

←

Libana O
15/12/17

17 SEP 2019

INVENTARIADO

POR: _____



ESPOL-CIB
INVENTARIO FISICO

11 SEP 2018

Libana O

BIBLIOTECA

24/11/2015



D-9564

T
552.5
A473



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Geología, Minas y Petróleos



GEOLOGIA DE LOS CERROS DE DURAN

COORDENADAS: LONG. OESTE: 79°51'24"

LAT. SUR: 02°09'08"

LONG. OESTE: 79°46'15"

LAT. SUR: 02°11'10"

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERA GEOLOGA

Presentada por:

Flor Marina Alvarado - Espinosa



BIBLIOTECA

Guayaquil - Ecuador
1989

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento al Ing. Eugenio Núñez del Arco, Director de esta Tesis, por su guía para el desarrollo de la misma.

Mi agradecimiento también al Proyecto "Mapeo Geológico de la Formación Cayo en Guayaquil", el mismo que se desarrolló con el auspicio del Instituto de Investigaciones y Estudios Avanzados de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas de la Universidad Estatal de Guayaquil, con el financiamiento del Consejo Nacional de Universidades y Escuelas Politécnicas. Agradezco en especial al Ing. Stalin Benitez Director del mencionado proyecto, y a todo el personal que colaboró con el mismo.

DEDICATORIA

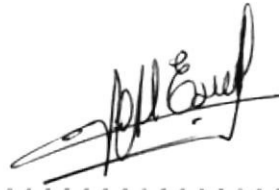
A MI PADRE

A MI MADRE


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 Profesionales de la ESPOL)



.....
Flor Marina Alvarado Espinosa


.....
Ing. Jorge Rengel E.
DECANO


.....
Ing. Eugenio Nuñez del Arco
DIRECTOR DE TESIS


.....
Ing. Edison Navarrete C.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL


.....
Ing. Gastón Proaño C.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

RESUMEN

Para realizar la geología en detalle de los Cerros de Durán, que se presenta en esta Tesis se efectuaron trabajos de campo y laboratorio. Para el trabajo de campo se utilizó un mapa topográfico base de escala 1:10000, como registro para la información litológica y estructural. Las labores de laboratorio se efectuaron sobre 50 muestras tomadas en los afloramientos, las mismas que se sometieron a análisis petrográficos y paleontológicos.

Litológicamente se tienen secuencias sedimentarias Cretácico Superior de potentes turbiditas gruesas y finas, con intercalaciones decimétricas de lutitas y limolitas deleznales (Cavo S.S.): turbiditas finas y lutitas silicificadas con nódulos de pedernal (Guavaquil), intercaladas con limolitas. Dichas secuencias se depositaron en la parte media de un abanico submarino.

Estructuralmente se infiere la presencia de fallas normales que explica el desplazamiento de los contactos de los Miembros Cavo y Guavaquil. El origen del plegamiento intraformacional de ciertos niveles de la Formación Cavo se explica por deslizamientos subacuáticos contemporáneos a la sedimentación (slumps).

INDICE GENERAL

	Pag.
Resumen.	VI
Indice General.	VII
Indice de Figuras.	X
Indice de Fotografias.	XII
Indice de Tablas.	XIV
INTRODUCCION	15
Objetivos del Estudio.	15
Ubicación del Area.	16
Características Fisiooráficas.	16
Accesibilidad.	19
Estudios Anteriores.	21
Metodología.	21
CAPITULO 1	
MARCO GEOLOGICO REGIONAL	23
1.1 Principales Unidades Estratioráficas.	23
1.2 Principales Estructuras.	27

VIII

1.3 Evolución Geológica de la Región.....	31
CAPITULO II	
GEOLOGIA LOCAL	34
2.1 Estructuras Sedimentarias.....	34
2.2 Petrografía.....	42
2.2.1 Conceptos Generales.....	42
2.2.2 Petrografía de las Muestras.....	45
2.3 Paleontología y Edad.....	55
2.4 Geología Estructural.....	62
2.4.1 Principales Estructuras.....	62
2.4.2 Análisis Estadísticos.....	73
2.5 Estratigrafía	38
2.5.1 Análisis Secuencial: Descripción e Interpretación de las Secuencias.....	38
2.5.2 Cuerpos Sedimentarios.....	95
2.5.3 Análisis de Facies Sedimentarias.....	108
2.5.4 Correlaciones Estratigráficas.....	114
2.5.5 Determinación de Ambiente.....	114

CAPITULO III

GEOLOGIA ECONOMICA	117
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	121
ANEXOS	125
ANEXO A: Análisis Petrográfico.	126
ANEXO B: Análisis Paleontológico.	154
ANEXO C: Datos Estructurales.	157
PLANOS	
BIBLIOGRAFIA	172

INDICE DE FIGURAS

Nº		Pag.
1	Ubicación del área de estudio.....	17
2	Columna estratigráfica.....	24
3	Mapa de dominios tectónicos.....	28
4	Gráfico de rosetas: estratificación.....	74
5	Gráfico de rosetas: diaclasas: Cerro Grande.....	76
6	Gráfico de rosetas: diaclasas: Cerro Redondo.....	78
7	Gráfico de rosetas: diaclasas: Cerro Mexicano.....	80
8	Gráfico de rosetas: diaclasas: Cerro Cuatro.....	82
9	Gráfico de rosetas: diaclasas: Cerro Tres o Las Cabras.....	84
10	Gráfico de frecuencias de polos: datos de es- tratificación.....	85
11	Gráfico de frecuencias de polos: datos de dia- clasas.....	86
12	Direcciones preferenciales de los ejes de los pliegues.....	87

13	Columna estratigráfica. Cerro Grande.	
14	Columna estratigráfica. Cerro Redondo (1).	
15	Columna estratigráfica. Cerro Redondo (2).	
16	Columna estratigráfica. Cerro Cuatro (1).	
17	Columna estratigráfica. Cerro Cuatro (2).	
18	Columna estratigráfica. Cerro Tres o Las Cabras (1)	
19	Columna estratigráfica. Cerro Tres o Las Cabras (2)	
20	Columna estratigráfica. Cerro Tres o Las Cabras (3)	
21	Secuencia de Bouma.	96
22	Modelo deposicional de Mutti & Lucchi.	105
23	Gráfico de correlación estratigráfica.	



INDICE DE FOTOGRAFIAS

Nº		Pag.
1	Vista panorámica de los cerros de Durán.....	18
2	Cantera de explotación de materiales.	20
3	Laminación convolucionada. Secuencias turbidíticas Tbce. Cerro Tres o Las Cabras.....	36
4	Estructuras slump. Cerro Cuatro.	38
5	Nódulos de pedernal dentro de las capas de lutitas.....	39
6	Fuerte silicificación. Cerro Mexicano.	40
7	Fragmentos de rocas oxidadas en microbrechas (lámina delgada)	48
8	Feldespatos calcitizados en microbrechas (lámina delgada)	49
9	Feldespatos cloritizados en microbrechas (lámina delgada)	50
10	Fragmentos de roca palaeonitizados (lámina delgada).	51
11	Matriz de arenisca palaeonitizada (lámina del-	

	oada).....	51
12	Fragmentos de roca calcitizados (lámina deloada).....	54
13	Foraminiferos v radiolarios dentro de las lutitas.....	56
14	Radiolarios silicificados v fractura rellena de calcita.	57
15	Matriz calcitizada parcialmente.	58
16	Lutita silicificada.....	59
17	Plieques. Cerro Mexicano.	67
18	Plieques. Cerro Tres o Las Cabras.	68
19	Plieques. Cerro Cuatro.	69
20	Plieques. Cerro Cuatro.	70
21	Secuencias turbidíticas Tae. Facies A3.....	98
22	Secuencias turbidíticas Tabe. Facies C.B.E.....	99
23	Secuencias turbidíticas Tbe. Facies C.....	100
24	Secuencias turbidíticas Tbc. Facies D.....	101
25	Secuencias turbidíticas Tde. Facies C.....	102
26	Secuencias turbidíticas Tbe. Facies G.....	104

INDICE DE TABLAS

Nº		Pag.
I	Rangos granulométricos.....	44
II	Tabulación de datos de estratificación.....	73
III	Tabulación de datos de diaclasas: Cerro Grande.	75
IV	Tabulación de datos de diaclasas: Cerro Redondo.	77
V	Tabulación de datos de diaclasas: Cerro Mexica - no.....	79
VI	Tabulación de datos de diaclasas: Cerro Cuatro.	81
VII	Tabulación de datos de diaclasas: Cerro Tres o Las Cabras.....	88
VIII	Secuencias estratigráficas.....	92



INTRODUCCION

La presente tesis se refiere al estudio geológico de los cerros de Durán, ubicados en la margen izquierda del Río Guayas. La investigación es efectuada sobre una base topográfica de escala 1:10000. Dichos cerros forman parte de la cordillera Chonoñ Colonche, que se emplaza en dirección Este-Oeste, naciendo aproximadamente en la margen izquierda del Río Guayas y proyectándose hacia el Océano Pacífico para adquirir cerca de Salinas una dirección Norte-Sur.

Desde hace varios años los cerros de Durán han sido explotados cada vez más agresivamente, siendo sus materiales utilizados ya sea para la construcción, para relleno de áreas pantanosas, y en general para proyectos urbanísticos de importancia.

Objetivos del estudio

El objetivo fundamental de este estudio, es realizar la geología detallada de los cerros de Durán, contemplando en ésta sus estructuras sedimentarias y tectónicas, petrografía, paleontología y ambiente de depósito.

Ubicación del área

El área comprende un rectángulo de 16 km² (8 km. de largo y 2 km. de ancho), situado en el Cantón Durán, Provincia del Guayas (Fig. 1), enmarcado dentro de las siguientes coordenadas geográficas:

COORDENADAS

PUNTO	LONGITUD OESTE	LATITUD SUR
A	79°51'24"	02°09'08"
B	79°46'15"	02°09'08"
C	79°51'24"	02°10'48"
D	79°46'15"	02°10'48"

Características Fisiográficas

Siguiendo un alineamiento Este-Oeste, se emplazan los siguientes macizos que constituyen los cerros de Durán: Cerro Grande, Cerro Redondo, Cerro Mexicano, Cerro Cuatro y Cerro Tres o Cerro Las Cabras, (fotografía 1), con alturas de hasta 90 m. sobre el nivel del mar.

