDIOS PREVIOS

El único trabajo conocido de exploración de fosforitas a edimentarias marinas de la región es "Fosfatos en el Ecuador-una investigación preliminar" (Wilkinson A.F.; 1979), el mismo que ha servido como referencia para el presente trabajo, ya que señala zonas de interés, y entre ellas la de "El Reventador", como la de primera prioridad para un estudio más detallado.

# UBICACION RELATIVA

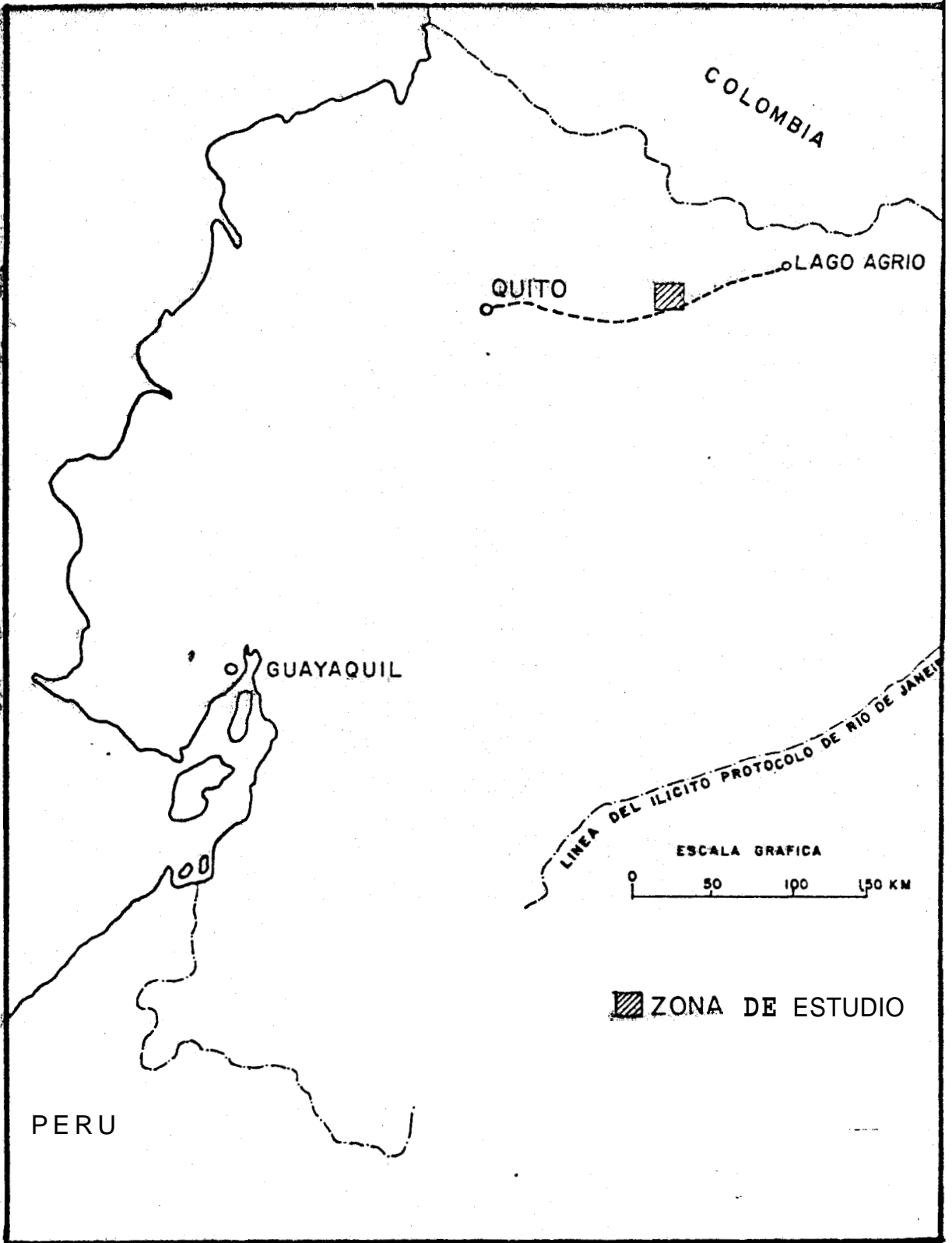


FIG. 30

## GEOLOGIA

### ESTRATIGRAFIA

Como ya se dijo anteriormente la fosforita se encuentra ubicada estratigráficamente en la Formación Napo. Por lo que se realiza a continuación una breve descripción estratigráfica de la Formación Napo, y de las unidades que la limitan, que son las Formaciones Hollín (infrayacente) y Tena (suprayacente).