El drenaje en la zona de estudio tiene poca importancia,

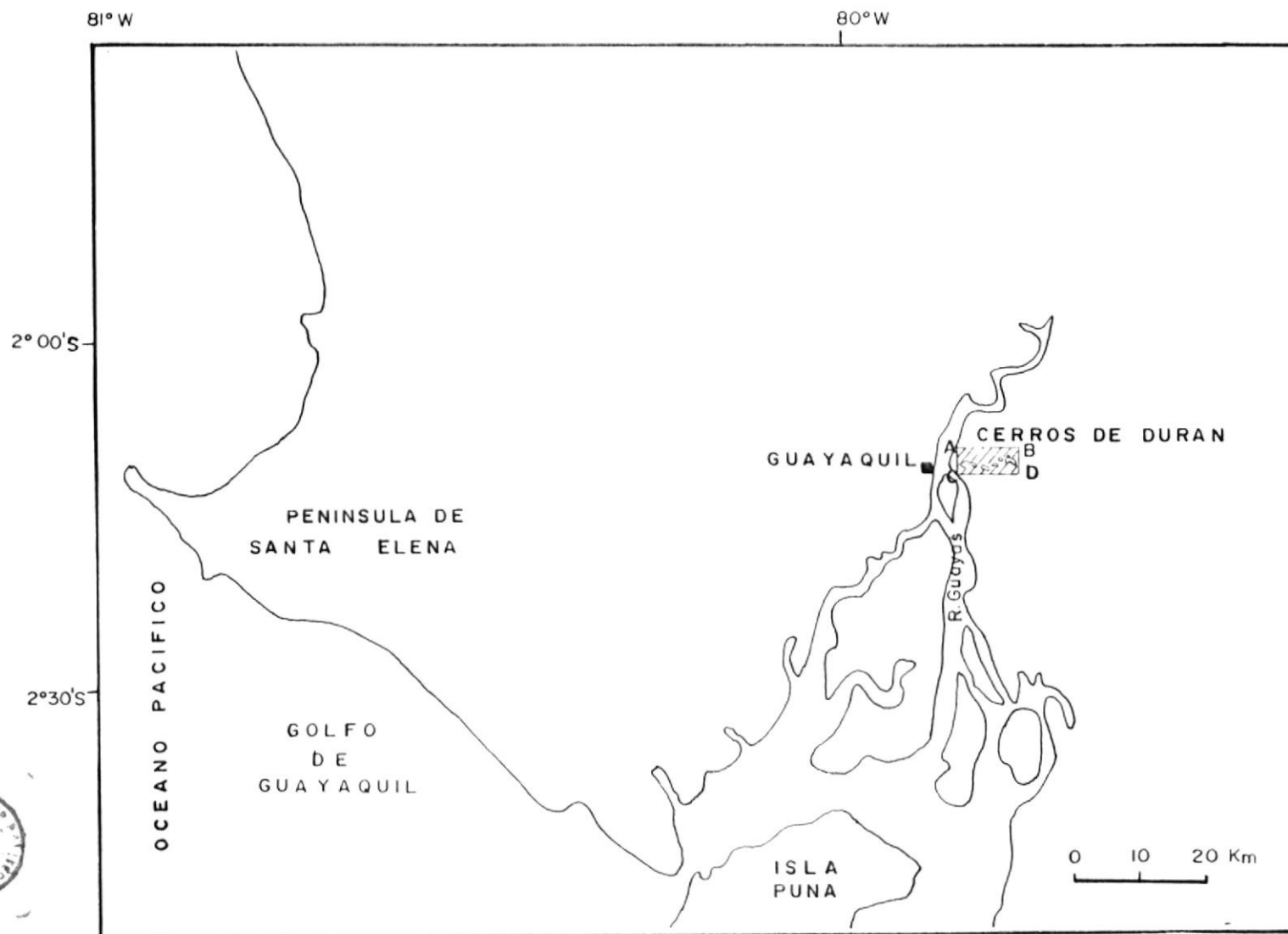


Fig. 1 MAPA DE UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO



BIBLIOTECA

30

NE



Fotografía 1. Vista panoràmica de los cerros de Duràn. tomada desde el Cerro Grande. Se aprecia en primer plano el Cerro Redondo y luego al Cerro Mexicano.

sólo esteros estacionales, entre los cuales se puede mencionar el San Enrique, ubicado al Sur del área.

La precipitación anual se estima entre 1000 a 1500 mm., presentándose más abundante durante los meses de diciembre a abril. El clima que prevalece es el tropical lluvioso, con una temperatura promedio de 30° C en la estación lluviosa y 24° C en la estación seca (18).

Según el Atlas Geográfico del Ecuador del Instituto Geográfico Militar, la zona presenta una vegetación predominante de sabana (malezas y matorrales), observándose hacia el Oeste formaciones hidro-halófitas

Accesibilidad

Los cerros de Durán por encontrarse ubicados dentro de la zona urbana, presentan buena accesibilidad. Pasando el puente Rafael Mendoza Aviléz se tienen las autopistas Durán Tambo y Babahoyo.

Para llevar a los afloramientos, los cuales en su mayoría son canteras de explotación de materiales, (fotografía 2), se ingresa por caminos no asfaltados que han sido abiertos para sacar los materiales.

Toda la zona está atravesada por la línea férrea con



NO

SE



Fotografía 2. Cantera de explotación de materiales de construcción. "Cerro Grande". Coord. 634700-9760300

dirección aproximada Este-Oeste.

Estudios Anteriores

Las rocas aflorantes pertenecen a la Formación Cavo, exclusivamente los Miembros Cavo S.S. y Guavaquil chert, la cual en forma regional ha sido estudiada por varios investigadores entre los cuales se citan a: H. E. Thalman (1945); W. Sawyer (1965); R. Bristow (1976-1980); T. Feininger (1980); G. Berrones (1980); G. Medina (1982), entre otros. Desde 1981 hasta 1988 la ESPOL con la colaboración de algunas instituciones como la ORSTOM y el CONUEP, realizaron diferentes estudios geológicos regionales y geotécnicos en los que se consideraron la Formación Cavo de varias localidades.

Estudios geotécnicos y de planificación urbanística, fueron realizados en el cerro Las Cabras por S. Aquayo en el año 1976.

Metodología

El método usado en esta investigación es el tradicional, y consiste en la recolección de información geológica basada primero en datos bibliográficos y luego en datos de campo. Para esta última, se utilizó un mapa topográfico a escala 1:10000 proporcionado por el Instituto Nacional de Recursos

Hidráulicos (INERHI). La ubicación de los afloramientos se la hizo mediante brújula y cinta: en cada uno de ellos se efectuaron descripciones litológicas: mediciones de rumbos y buzamientos de estratificaciones, diaclasas y fallas: muestreo de rocas para estudios petrográficos y paleontológicos. Concluido el trabajo de campo, se realizó en el laboratorio, la caracterización petrográfica y paleontológica de las muestras. Finalmente, con los resultados obtenidos, se hizo el estudio estratigráfico que condujo a la determinación del ambiente de depositación.

CAPITULO I

MARCO GEOLOGICO REGIONAL

1.1 PRINCIPALES UNIDADES ESTRATIGRAFICAS. (Fig. 2)

La secuencia estratigráfica que caracteriza a la Provincia del Guayas y que fue propuesta por Bristow y Hoffstetter en el año de 1977 es la siguiente:

FORMACION PINON

Las rocas más antiguas aflorantes en la región y que constituyen el basamento de la costa del Ecuador, corresponden a un complejo de rocas volcánicas básicas como basaltos, diabasas y gabros con algunos intrusivos ácidos. Se atribuye una edad que va del Jurásico al Cretácico Inferior.

FORMACION CAYO

En el Cretáceo Superior Cenomaniano-Turoniano, se inicia la sedimentación marina de la Formación Cayo.

ERA	PERIODO	EPOCA			
CENOZOICO	Terciario	CUATERNARIO	ALUVION		
			TABLAZO		
		PLIOCENO	FORMACION PUNA	MIEMBRO LECHUZA MIEMBRO PLACER	
			MIOCENO	FORMACION PROGRESO	C. Bellavista
		INFE-MEDIO SUPERIOR		FORMACION SUBIBAJA	
		INFERIOR		MIEMBRO S. Pedro MIEMBRO DOS BOCAS MIEMBRO Villingota Fm. TOSAGUA M. Zapotal	
		EOCENO	OLIGOCENO	COMPLEJO OLITOSTROMICO	S. ELENA C. Las Delicias
				INFERIOR	MEDIO SUPERIOR
			INFERIOR		MEDIO SUPERIOR
				PALEOCENO	
MESOZOICO	CRETACEO	SUPERIOR	MIEMBRO GUAYAQUIL		
			MIEMBRO CAYO S.S. Fm. CAYO MIEMBRO CALENTURA		
		INFERIOR	FORMACION PIÑON		



BIBLIOTECA

Fig. 2 COLUMNA ESTRATIGRAFICA PROPUESTA POR BRISTOW Y HOFFSTETTER

(TOMADA DEL LEXICO ESTRATIGRAFICO DEL ECUADOR MEJORADA)

constituida por el miembro basal Calentura, el cual tiene un reducido desarrollo areal, formado por lutitas calcáreas y silíceas.

Luego en el Senoniano llegando posiblemente al Maestrichtiano, se depositó el miembro Cavo S.S. que constituye una alternancia de rocas piroclásticas con características turbidíticas: brechas, aglomerados, microbrechas, areniscas tobáceas gruesas y finas, lutitas: en algunos lugares el espesor de Cavo S.S. alcanza hasta los 2000 m. Es frecuente encontrar diques de rocas volcánicas, dentro de estas secuencias.

La parte superior de la Formación Cavo es el Miembro Guavaquil o Guavaquil Chert, conocida previamente como Formación Guavaquil, está compuesta principalmente por lutitas tobáceas silicificadas: se le ha asignado la edad del Maestrichtiano.

FORMACION SAN EDUARDO Y FORMACION LAS MASAS

En disconformidad y sobrevaciendo al miembro Guavaquil se encuentra la unidad San Eduardo, compuesta por horizontes de calizas del Eoceno Medio; sobrepuestas transicionalmente, por sedimentos finos estratificados de origen marino llamados "Lodolitas Las Masas".

COMPLEJO OLISTOSTROMICO SANTA ELENA

En la Península de Santa Elena aflora un conjunto de rocas pertenecientes al Eoceno Superior, constituyendo el denominado "Complejo Olistostrómico de Santa Elena" Azad. (1968); Coldman. (1970); Bristow et Hoffstteter. (1977); afirman que el origen de estos cuerpos es alóctono. Se ha logrado reconocer los olistolitos llamados: Wildfish, Azúcar y Clay Pebble Bed. Socorro, Lutita Seca y arenisca Punta Ancón. Según Moreno y Benitez (1983) esta secuencia ha sido considerada autóctona, depositada en un ambiente abisal descansando discordantemente sobre rocas más antiguas.

FORMACION TOSAGUA

La Formación Tosaqua unifica los miembros: Zapotal, Dos Bocas y Villinoota, depositada durante el Oligoceno Superior y Mioceno Medio, iniciando el primer ciclo de depositación de la Cuenca Progreso. Litológicamente consiste de conglomeraos, areniscas y lutitas.

FORMACION SUBIBAJA

En el Mioceno Medio, en un ambiente marino de poca profundidad, se depositaron areniscas limosas grises y blancas, con lentes de conglomeraos.

FORMACION PROGRESO

Discordantemente en el Mioceno Medio Superior se depositan las rocas de la formación Progreso que agrupa a dos miembros equivalentes laterales: Progreso y Bellavista. Consiste de arenisca blanda, arcilla verde y lutita (6).

FORMACION PUNA

En el Plioceno se depositó la Formación Puna, con su miembro Superior Lechuza e inferior Flacer. Litológicamente consiste en su mayoría de lutitas con capas de limo y arena, calizas impuras con restos de moluscos (6).

FORMACION TABLAZO

Son terrazas marinas de edad Pleistocénicas, constituidas por areniscas, lumaquelas, arenas y arcillas calcáreas.

1.2 EMPLAZAMIENTO ESTRUCTURAL

Basándose en el estudio de Peter Lonsdale (1978), se reconoce en el Ecuador (Fig. 3), los siguientes dominios tectónicos regionales:

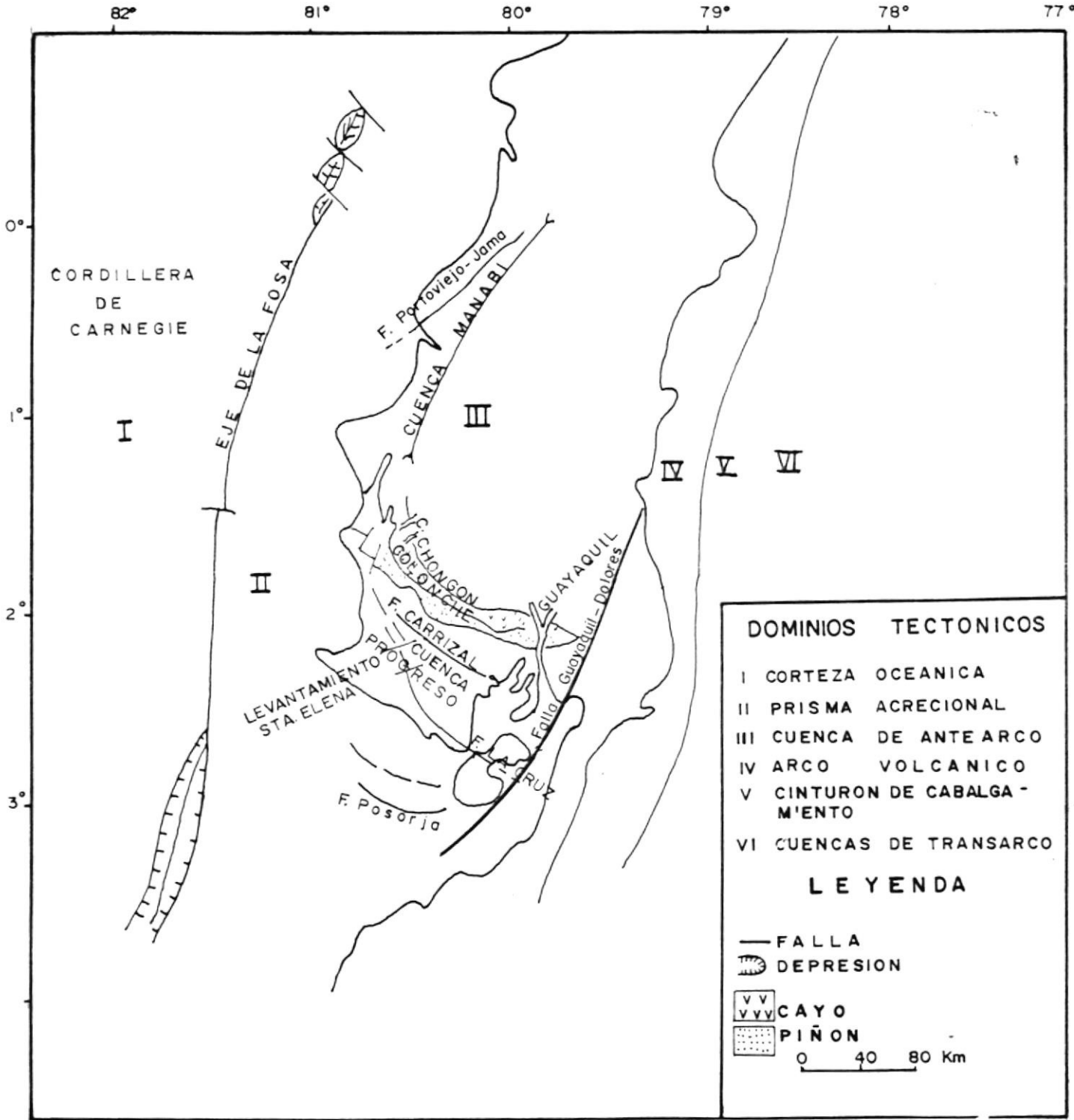


Fig. 3 MAPA DE DOMINIOS TECTONICOS REGIONALES, BASADO EN LONSDALE (1972)

DOMINIO I

Corteza Océanica de la Placa Nazca: se sitúa hacia el Oeste del eje de la fosa, alcanzando profundidades abisales de 3000 a 5000 m., pero frente al Ecuador se encuentran una zona de menor profundidad (1000 a 2000 m.) conocida como cordillera de Carnegie.

DOMINIO II

Pared Interna de la fosa o prisma acrecional: Se extiende a partir del eje de la fosa hasta el sistema de fallas Portoviejo-Jama; es una zona muy tectonizada que representa la zona de enfrentamiento de las placas Nazca y Sudamérica.

DOMINIO III

Cuencas de Ante Arco: Hacia el Este del sistema de fallas normales Portoviejo-Jama (dirección NE-SW) se encuentran las cuencas de ante-arco, las que se presentan alaroadas, subsidentes y paralelas a las fallas mencionadas. Están limitadas hacia el Este por fallas normales de menor desplazamiento que levantan paulatinamente el basamento. Estas cuencas se definieron a partir del Eoceno Superior y presentan secuencias sedimentarias Mioceno-Plioceno.

La zona de estudio se ubica dentro de este dominio III. en el vértice de una zona triangular fallada, limitada por la falla Guayaquil-Dolores hacia el Este y el levantamiento de la cordillera Chonoñ-Colonche hacia el Norte.

De acuerdo al mapa de zonificación Sismo-Tectónico presentado por Benitez (1987). los Cerros de Durán, están rodeados por áreas de alto índice de flujo tectónico. lo que indica que el área está en una zona tectónicamente inestable.

DOMINIO IV

Arco Volcánico: Está formado por dos cinturones de diferente composición y estructura. La cordillera Occidental de origen volcánico y carácter ultrabásico con sedimentos masivos intercalados y la cordillera Central o Real de carácter metamórfico.

DOMINIO V

Cinturón de Cabalgamiento: Conocida como Cordillera Oriental, tercera cordillera o zona subandina.

DOMINIO VI



BIBLIOTECA

Cuenca de Tras Arco: llamada Cuenca Oriental Amazónica, afectada por suaves pliques (estructuras productoras de petróleo) de estratos sedimentarios que alcanzan los 6000 m., depositados por el Cratón Guayanés.

1.3 EVOLUCION GEOLOGICA DE LA REGION

En el sistema arco-fosa establecido por Lonsdale 1978, en el Cretáceo de la Costa Ecuatoriana se produce una importante actividad magmática intrusiva dando como resultado las rocas del Complejo Ioneo Pimón que conforma el basamento; sobre éste, se depositó un flysch calcáreo de plataforma oceánica a poca profundidad, de edad Turoniano Superior (Miembro Calentura). Luego se produce una fase comprensiva que dió lugar a un hundimiento de esta plataforma y debido a una contemporánea paleosubducción intraocénica se formó un posible arco volcánico dando origen a la cordillera Chonoón Colonche. En el bloque hundido se acumularon sedimentos piroclásticos y turbidíticos que constituyeron las Formaciones Cayo y Guavaquil del Cretáceo Superior.

Feininger y Bristow (1980) desarrollan una historia Cretácico-Paleógena basada en supuestas interacciones de placas a lo largo de la falla Guavaquil-Dolores-Romeral, aceptando como válida la hipótesis de "complejo

Olistostròmico de Santa Elena", propuesta por Asad (1969) y luego por Colman (1970) y Cisneros (1978): según estos autores, las rocas del Grupo Azúcar y Ancòn de la "Cuenca Guavaquil" fueron emplazados por "Tectònica de Gravedad". Por el contrario en estudios realizados en CEPE-S.R.G., Moreno y Benitez (1983) concluyen que las rocas del Grupo Azúcar fueron depositadas en ambientes de aguas profundas posiblemente abisales y cuya complejidad tectònica se la explica por mecanismos de "acreciòn tectònica" contra la pared interna de la fosa. Al final del Eoceno Superior, se produce un levantamiento generalizado de la Costa a consecuencia del renovado magmatismo andino: se produce una distenciòn que provocò la formaciòn de dos sistemas de fallas normales NE-SO, como la falla Guavaquil-Dolores y NO-SE como las fallas La Cruz, Carrizal y Posorja. Estas fallas produjeron la subsidencia de las cuencas ante-arco, siendo su causa principal el levantamiento del prisma de accreciòn hacia el Oeste. Contemporaneamente, se produce una depositaciòn marina en la zona costera dando como resultado depòsitos de calizas arrecifales, entre ellos San Eduardo, Javita, Las Masas.

En el Oligoceno no hay registro datado de sedimentos en el Suroeste de la costa del Ecuador.