### FORMACION HOLLIN

Ve edad cretácica inferior, consiste principalmente de areniscas cuarzosas blancas, masivas, de grano grueso a medio con intercalaciones delgadas de arcillas negras y lutitas arenosas. Localmente está saturada de hidrocarburos y es una importante roca reservorio. Marca la transición del Cretáceo de Norte a Sur a lo largo de los Andes y está en contacto concordante con **Ca** Formación Napo que La suprayace.

### FORMACION NAPO

Ve edad Cretácica Media, puede ser dividida en base a criterios litológicos en tres miembros, inferior que agrupa areniscas glauconíticas y lutitas, otro media predominantemente calcareo y un miembro superior dominando por lutitas negras. Sin embargo capas delgadas de lutitas negras ocurren interestratificadas con las calizas así como capas delgadas de caliza se

encuentran en las lutitas y areniscas. La caliza se presenta unas veces masivas y otras estratificadas delgadamente, cambiando de gris a negra, de esparítica a micríticas, nodular a fosilífera. También están presentes concreciones y franjas de ftanitas. Tanto las calizas como las lutitas son totalmente bituminosas. El espesor varía de unos 240 metros a unos 800 m. En la zona de estudio tiene aproximadamente 300 m. de espesor.

Esta litofacies es muy prometedora para que la exploración de fosforita por su afinidad con las fosforitas marinas.

Las características litológicas de La Formación Napo indican condiciones de depositación en una plataforma estable (miogeosinclinal).

#### FORMACIÓN TENA

Ve edad Cretácica Superior a Terciario Inferior, consiste en una secuencia de arcillas rojas manchadas, margas arenosas y areniscas calcáreas. Esta Formación marca el inicio de la regresión marina causada por el levantamiento de los Andes. Es un depósito continental en agua salobres.

#### ZONA DE "EL REVENTADOR"

Según el trabajo de Wilkinson (1979), el miembro superior de la Formación Napo es el más favorable para contener fosfatos y presentar interés económico. Este representa una asociación



de lutita-caliza-ftanita-fosforita, todas ellas de un color que varía de gris oscuro a negro, fétidas y bituminosas, propias de un ambiente donde imperaron condiciones ácidas y reductoras.

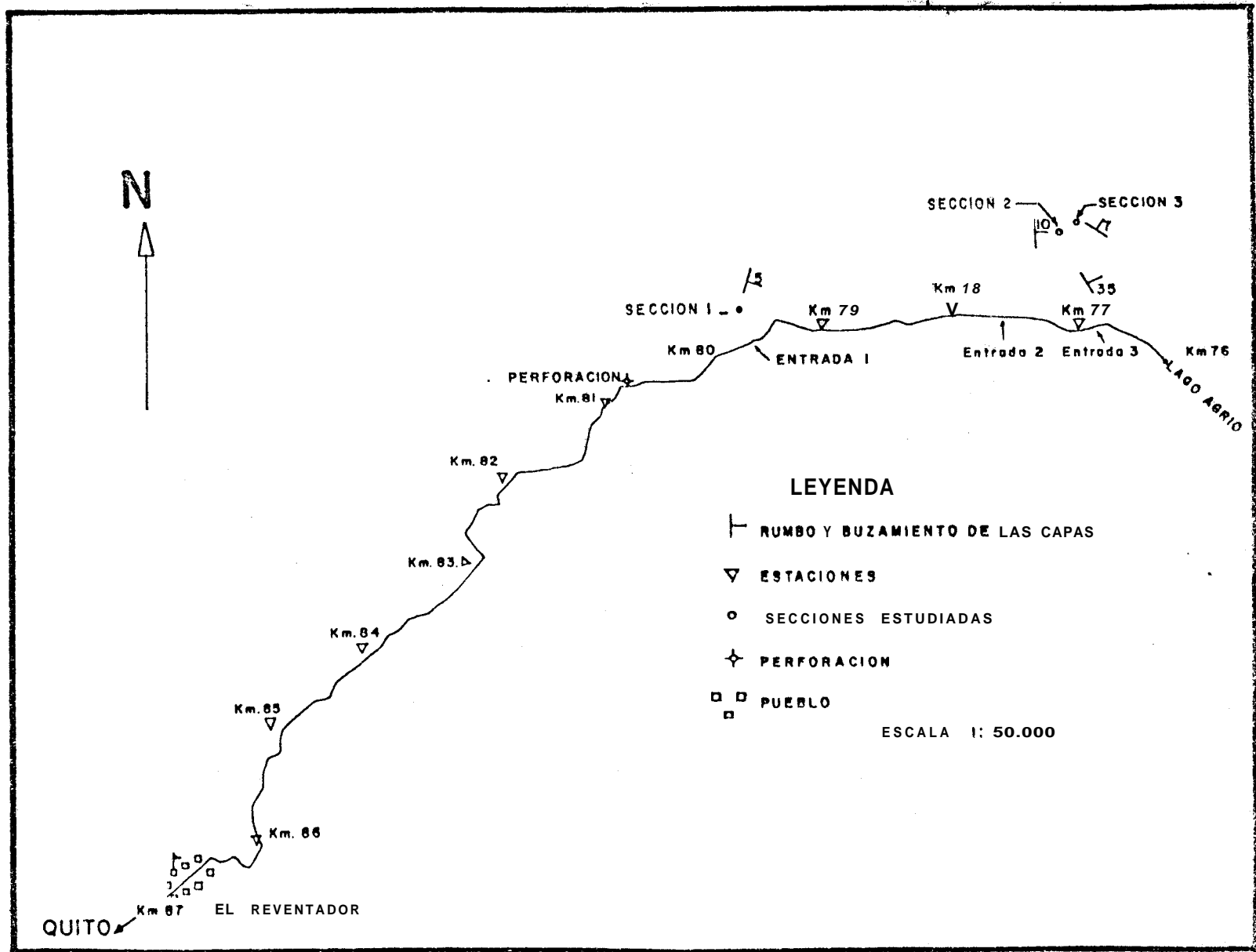
Para realizar el presente trabajo se seleccionó como área de primera importancia, de las varias presentadas en el antes mencionada trabajo, la de "EL Reventador", ya que ella se presenta las mejores condiciones para una posible explotación, como son: relativamente buena accesibilidad, disposición de las capas, tenor, tonelaje y otros.