En el Mioceno Inferior y Mioceno Superior se produce una transgresión en la Cuenca Progreso, la depositación de areniscas y conglomeraos de la Formación Zapotal, seguida de una sedimentación más litoral en las cuencas de ante-arco, depositándose las Formaciones Tosaqua, Subibaja y Progreso que son depósitos arenosos de aguas someras. Se forma el oráven Jambell por la aparición de nuevas fallas y por la continua subsidencia.

En el Cuaternario se registró un levantamiento general de la costa ecuatoriana según Lonsdale (1978), por efecto de la rápida inclinación hacia tierra del orisma acrecional que dió como resultado la emersión de la parte externa de la cuenca ante-arco y una depositación importante de limos arenosos y lutitas de la formación Canoa en la parte interna, mientras en la Cuenca Progreso, emergida en buena parte, se deposita al Sur la Formación Puná.

Durante el término del Pleistoceno y principios del Holoceno se continuó el levantamiento generalizado de la costa, se forman los denominados Tablazos por levantamientos sucesivos. Estos tablazos son depósitos sublitorales marinos de constitución especialmente calcárea fosilífera.



CAPITULO II

GEOLOGIA LOCAL

2.1 ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS

Las principales estructuras primarias que se encuentran en los afloramientos del Miembro Cavo S.S. caracterizan a los flujos turbidíticos, esto es: estratificación gradada, laminación convolucionada, bioturbaciones, entre otras.

La estratificación gradada o granoselección se presenta en general en todos los estratos aflorantes de cada uno de los cerros. La granoselección es un ordenamiento interno de las partículas presentando disminución progresiva del tamaño de grano desde la parte inferior a la superior del estrato. Los estratos con granoclasificación se consideran formados por decantación de material en suspensión a medida que decrece la velocidad de la corriente (8). Esta selección por tamaños se efectúa en el interior de la corriente turbulenta: al disminuir la capacidad de transporte los granos gran-

des son los primeros en depositarse y sucesivamente los de tamaños menores. Esta estructura sindeposicional hidrodinàmicamente es considerada como de r eimen superior o de flujo elevado. En el área estos estratos alcanzan espesores de hasta 2.5 m.

En el cerro Tres o cerro Las Cabras se observa laminación convolucionada o contorsionada (Fotografía 3), que se presenta en series turbiditicas, consistentes en láminas contorsionadas y replegadas, dentro de un estrato, comunmente en niveles areniscosos de grano fino y bien fino. La geometría de la estructura es compleja, las láminas presentan una serie de plieques de forma y apretamiento diversos. La génesis de esta laminación convolucionada se la explica como el resultado de la deformación de una estructura anterior, con laminación subhorizontal o de cruzada; entre las causas de tal deformación están: el deslizamiento de sedimentos plásticos y deformaciones de carga contemporáneas al depósito; en los dos casos actuaría la fluidificación o licuefacción del sedimento la cual se produce en sedimentos de la textura indicada anteriormente.

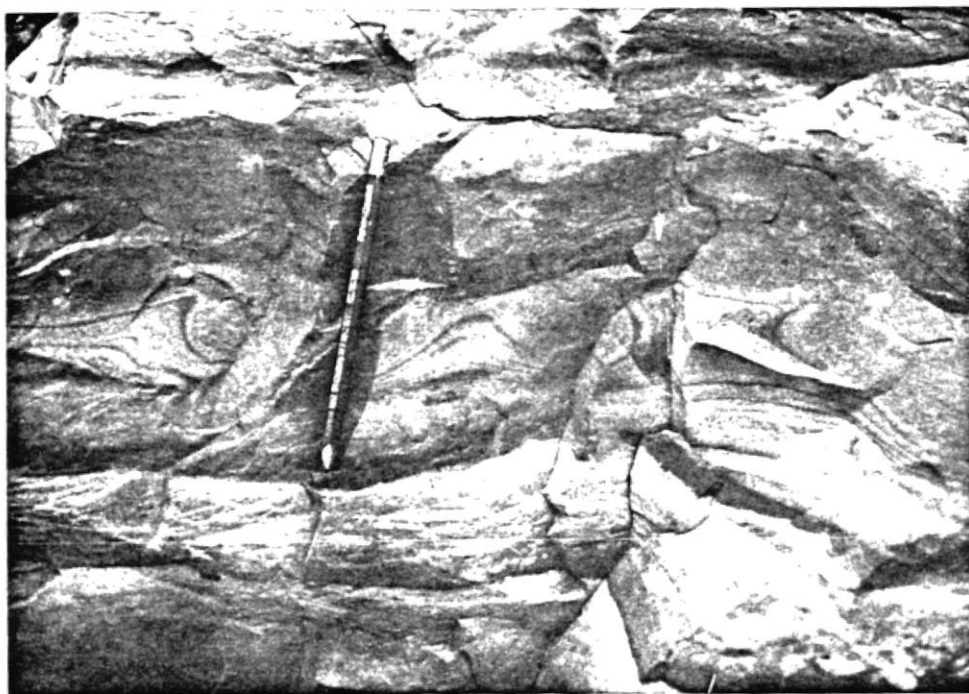
Otras estructuras primarias comunes en Cayo S.S. son las bioturbaciones, las que fueron observadas en el cerro Tres o Las Cabras. Se presentaron sobre una capa



BIBLIOTECA

NO

SE



Fotografía 3. Laminación convolucionada. Secuencias Tdce. de espesores entre 0.4 v 0.5 m. Ubicación Cerro Tres o Cerro Las Cabras. Coord. 629950-9760300

de lutita moldes de la huella original de hasta 40 cm. de largo por 1.6 cm. de ancho, siguiendo distintas direcciones. Estas huellas se deben a desplazamiento de los organismos al realizar funciones de nutrición o raramente funciones de reposo.

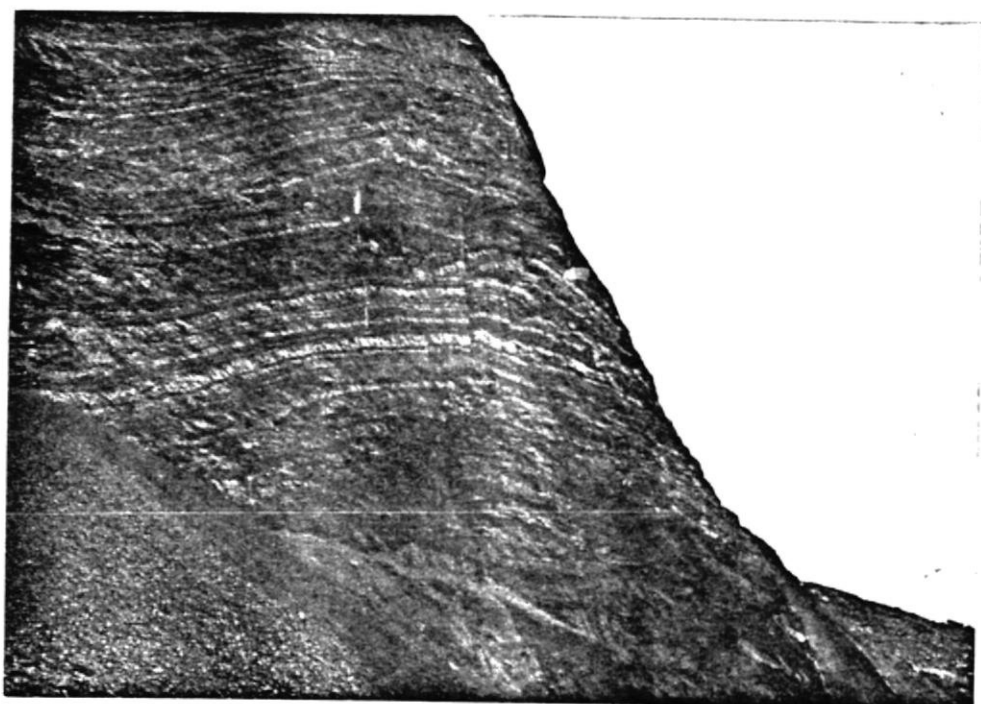
Dentro del Miembro Guavaquil y en cortes ubicados en el cerro Cuatro, se ponen de manifiesto series alternantes de lutitas silicificadas, que consisten en un conjunto de materiales plegados y fracturados, limitados por estratos con estratificación normal. El espesor de estas estructuras es variable. Estas estructuras oravitacionales conocidas como "slumps" son contemporáneas con la sedimentación. (Fotografías 4, 17, 18, 19 y 20).

Dentro de las estructuras secundarias observadas, las más características son los nódulos de pedernal o "chert" observados preferentemente en el Miembro Guavaquil, aunque también se los observa dentro del Miembro Cayo S.S., cerca del contacto con Guavaquil. Estos nódulos son de forma alargada con el eje mayor paralelo a la estratificación y alcanzan hasta los 60 cm. de largo y 40 cm. de ancho, como se observa en la fotografía 5; provocan una pequeña variación en la estratificación (Fotografías 5 y 6). La composición química de estos nódulos es silicea, externamente su



NO

SE



Fotografía 4. Estratos de arenisca que presentan estructuras "slumps", dentro del Miembro Guavaquil. Ubicación Cerro Cuatro. Coord. 631730-9758750



BIBLIOTECA

SE

NO

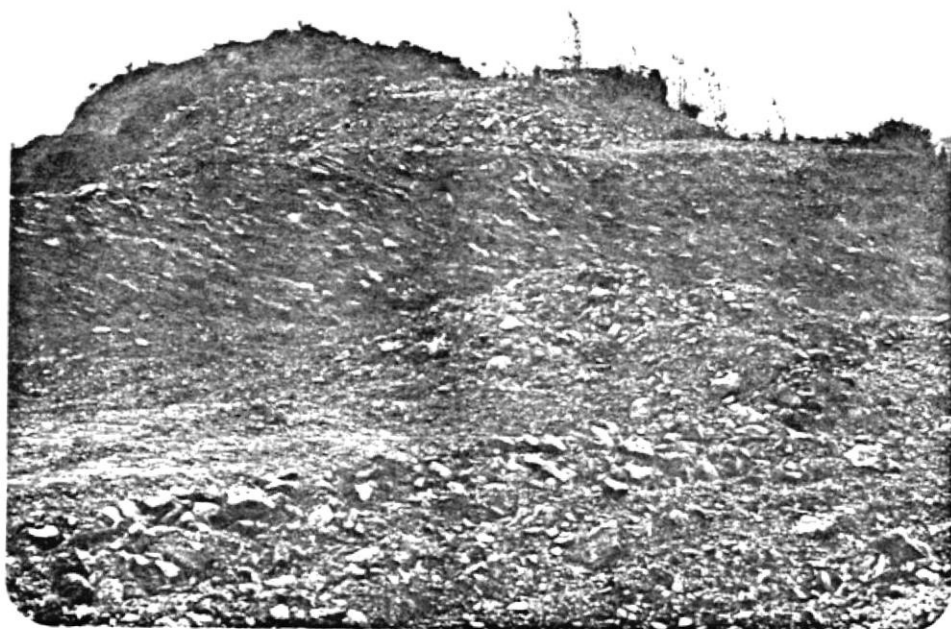


Fotografía 5 . Presencia de nódulos de chert de hasta 60 cm. de largo. dentro del Miembro Guavaquil. Ubicación: Cerro Mexicano. Coord. 6323300-9759600



NO

SE



Fotografía 6. Fuerte silicificación, presente en el
Miembro Guavaquil. Ubicación Cerro Mexicano: coord. 631600
9759700

color es blanco, por efecto de la meteorización e internamente obscuro como consecuencia de la presencia de materia orgánica. Del análisis petrográfico de estos nódulos se establece que están compuestos casi en su totalidad por cuarzo microcristalino con inclusiones de carbonato de calcio que indican un claro origen por reemplazamiento. Los nódulos de chert, según algunos autores, son de origen sinsedimentario, mientras que otros afirman que son de origen diagenético. Los partidarios al origen contemporáneo a la sedimentación piensan que los nódulos de chert se forman por precipitación directa de geles de sílice sobre el fondo del mar, estos geles una vez enterrados, sufren un proceso de compactación y deshidratación, transformándose en chert. En la época actual los geles de sílice son raros sobre el fondo del mar, por lo que se piensa que la formación de los nódulos de chert o pedernal está ligada a un proceso de intercambio químico. Una prueba a favor de la hipótesis de sustitución del carbonato por sílice es el hecho de que en ciertas ocasiones, en el interior de los nódulos aparecen inclusiones de carbonato que indican un reemplazamiento incompleto. Es importante señalar que los estratos con abundantes nódulos de chert, alternan o pasan gradualmente a otros desprovistos de las concreciones, sin que se haya cambiado aparentemente el medio del depósito. La sílice podría provenir de

restos silíceos dispersos en la roca, tales como espiculas de esponjas, radiolarios o de soluciones que atraviesan el sedimento. A veces la gran densidad de los nódulos en un estrato puede llegar a formar bandas más o menos continuas, con superficies limitantes irregulares.

2.2 PETROGRAFIA

2.2.1 Conceptos Generales

Los conceptos y parámetros que se usan para la descripción y la denominación de las rocas son los consionados en la Petrografía de Williams, Turner y Gilbert.

Las rocas piroclásticas son productos de erupciones volcánicas explosivas. Los fragmentos formadores de estas rocas se clasifican de acuerdo al tamaño en: fragmentos de más de 32 mm, llamados bombas si tienen formas redondeadas y bloques si son angulares; los que miden entre 4 y 32 mm, de diámetro, se conocen como lapilli y los menores de 4 mm, cenizas. Por compactación y cementación estos fragmentos llegan a formar rocas denominadas: aglomerados, si están constituidas principalmente por bombas, brechas vol-

cánicas si las constituyen bloques, tobas las
integradas por cenizas litificadas y tobas de
lapilli las ricas en lapilli.

Las cenizas y tobas pueden distinguirse también
por su contenido de vidrio, cristales y detritos
de rocas. Aquellas compuestas principalmente de
partículas vítreas son conocidas como cenizas o
tobas vítreas, las formadas por cristales se
llaman cenizas o tobas cristalinas y en las que
predominan los fragmentos de rocas, cenizas o
tobas liticas.

Con frecuencia sucede que las lluvias y eyeccio-
nes piroclásticas se precipitan en las cuencas
en donde se está efectuando normalmente la se-
dimentación, razón por la que se encuentran mez-
clados con arcillas, limos, arenas y gravas. Los
materiales se llaman sedimentos cenizosos, si no
están compactados y rocas sedimentarias tobáceas
si están litificados. Esta mezcla también puede
resultar de la erosión y redepositación, pues
las eyecciones fragmentarias incoherentes son
fácilmente transportadas ya sea solas o en com-
pañía de detritos no volcánicos. Los materiales
de esta clase se denominan arcillas, limos,
arenas y gravas volcánicas si están inco- heren-

tes v lutitas, areniscas, conglomera- dos v bre- chas volcánicas si están compactados, distin- guiéndose entre sí por el tamaño de grano, como puede observarse en la Tabla I.

NOMBRE DE LA ROCA	TAMANO DE GRANO
Brechas, conglomera- dos	> 4 mm.
Microbrechas	4 - 2 mm.
Areniscas de grano:	
Muy grueso	2 - 1 mm.
Grueso	1 - 0.5 mm.
Medio	0.5 - 0.25 mm.
Fino	0.25 - 0.125 mm.
Muy fino	0.125 - 0.062 u.
Limolita	62 u. - 5 u.
Lutita	< 5 u.

Tabla I. Rangos granulométricos para la clasifi- cación de rocas sedimentarias

Alteración de las rocas piroclásticas.- En las cenizas v tobas básicas, la alteración general- mente comienza con la desvitrificación del vi- drio para dar material turbido, débilmente bi- rrefringente, criotocristalino. El simple intem- perismo de las eyecciones básicas generalmente

producen arcillas del grupo de la montmorillonita a partir de los constituyentes vitreos y máficos: calcita, halloysita y caolinita de los feldespatos, dependiendo de la acidez y alcalinidad de las aguas meteóricas.

Los detritos volcánicos básicos son particularmente susceptibles a cambios durante la diagénesis. El principal producto de esta alteración generalmente es la clorita, la cual se desarrolla en los fragmentos de roca volcánica junto con la epidota y comúnmente forma un cemento fibroso color verde pálido entre las cavidades de los granos detriticos. Las partículas de vidrio volcánico son fácilmente reconocidas cuando están frescas, pero por su carácter isotrópico y bajo relieve son inestables y no sobreviven largo tiempo en los sedimentos.

2.2.2 Análisis petrográfico de las muestras

Se efectuó el análisis petrográfico de 23 muestras obtenidas de la Formación Cavo, las cuales fueron sistemáticamente ubicadas en las columnas estratigráficas levantadas. (Figs. 17-20).

En cada muestra se realizó primeramente la des-

cripción macroscópica de la muestra de mano según la siguiente secuencia: tamaño de grano, color, consolidación y laminación. Adicionalmente se hizo las pruebas con el HCl para determinar su naturaleza calcárea. Posteriormente se realizó la descripción microscópica de las láminas deloadas correspondientes, en la que se consideró la naturaleza de la matriz y la de los demás componentes ordenándolos según sus porcentajes. Todos estos resultados se encuentran adjuntos en el Anexo A

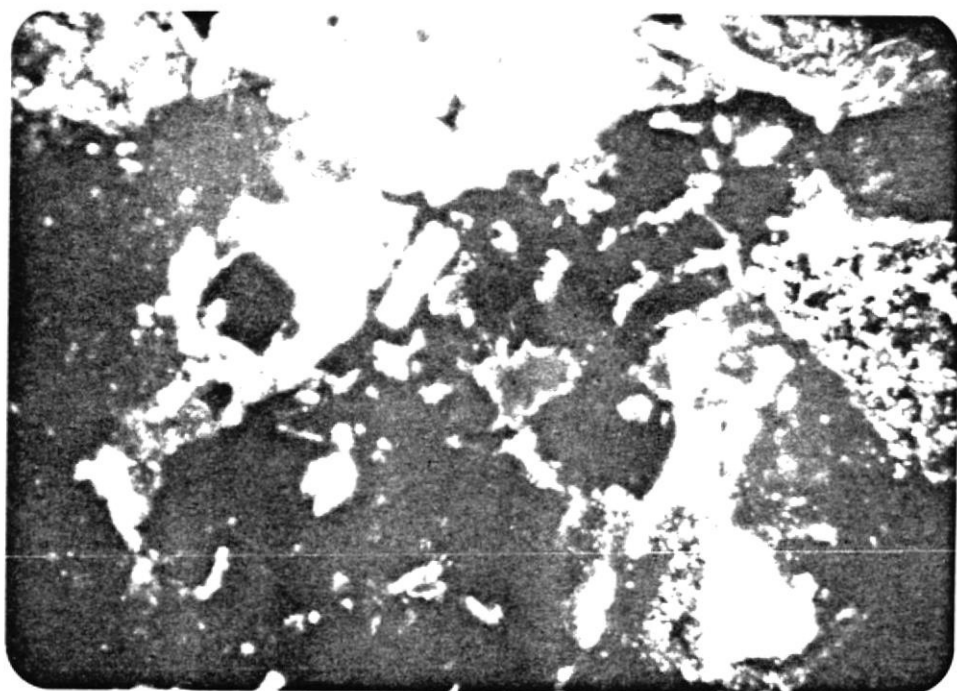
A continuación se describen las características petrográficas de las rocas del Miembro Cavo S.S. y del Miembro Guavaquil.

Se distinguen dentro de Cavo S.S. los siguientes tipos de rocas: brechas, microbrechas, areniscas, limolitas y lutitas bien estratificadas.