Se efectuó una exploración geológica en tres días de trabajo de campo en, que se estudiaron tres secciones. Aparentemente éstas fueron visitadas por Wilkinson, pero la localización - que él describe no es precisa. Esta fue la razón por la que se tuvo que realizar el levantamiento topográfico, de la carretera, con el fin de establecer la ubicación exacta con respecto a un punto de referencia (población EL Reventador) de las secciones y otros lugares visitados (Fig. 31). Así mismo hay discrepancias en la descripción estratigráfica de los afloramientos realizados por el suscrito y la de la literatura en referencia.

Para la comprobación de la presencia de fósforo en el campo se utilizó el método cualitativo colorimétrico propuesto por Shapiro, el que consiste en la apreciación de la intensidad

# LEVANTAMIENTO DE LA CARRETERA Y LOCALIZACION DE SECCIONES

FIG. 31



del color amarillo que se produce por la reacción del  $P_2O_5$  de la muestra con Vanadomolibdato de Amonio (VMA).

Para los análisis cuantitativos de  $P_2O_5$ , se tomaron trece (13) muestras, las que fueron analizadas químicamente por colorimetría.

### Sección 7

A esta sección se llega desde el nendehó que se inicia en la margen norte en el Km. 79 + 770 m. de la vía Lago Agrico-Quito. En la trayectoria hacia el Noroeste se presentan pequeños afloramientos subhorizontales (N5E/5E) de arcillita gris y lutita negra. También se encontró un horizonte de fosforita homogénea gris oscura y alterada de 20 cms. de espesor, con 6.57% (R-122) de  $P_2O_5$ , posiblemente ésta sea una de las capas delgadas superiores descritas en la literatura.

Continuando el trayecto, y siempre bajando en la columna estratigráfica encontramos un afloramiento de gran tamaño de unos 40 m. de espesor. Aquí las capas tienen una disposición N-S/12 E y cerca de la base se encuentra una secuencia de fosforita y lutita fosfática de 1 m. de espesor (Fig. 32). La fosforita es gris oscura homogénea, alterada y reacciona bien con el VMA, pero no con el ácido clorhídrico (HCl) lo que indica que no es calcárea. El contenido de  $P_2O_5$  de la muestra R-723, es de 6.74%.

COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE  
LA SECCION I

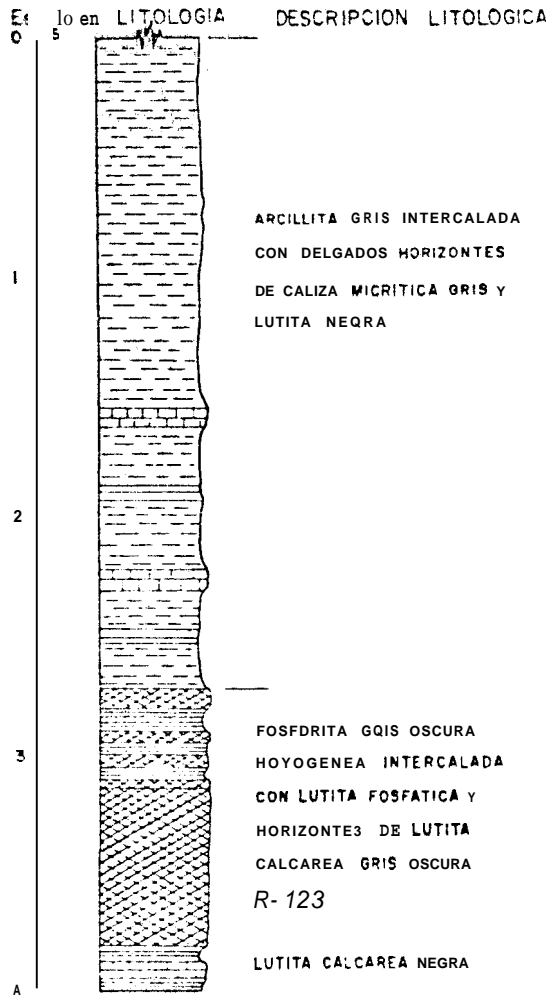


FIG. 32

Suprayaciendo a esta secuencia ésta presenta una arcillita gris intercalada con pocos horizontes de calizas micríticas de color gris y lutita negra. Además **be** encuentran una que otras concreciones calcáreas de hasta 30 cms. **de** diámetro.

Posiblemente esta sea de la sección 1 descrita por Wilkinson, pero de la comparación se desprende ligeras variaciones en cuanto a la litología y ubicación.

## Sección 2

Se llega a ella por el sendero de extracción **de** madera que se inicia **en** el margen norte en el Km. 77 + 250 m. **de** La vía antes mencionada. Aproximadamente 700 m. de La carretera con rumbo N20 O se localiza La sección, la que a la base presenta horizonte de arenisca **de** 50 cms. de espesor, de grano grueso muy alterada suprayacida por una secuencia de lutita negra y calizas micríticas grises. Aquí **be** encuentra un horizonte **de** lutita fosfática **de** 15 cm. de espesor que reacciona medianamente con el VMA. Seguidamente tenemos un espesor de 3 m. de lutita calcárea negra con delgados horizontes **de** areniscas gris y una capa **de** ftanita negra de 5 cms. A continuación se presenta un paquete fosfático **de** 90 cms., los primeros 30 cms. son de fosforita homogénea gris oscura con 6.37% de  $P_2O_5$  (R-124) y los 60 cms. restantes son de fosforita arcillosa con 6.34% **de**  $P_2O_5$  (R-125). Luego está 1 m. **de** de lutita calcárea negra intercalada con pocos horizontes

delgados de calizas micrítica gris (Fig. 33).

Todo el afloramiento tiene un rumbo N-S y un buzamiento  $10^{\circ}$ .

Es muy posible **que** esta sección corresponda a La # 4 de la literatura por cuanto es coincidente la primera secuencia - fosfática, pero en la segunda es decir **en** las tres capas superiores de fosforitas **nó**, ya que sólo encuentra una capa de 29 cmn.

### Sección 3

Se llega a ella, tomando el sendero que conduce al N  $10^{\circ}$  del Km. 76 + 880 m. de la via Lago Agrío . En el trayecto se aprecia, a unos 200 m. de iniciado el recorrido, pequeños afloramientos de lutita gris alterada, en capas subhorizontales (N500/6E). Más adelante la misma lutita muestra un cambio brusco de posición (N100/50N) motivo por el cual es muy posible la existencia de una falla en Loa alrededores. Este afloramiento continúa hasta una pequeña cascada, en que se puede apreciar lutita y arcillita gris a gris oscuro, sin ninguna evidencia de fosfato. AL N a 100 m. aparece una cascada más grande que la anterior con una buena exposición de unos 20 m. de altura y que tienen una disposición N600/7N.

Aquí es donde se presenta la parte más interesante de todo lo estudiado ya que como se aprecia en La Fig. 34, hay una potencia de 2.4 m. de fosforita calcárea negra, alterada,

COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE  
LA SECCION 2

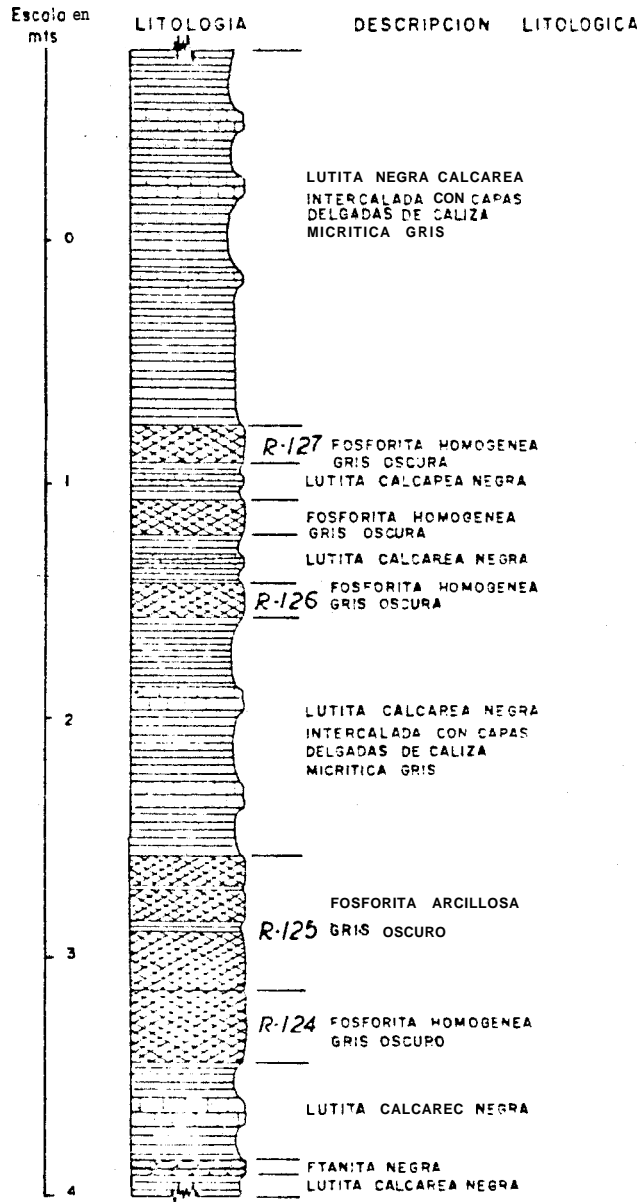


FIG. 33

### COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA SECCION 3

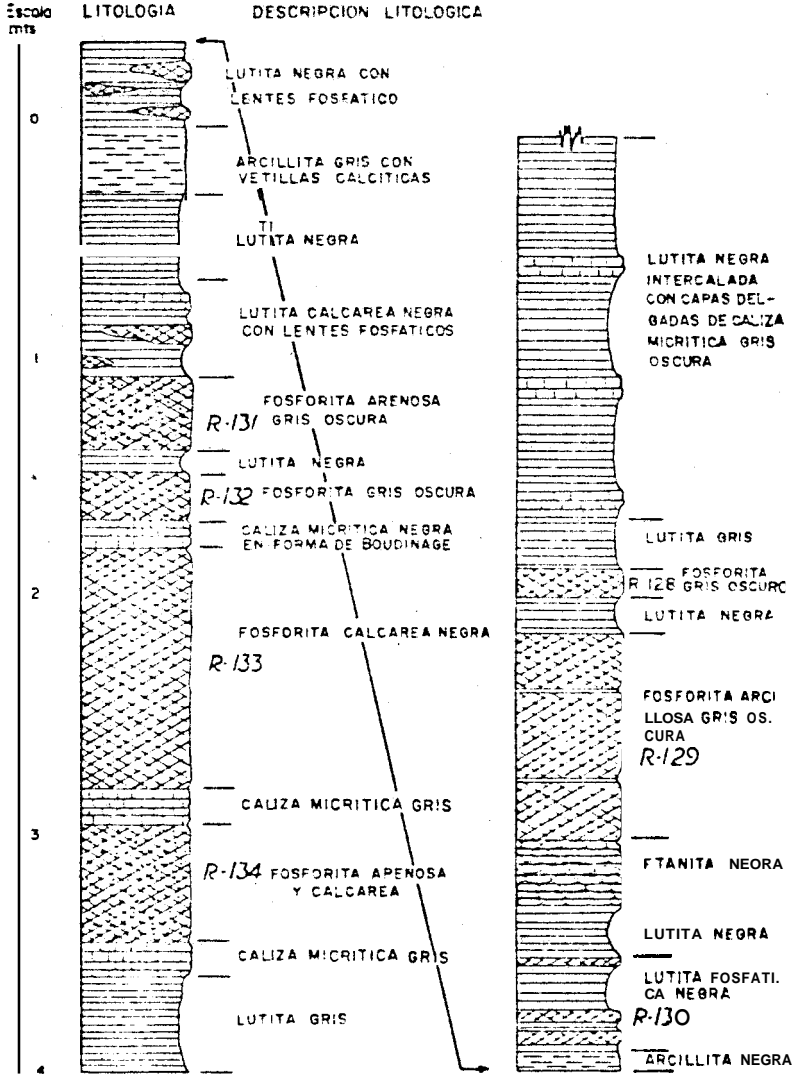


FIG. 34



siendo la parte superior e inferior de ella más arenosa con contenidos que oscilan entre 5.32% (R-134) a 6.41% (R-131) de  $P_2O_5$ . La parte central contiene valores que varían entre 2.07% (R-133) a 5.06% (R-132) de  $P_2O_5$ . Todo este paquete se encuentra intercalado por delgadas capas de caliza micrítica gris y lutita negra. Suprayace a Gato una secuencia de 2.5 m. de lutita negra, arcillita gris, ftanita, a veces con lentes fosfáticos y con una intercalación de 40 cms. de lutita fosfática de 2.42% (R-130) de  $P_2O_5$ . En la parte superior se localiza nuevamente otra secuencia fosfática, esta vez es fosforita arcillosa de 1 m. de espesor de 5.39% (R-129) de  $P_2O_5$  con finas intercalaciones de lutita negra. Finalmente a 15 cm. está una capa de 10 cm. con 3.81% de  $P_2O_5$  (R-128). Al tope de esta secuencia se encuentran lutitas negras intercaladas con horizontes delgados de caliza micrítica gris oscura. Es muy posible que este afloramiento corresponda a la sección 5 de la literatura, pero es de hacer notar la diferencia en la descripción litológica, ya que en este trabajo se localiza una fosforita calcárea negra de 1 m. arriba del horizonte principal, lo que no ocurre en la literatura y además el acceso difiere fundamentalmente.

#### ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LAS OCURRENCIAS DE FOSFORITA EN EL REVENTADOR Y LA SIERRA VE PERIJA:

En la Sierra de Perijá la Formación La Luna del Cretáceo Superior es equivalente a la Formación Napo ecuatoriana. La

litofacies fosforítica de caliza-lutita-ftanita y fosfato es evidencia de que ambas formaciones se originaron en un ambiente estable de plataforma miogeosinclinal, pero la fosforita ecuatoriana se vuelve más arenosa porque está más cerca del cratón.

A lo largo de la cordillera oriental de Colombia y Andes de Venezuela existen depósitos de fosforita que son explotados en varias localidades. Los espesores de la roca fosfática son mayores en el Ecuador que los de la Sierra de Perijá. En esta última Lab rocas depositadas han sido plegada normalmente, mientras que en la región nororiental - del Ecuador la estructura está plegada complejamente y fallado, que dificulta su exploración. Según Zambrano F. (1976) manifiesta que generalmente la fosforita ecuatoriana es más pobre en calcio y aluminio y más rico en cuarzo y hierro - que La fosforita colombiana y posiblemente la Sierra de Perijá que es una prolongación septentrional de la Cordillera Oriental de Colombia. Esta diferencia probablemente se debe a una meteorización y lixiviación más activa de los depósitos ecuatorianos comparados con los del norte. Además es evidente que como la fosforita ecuatoriana es arenosa y arcillosa, es normal que bajo cierto grado de meteorización haya un empobrecimiento Relativo de francolita.

## CONCLUSIONES

1. En la Formación Napc, en su miembro superior, se presenta ocurrencias de fosforita sedimentaria mahina.
2. De Lo estudiado el área de "El Reventador" en una zona prometedora económicamente para fosforita.
3. Las capan fosfáticas he pueden dividir en dos grupos, uno inferior que varía de 0.90 y 2.40 m. y uno superior de 0.80 a 7 m.
4. La fosforita de La zona en general se encuentra muy alterada en superficie.
5. En el área fan capah están subhorizontales y he han seguida sólo por 3 Km.
6. Según Wilkinson A.F. (1979), la fosforita ecuatoriana no está significativamente enriquecida en uranio, y los registros de rayos gamma de los pozos no son útiles para este tipo de exploración.
7. El contenido de  $P_2O_5$  es relativamente bajo, con valores que varían entre 2.07% a 6.74% de  $P_2O_5$ . Estos resultados se debe seguramente al alto grado de meteorización de la zona. [Tabla VII].

## TABLA VII

ANALISIS QUIMICO VE ROCA  
EN EL AREA EL REVENTAPOR

<u>NUMERO DE MUESTRA</u>	<u>% DE P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></u>
R-122	6.57
R-123	6.74
R-724	6.37
R-125	6.34
U-726	4.27
R-127	4.27
R-128	3.57
R-729	5.39
U-130	2.42
R-737	6.41
R-132	5.06
R-733	2.07
R-734	5.32

## RECOMENDACIONES

Para conocer mejor *cata* ocurrencia de fosforita en el área de "El Reventador" *ea* necesario:

1. Llevar a cabo un levantamiento topográfico y geológico - detallado del área, ya que ésta presenta *Laa* características necesarias para la ocurrencia de un depósito económico de fosfato. Además *ea* necesario extender el área de investigación tanto al Este como al Oeste.
2. Realizar análisis petrográficos, mineralógicos y química más detallado de la roca fosfática.
3. Los análisis químicos además de  $P_2O_5$  deben efectuarse para  $CaO$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $MgO$ ,  $SiO_2$ ,  $CO_2$  y materia orgánica.
4. Realizar un programa de *aondec* en la zona, con el fin de ver el comportamiento de las capas en profundidad y realizar análisis químicos en muestras frescas que darían resultados verdaderos, por no estar afectados por la alteración.
5. Prospeccionar en otras áreas del Ecuador, donde aflora *La Formación Napo*, ya que este tipo de litofacies es el que contiene fosforita *aedimentaria marina*.