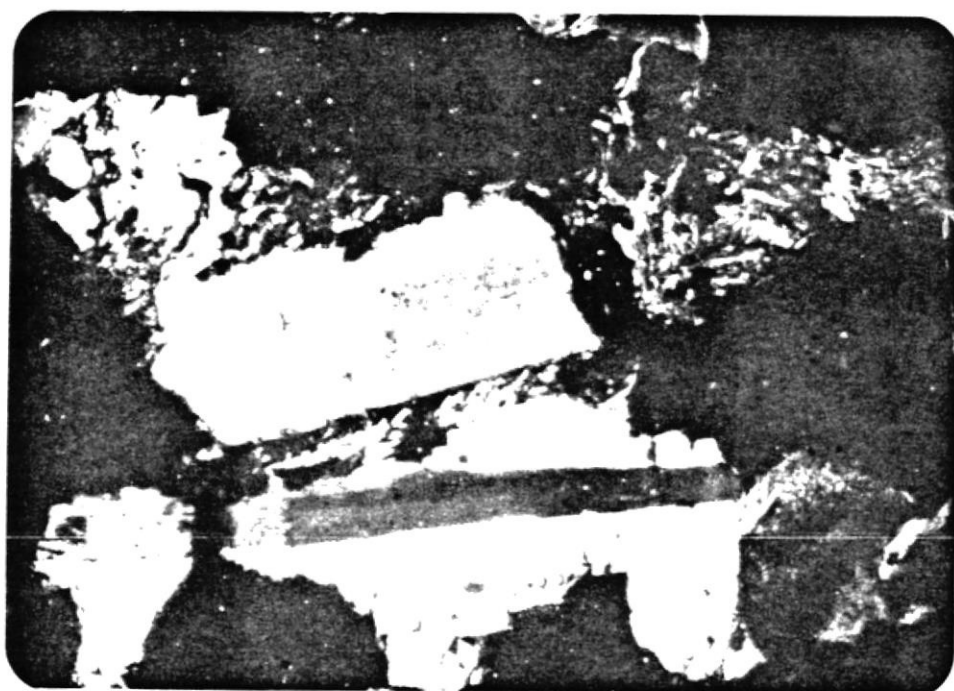
Brechas y Microbrechas: Caracterizadas por su color gris oscuro a gris verdoso. Los granos alcanzan un tamaño de 5 mm. y se componen de un 50 a 60% de fragmentos volcánicos, entre ellos: fragmentos de tobas finas, fragmentos de lavas microlíticas y lavas con textura perlítica vesicular. Otro componente es el cemento zeolítico

en un 10-20%. Estas rocas presentan además en un 10 a 20% una matriz fina e isotrópica, que algunas veces se cloritiza parcialmente. Se puede establecer de igual manera un porcentaje entre el 10 al 20 de feldespatos: estos se presentan calcitizados (Fotografías 7 y 8. Lámina deloadada No. 3562), o cloritizados (Fotografía 9. Lámina deloadada No. 4015). El cemento zeolítico se puede encontrar alterado posiblemente a montmorillonita.

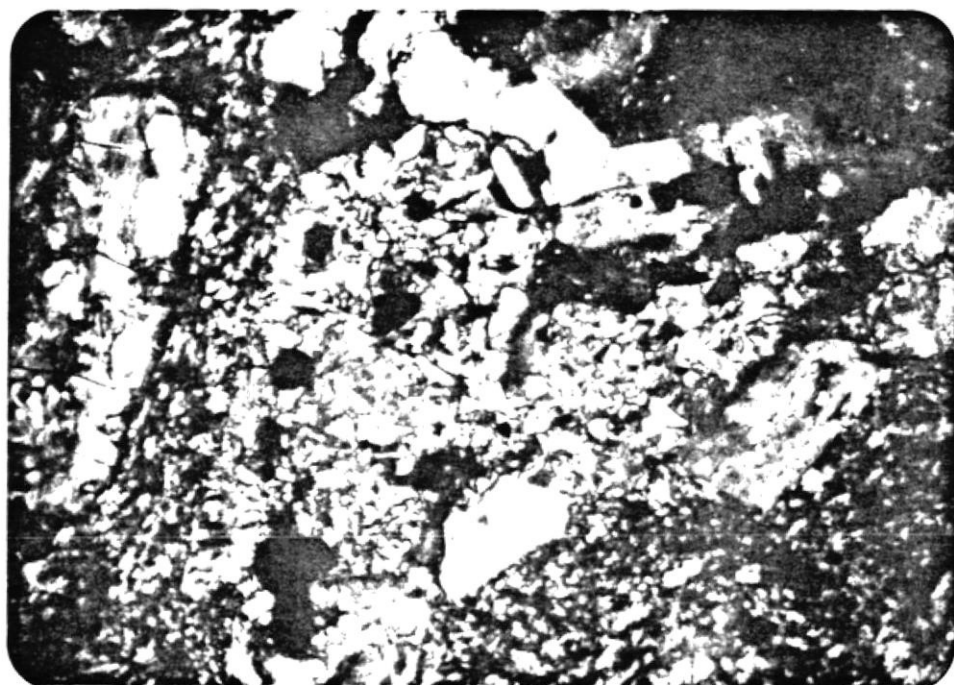
Areniscas o Wackas: Rocas de color gris oscuro, los granos llegan hasta un máximo de 3 mm. y tienen forma anular. Están compuestas por fragmentos de rocas detríticas de origen volcánico: lavas vitrea con texturas perlítica y vesicular, palagonitizadas. (Fotografías 10 y 11. Lámina deloadada 4013) que llegan a un 80-85% y cemento zeolítico, algunas veces asociado con clorita de 20-15%. Estos fragmentos de rocas se encuentran en diferentes estados de oxidación, algunos presentan procesos de cementación con zeolitas anteriores a la depositación definitiva que formó la roca, todo lo cual indica que este material estuvo depositado previamente y luego fue eyectado y redepositado.



Fotografía 7. Lámina delgada # 3562. aumento 63 X. nicoles
X. Fragmentos de rocas oxidadas presentes en las microbre-
chas del Miembro Cavo S.S. Coord. 117.3 - 17.2



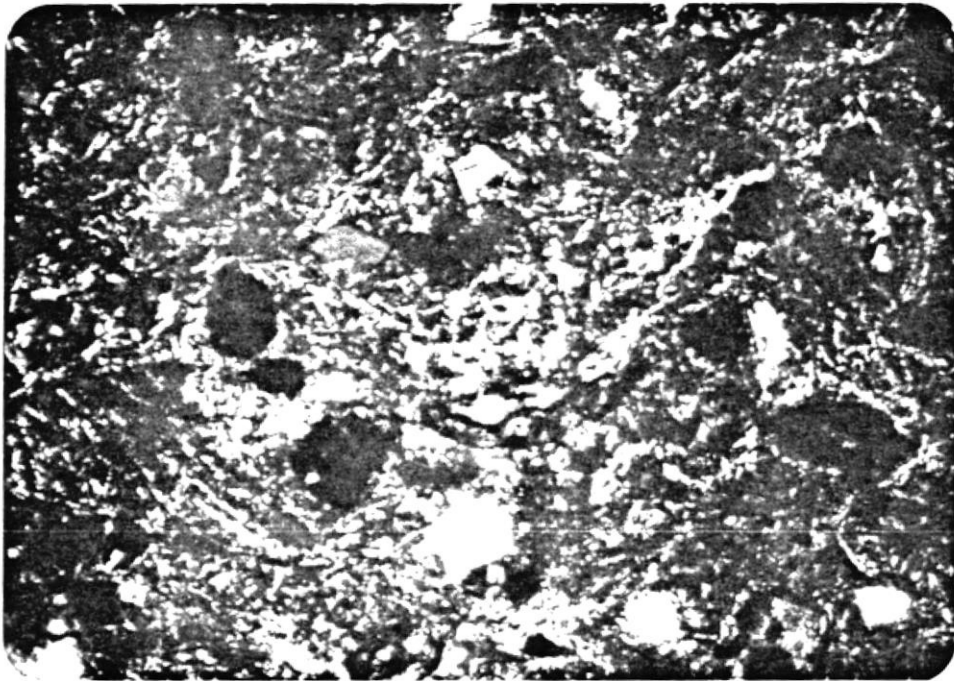
Fotografía 8. Lámina delgada 3562. Aumento 63 X: nicoles X. Feldespatos calcitizados que conservan su maclado, presentes en las microbrechas, Miembro Cavo S.S. Coord: 113.6 - 12.2.



Fotografía 9. Lámina delgada 4015. Aumento 63 X; nicole
X. Obsérvese los feldespatos cloritizados presentes en una
microbrecha del Miembro Cavo S.S. Coord: 114.9 - 20.8.

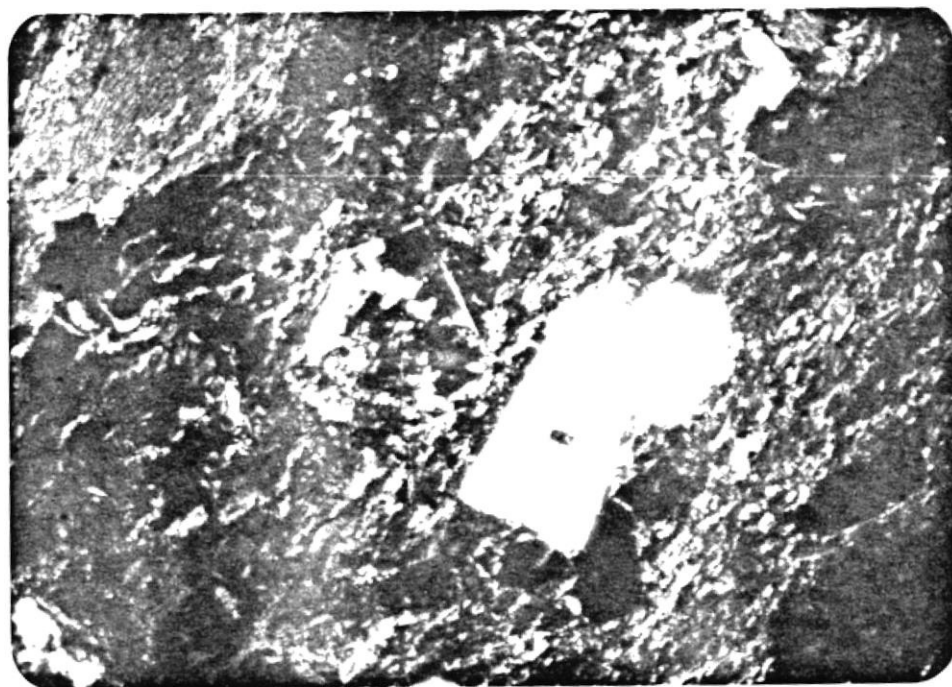


BIBLIOTECA



Fotografía 10. Lámina delgada 4013. Aumento 6.3 X: nicoles X. Arenisca del Miembro Cavo S.S. Obsérvese con fragmentos de roca palagonitizada (amarillo intenso y café amarillento) en la zona central de la exposición. Coord. 113.11 - 16.2.