## BIBLIOGRAFIA

1. BENEDETTO G. Y ODREMAN O. *Nuevas Evidencias Paleontológicas en la Formación La Quinta, su edad y correlación con las unidades aflorantes en La Sierra de Perijá y Cordillera Oriental de Colombia.* V Congreso Geológico Venezolano. Caracas. 1977. Tomo 7. p. 87-106.
2. BLATT, MIDDLETON, MURRAY. *Origin of Sedimentary Rocks.* Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1972. p. 543-557.
3. BOWEN J.M. *Estratigrafía del Pre-cretáceo en la Parte Norte de la Sierra de Perijá.* IV Congreso Geológico Venezolano. Caracas 1971, Tomo II, p. 729-760.
4. BUREL H. Y BOTERO D. *Las capas fosfáticas de La Cordillera Oriental.* Servicio Geológico Nacional. Bogotá D.E. 1967. Bol. Geol. Vol XV N° 1-3 p. 7-44.
5. CARDENAS H. Y TARACHE C. *Estudio de las Anomalías Radioactivas de Puerto La Cruz, Distrito Sutillo, Edo. Anzoátegui y de San Francisco, Edo. Monagas.* V Congreso Geológico Venezolano. Caracas 1977. Tomo III. p.1039-1059.
6. CARMUNA C.L. *Guía de la excursión a la Mina de Fosforita "La Molina", Edo. Tachira.* IV Congreso Geológico Venezolano. Caracas 1971, tomo I, p. 269-272.
7. CATHCART JAMES B. *Mineralogy and Chemistry of Phosphorite Core From a drill hole in the Conejera Syncline, Department of Boyaca, Colombia.* Proyeck Report. Colombia

- investigations (IR) Co-21. 1971. p. 7-30.
8. CATHCART J.B. Phosphate Fertilizer Materials in Colombia Imports, Uses, and Domestic Supplies. Jour. Research U.S. Geol. Survey, Vol. 3, N<sup>o</sup> 6. Nov-Dec 1975, p. 659-663.
  9. CATHCART J.B. AND ZAMBRANO F. Mineralogy, Petrology, and Chemistry of Phosphorite from the Conejera Area. Boyacá, Colombia. Project. report. Colombia Investigations (IR-Co-28) 1973, p. 7-47.
  10. CATHCART J.B. y ZAMBRANO F. Roca Fosfática en Colombia - Servicio Geológico Nacional, Bogotá D.E. 1967. Bol. Geol. Vol. XV N<sup>o</sup> 1-3, p. 65-162.
  11. EMIG G.D. Phosphate Rocks, S.J. Lefond, Editor, 1975. p. 935-963.
  12. ETCHART E. y GONZALEZ L. 1977. Geología de la Hoja Río Aricuaysa Edo. Zulia. Ministerio de Energía y Minas. Dirección de Geología, División de Exploraciones Geológicas. 1977 p. 1-50.
  13. FEBRERIL M.T. Investigación Geológica y Evaluación de Yacimientos Minerales. E.T.S. de Ingenieros de Minas. Madrid 1971, p. 157-184.
  14. FOLK R. Petrología Sedimentaria. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil 1977. Vol. II p.360-405.
  15. GULBRANSEN R.A. Physical and Chemical factors in the formation of marine apatite. Economic Geology. 1969.

Vol. 64 N° 4 p. 365-382.

16. HEVBERG H.D. ANV SASS L.C. *Synopsis of Geology Formations of the Western Part of the Maracaibo Basin Venezuela.* Bol. Geol. y Min. (Venezuela) 1937, Vol. 1, N° 2-4 p. 73-112.
17. HER 3.P. Y WHITMAN A. *Estratigrafía y Petrología de los Sedimentos Pre-Cretácicos de La parte norte Central de la Sierra de Perijá, Estado Zulia, Venezuela.* III Congreso geológico Venezolano. Caaacaa, 1960. Tomo I. p.377 - 346.
18. KNZACOV A.V. *The Phosphorite facies and the genesis of phosphorites: Trans. Sci. Inst. Fertilizers and insecto fungicides N° 142. Leningrand 1937. p. 95-113.*
19. KEY. C.E. *Estratigrafía del Subsuelo de Alturitas,* III Congreso Geológico Venezolano, Caracas 1960. Tomo II p. 571-545.
20. LIDDLE, R.A. *The Geology of Venezuela and Trrinidad.* J.P. Mac Gowan, Fort worth, Texas 1928, Texas, 552 p.
21. MCKELVEY V.E. *Nuevas Técnicas en la Prospección para Ya cimientos de fosfatos.* Servicio Geológico Nacional. Boga tá 1967. BoL. Geol. Vol XV N° 1-3. p.45-64.
- 22. MCKELVEY V.E. *Phosphate Deposits Geological Survey Bulletin 1252-D, 7967, 27 p.*
23. MILLER JOHN. *Directrices tectónicas en La Sierra de Perijá y partes adyacentes de Venezuela y Colombia.* III Con-