Fotografía 11. Lámina delgada 4013. Aumento 63 X; nicotias
X. Obsérvese la matriz de la arenisca que se encuentra
palagonitizada. Membro Cavo S.S. Coord: 104.5 - 18.7

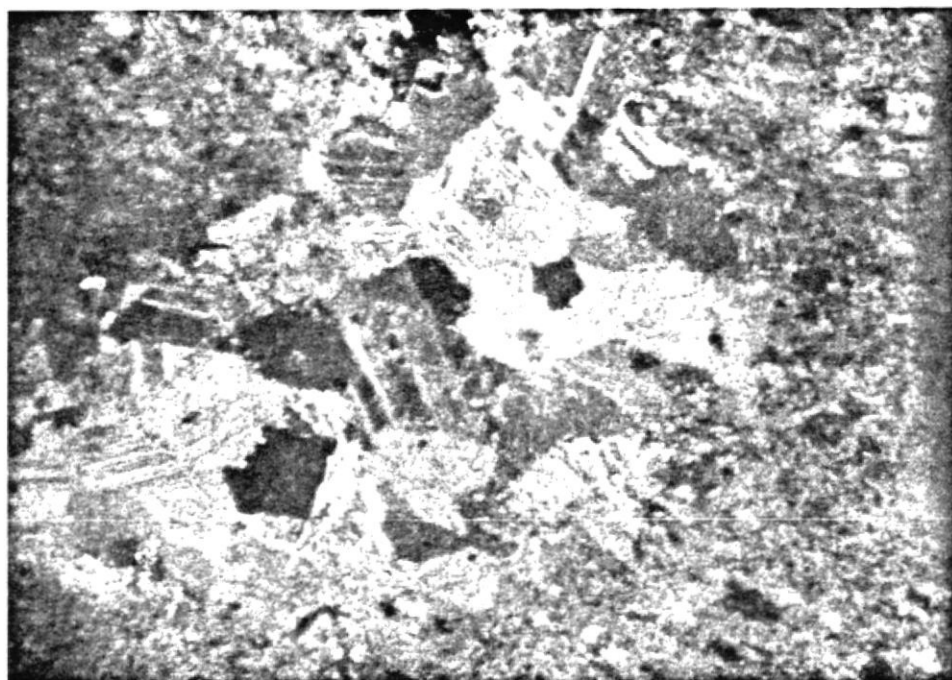


Limolitas v lutitas: Generalmente son calcáreas de color gris claro a oscuro, están bien consolidadas v bien laminadas. Su matriz fina arcillosa de baja birrefringencia, puede presentarse calcitizada v silicificada en porcentajes 55 a 90; también se encuentran feldespatos, fragmentos de vidrio volcánico, foraminíferos v radiolarios a veces calcitizados o silicificados, finalmente como accesorios: minerales opacos. (Fotografía 12, Lámina Deloadada 3568)

En el Miembro Guavaquil se distinguen areniscas de grano muy fino, limolitas, lutitas v pedernal.

Areniscas de grano muy fino: Son calcáreas, bien consolidadas v laminadas: la matriz fina cinerítica puede estar calcitizada en porcentaje de 25 a 65, posiblemente de origen tobáceo; ocasionalmente, se presentan fragmentos de rocas de origen volcánico: cemento calcáreo en un 30% v feldespatos de 2 a 5%; foraminíferos en un 3%. Se observan fracturas rellenas de calcita.

Limolitas v lutitas: Se presentan de color crema a café claro v gris: las primeras son calcáreas con matriz arcillosa calcárea en un 80



Fotoografía 12. Lámina deloada 3568. Aumento 63 X: nicoles X. Fragmentos de roca calcitizados presentes en pequeño porcentaje en las rocas de grano fino (lutita) del Miembro Cayo S.S. Coord: 109.3 - 17.0

a 88%; feldespatos están presentes en un máximo de 5%. Es común apreciar fragmentos de roca dirociástica, cemento calcáreo y radiolarios silicificados. Además, se observan fracturas rellenas de calcita. Las lutitas de color gris fueron primeramente silicificadas y luego calcitizadas; contiene radiolarios y foraminíferos calcitizados y silicificados; los feldespatos están presentes en un pequeño porcentaje; fracturas rellenas de sustancias calcáreas y síliceas son comunes. En general podríamos describir a estas rocas como bien laminadas y consolidadas (Fotografías 13, 14 y 15 Lámina Deloadada 4002).

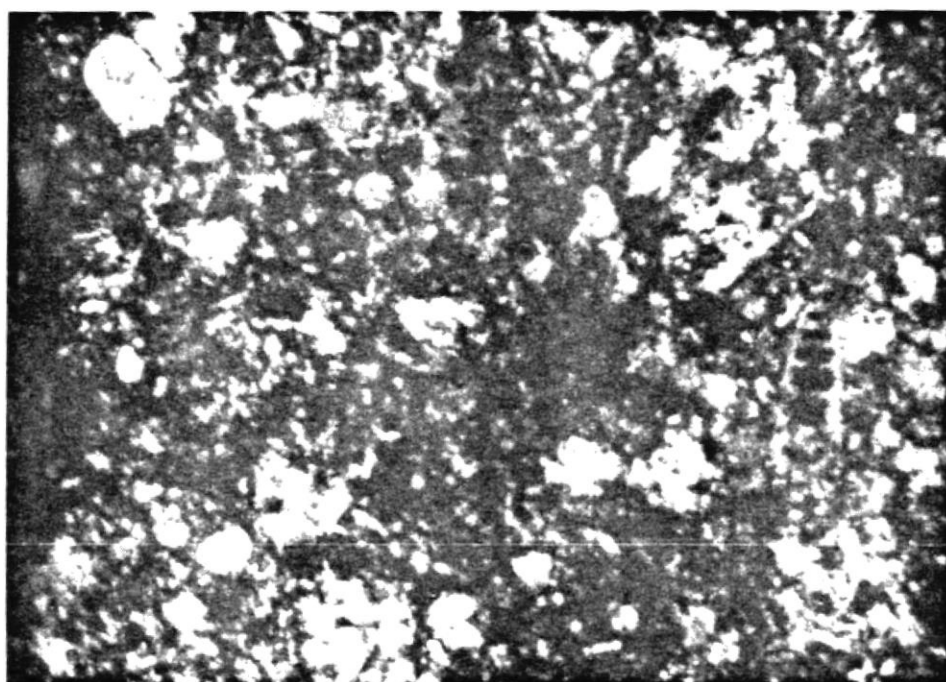
Federal o chert: Variedad criptocristalina de cuarzo, que se presenta en forma de lentes dentro de las lutitas, es de color gris oscuro, consolidado y masivo con presencia de radiolarios silicificados, 10% (Fotografía 16, Lámina Deloadada 3597)

2.3 PALEONTOLOGIA Y EDAD

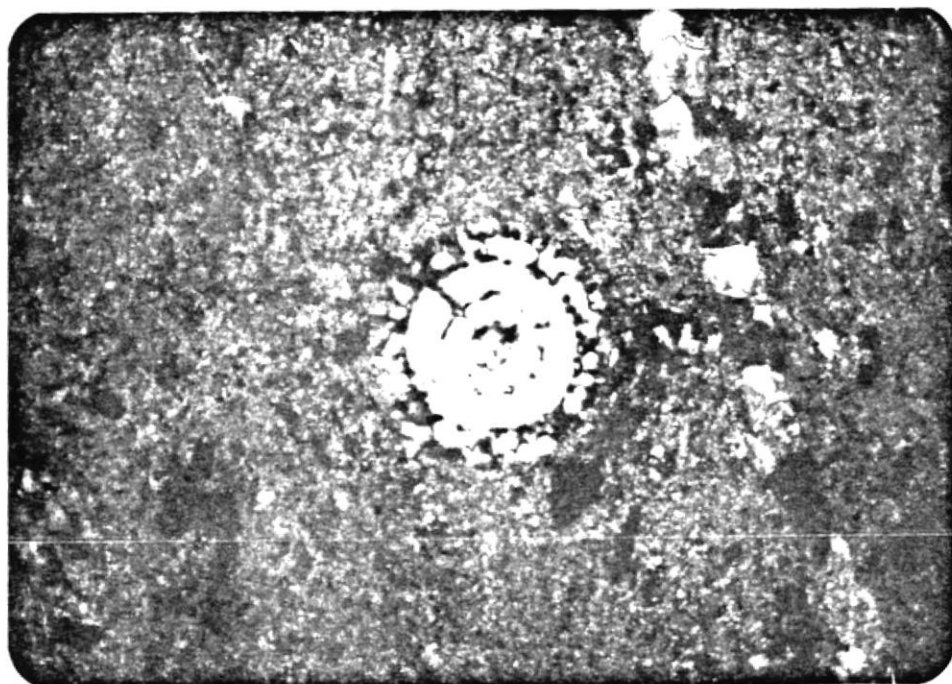
Los antecedentes bioestratigráficos de la Formación Cavo son escasos, limitándose sólo a estudios en base a foraminíferos, algunos radiolarios, e *Inoceramus*.



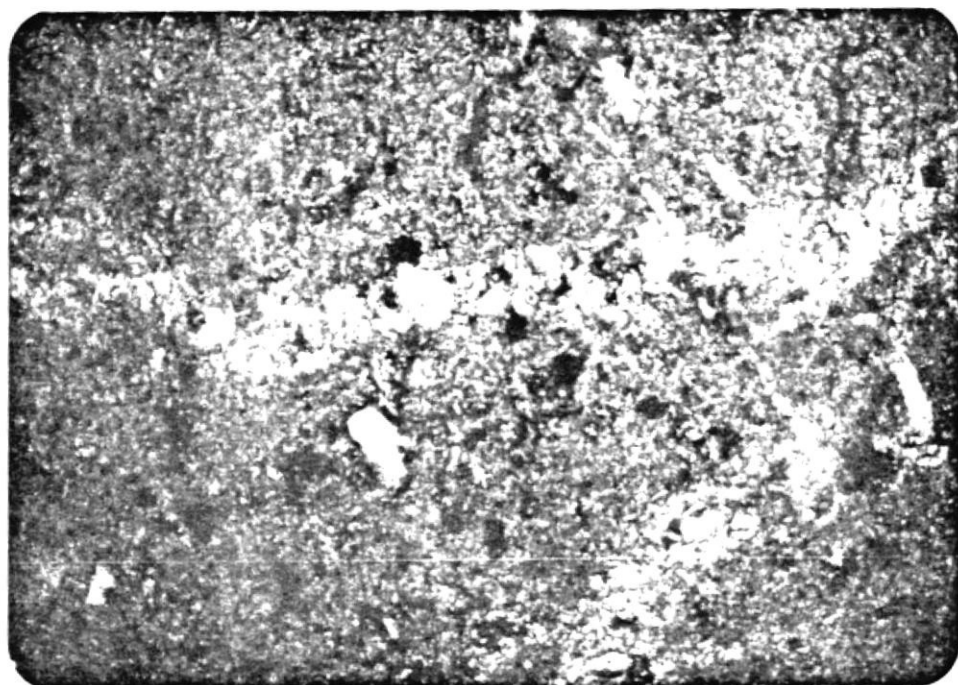
BIBLIOTECA



Fotografía 13. Lámina delgada 4022. Aumento 63 X; nicoles X. Foraminíferos y radiolarios en lutitas del Miembro Guavaquil . Coord: 110.1 - 9.2.