- greso Geológico Venezolano, Caracas 1960. Toma 777. p. 685-718.
24. MOYA E. y FIGUEROA C. Mineralizaciones Cupríferas en La Sierra de Perijá. Edo. Zulia. V Congreso Geológico Venezolano, Caracas 1977. Tomo III. p. 1119-1128.
  25. MOYA E. y VITERI E. Nuevas evidencias sobre magmatismo y metalogénesis en el complejo volcánico de EL Totumo-Inciarte, Sierra de Perijá, Edo. Zulia. V Congreso Geológico Venezolano, Caracas 1977. Tomo II. p. 673-714.
  26. NOTHOLT A.J.G. 1968. Phosphate Exploration Techniques. United Nations Mineral Resources Development Series. 1968. N<sup>o</sup> 52. p. 214-228.
  27. OVREMRN O. Y BENEDETTO G. Paleontología y Edad de La Formación Tinacoa, Sierra de Perijá. Edo. Zulia. Venezuela. V Congreso Geológico Venezolano, Caracas 1977, Tomo 1. p. 75-25.
  28. ORTIZ H. Geología de las Cabeceñas de los ríos Palmate y Lajas, Sierra de Perijá, Edo. Zulia. V Congreso Geológico Venezolano. Caracas 1977, Tomo I. p. 315-326.
  29. PETTIJOHN. Rocas Sedimentarias. Editorial Universitaria de Buenos Aires. 1976.
  30. RENE U. The Lithologic Units of the Cretaceous in Western. Venezuela. V Congreso Geológico Venezolano 1977. Tomo I. p. 45-56.

31. ROD E. AND MAYNC W. *Tevision of Lower Cretaceous Stratigraphy of Venezuela*. Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists. 7954. Vol. 35 N° 2 p. 193-283.
32. SHAPIRO, L. *Simple field method for the determination of phosphate in phosphate rocks*. Am. Miner. 7952. Vol. 37. N° 3-4, p. 314-342.
33. SCHWEIGHAUSER J. y BOOHER A.J., *Guía de la Excursión C-6 Sierra de Perijá-Quebrada La Ge. III Congreso Geológico Venezolano*. Caracas 7959, p. 79-55.
34. WARD D.E. y GOLDSMITH R. *Recursos Minerales de parte de los datos de norte de Santander y Santander-Colombia*. Instituto Nacional de Investigaciones Geológico-Mineras. Bogotá. 7970. Bol. Geol. Vol. XVIII N° 3 p. 74-78.
35. WILKINSON A.F., *Guía para una geología y prospección de los Fosfatos*. Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos. Dirección de Geología. Ecuador, Quito. 1976. p. 7-37.
36. WILKINSON A.F. *Fosfato en el Ecuadoh, una investigación preliminar*. Dirección General de Geología y Minas. Quito. 7979. p. 79-110.
37. XAVIER J.P. y ESPEJO A. *Algunas ideas sobre las estructuras de La parte media de La Sierra de Perijá*. Edo. Zulia. V Congreso Geológico Venezolano. Carracas 1977.

Tomo 11. p. 739-758.

38. XAVIER J.P. *Resumen de La historia de La Sierra de Perijá*. Ministerio de Energía y Minas de Venezuela. Maracaibo, 1979. 14 p.
39. XAVIER CH. *Contribución al Estudio Sedimentológico de los Sedimentos del Terciario Inferior (Paleoceno-Eoceno) del frente de montaña de la Sierra de Perijá*, Ministerio de Energía y Minas de Venezuela. Maracaibo - 1975, 31 p.
40. ZAMBRANO E., VASQUEZ E., DUVAL B., LETREILLE M., COFFINIERS. *Síntesis Paleogeográfica y Petrolera del Occidente de Venezuela*. IV Congreso Geológico Venezolano. Caracas. 1971. Tomo 1. p. 483-545.
41. ZAMBRANO O.F. *Composición de las Fosforitas Marinas del área La Azufrada, Santander*. Primer Congreso Colombiano de Geología, Bogotá, 1976, p. 325-346.
42. ZAMBRANO O.F. *Roca fosfórica de Sardinata Departamento Norte de Santander*, Servicio Geológico Nacional - Inf. N° 1572. Bogotá, 1971, p. 2-25.