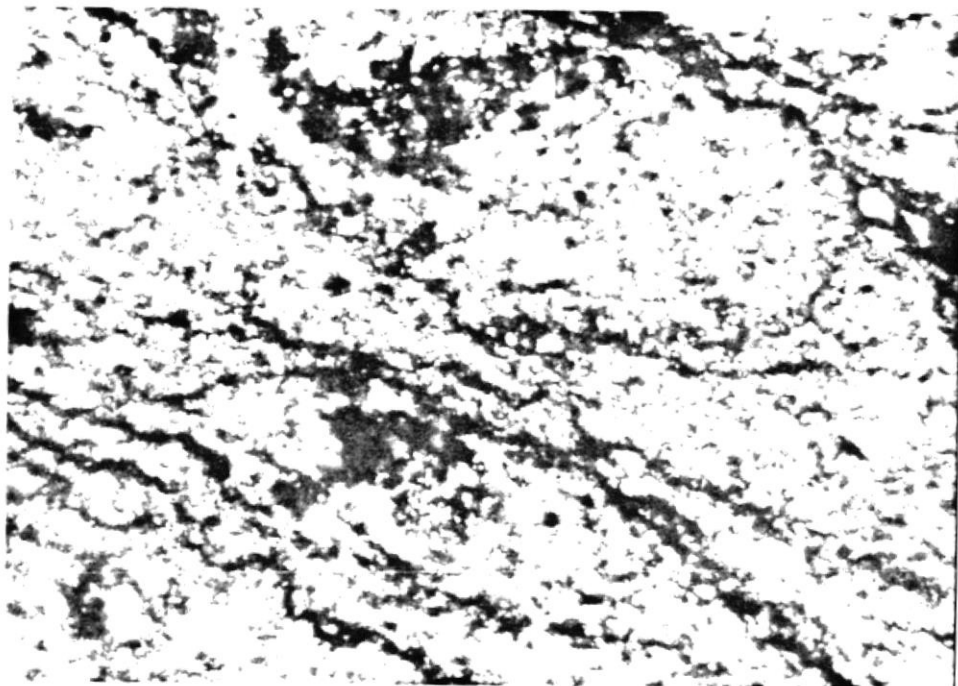
Fotografía 14. Lámina delgada 4002. Aumento 63 x: nicoles X. Radiolario silicificado presente en una lutita obsèrvese también la fractura rellena de calcita. Miembro Guayaquil. Coordenadas 121.5 - 20.7.



Fotoografía 15. Lámina deloadada. Aumento 53 X; nicoles X.
Lutitas del Miembro Guavaquil. obsérvese la matriz en
partes calcitizada. Coord: 115.5 - 11.2.



BIBLIOTECA



Fotoorafia 16. Lámina Deloadada 3597. Aumento 63 X. nicoles X. Roca casi en su totalidad silicificada (chert) del Miembro Guavaquil. Coord: 104.5 - 5.7.



Hans (haiman (1947), en el informe sobre "La paleontología del Cretáceo Superior y Paleoceno en el Occidente Ecuatoriano", manifiesta que para el Miembro Cavo S.S. la edad de los foraminíferos y radiolarios encontrados indican una edad Senoniana: al Miembro Guavaquil que el investigador denomina Formación Guavaquil, le asigna una edad Maestrichtiana. Sigal (1968) y Keher et al (1971) han sugerido que la edad de la Formación Guavaquil podría llegar hasta el Daniano (Paleoceno Interior), por la presencia de pequeñas globioerinas vistas en láminas delgadas.

La Formación Cavo ha sido datada por Bristow (1976), asignándole a la base una edad Turoniana o más probablemente Cenomaniana y al tope una edad Maestrichtiense, en base a foraminíferos y correlaciones litoestratigráficas con formaciones del norte del Perú(13).

Hofherr G. (1980), al describir una variedad de inoceramus que proviene de estratos de edad comprobada Cretácico Superior, desiona una edad del Campaniano inferior, para la parte media de la Formación Cavo.

Con la finalidad de obtener la edad de la Formación Cavo se analizaron micropaleontológicamente 26 muestras distribuidas de la siguiente forma: Cerro Grande 7, Cerro Redondo 5, Cerro Mexicano 4, Cerro Cuatro 6 y

Cerro Tres 4: las cuales se encuentran ubicadas en las columnas estratigráficas levantadas (Figs 13-20). La lista de muestras con su análisis respectivo se adjuntan en el anexo B de este trabajo.

La metodología empleada para el análisis micropaleontológico fue la siguiente: primeramente se disociaron las muestras, algunas de las cuales resultaron bien desmenuzables y fue necesario sólo agua para su disociación. Si la muestra resultaba dura se utilizó sulfato de sodio anhidrico. Luego se lavó y tamizó a través de las mallas ASTM # 50, 230, 270. Una vez secas las muestras se extrajeron los ejemplares de microfósiles para su respectiva identificación, la misma que fue realizada por la Geol. Martha Ordóñez.

Las muestras recolectadas dentro del Miembro Cavo S.S. resultaron estériles. En las muestras pertenecientes al Miembro Guavaquil las dataciones más significativas fueron hechas en las muestras: 3596 (Cerro Redondo, coordenadas 623980-9760315) y en la muestra 4003 (Cerro Cuatro, coordenadas 630775-9759580), en las cuales se encontró foraminíferos bentónicos datados con un rango de Cretáceo Superior en la primera muestra y Cretáceo Superior-Paleoceno en la segunda muestra.

El análisis de edad de las muestras tratadas establece

que las especies encontradas definen el Cretaceo Superior para el Miembro Guavaquil en el área estudiada. Sin embargo, en el análisis paleontológico efectuado por la Geóloga Martha Ordoñez, dentro del "Proyecto de Mapeo Geológico de la Formación Cayo en el área de Guavaquil" que se desarrolla en el Instituto de Investigaciones Avanzadas de la Universidad de Guavaquil, se ha encontrado el Paleoceno dentro del Miembro Guavaquil cerca del contacto con la Formación San Eduardo.

2.4 GEOLOGIA ESTRUCTURAL

2.4.1 Principales estructuras.

Fallas.- De conformidad con las observaciones de campo, se plantea la presencia de fallas normales que han provocado un desplazamiento del contacto entre los Miembro Cayo S.S. y Guavaquil (mapa 1), así como también una variación en la dirección del rumbo y buzamiento de los estratos en las proximidades de las zonas falladas. A estas fallas se les ha inferido una dirección entre 10° y 20° Az. y son las fallas más importantes que afectan a toda el área. Asociadas a estas fallas existen fallas de pequeña extensión

en cada uno de los cerros, cuya dirección promedio varia entre 70° v 95° Az. con desolazamientos no mayores de un metro v aberturas de hasta 10 cm.

Estratificación.- Se tomaron en toda el área un total de 130 medidas de estratificación resumidas en un gráfico de rosetas (Fig. 4), en el que se estima un rango de dirección promedio de 90° - 110° Az. Se estableció una media aritmética de 16° hacia el Sur en lo que respecta a los buzamientos medidos en toda el área. Adicionalmente se estructuró un gráfico de frecuencias de polos de la estratificación (Fig. 10), cuya interpretación establece que la dirección promedio es de 108° Az. con un buzamiento de 20° hacia el Sur. El gráfico nos indica además la dirección de una posible paleopendiente hacia 198° Az.

Diaclasas.- En cada uno de los cinco cerros estudiados se tomaron direcciones de diaclasas cuyos datos de medidas anotadas en forma azimutal, se agrupan en el anexo C. Diaoramas de rosetas que indican las direcciones preferenciales de los rumbos de diaclasamiento se estructuraron, pudiendo establecer la siguiente



BIBLIOTECA

interpretación:

En Cerro Grande se levantaron 124 diaclasas cuyos datos se agrupan en 3 direcciones principales: 10° - 20° . 70° - 80° . 120° - 130° Az.. (Tabla III. Fig. 5).

En Cerro Redondo el total de diaclasas medidas fueron de 100. Estableciendo direcciones preferenciales de 40° - 70° . 110° - 140° . 0° - 20° Az.. (Tabla IV. Fig. 6).

En Cerro Mexicano se midieron 154 diaclasas de direcciones Azimutales principales: 140° - 150° . 130° - 140° . 40° - 50° Az.. (Tabla V. Fig 7).

En Cerro Cuatro se tomaron 69 datos de diaclasas agrupadas en las direcciones preferenciales 140° - 150° Az. y en menor frecuencia 80° - 110° Az.. (Tabla VI. Fig 8).

En Cerro Tres o Las Cabras el total de medidas fueron de 185 estableciendose las siguientes direcciones principales: 170° - 180° . 140° - 150° . 70° - 80° Az.. (Tabla VII. Fig 9)

Utilizando la red estereográfica se graficó el

total de 630 diaclasas, con la finalidad de obtener un diaorama de frecuencia de polos (Fig. 11) que pueda dar criterios unificados de la posición de las diaclasas. Interpretando dicho diaorama se observa dos posiciones dominantes de diaclasas: $144^{\circ}/70^{\circ}$ NE y $176^{\circ}/80^{\circ}$ SO.

La litología controla la continuidad y frecuencia de los planos de diaclasamiento, así como su forma y rugosidad. Una descripción de las características de las diaclasas respecto a las rocas que cortan se da a continuación: las rocas que se encuentran altamente diaclasadas con fracturas planas y lisas son las lutitas silíceas del Miembro Guavaquil, las menos diaclasadas con superficies onduladas, semiplanas y rugosas son las rocas de grano grueso del Miembro Cavo S.S.

Pliegues. - La presencia de plegamientos intraformacionales en ciertos niveles de la Formación Cavo, se los ha explicado por el mecanismo de deslizamiento que afecta a las unidades de la Cuenca Progreso así como al borde sur de la Cordillera Chonoón Colonche (21).

Los pliegues encontrados en el área de estudio

tales como en el Cerro Mexicano (Fotografía 18), Cerro Cuatro (Fotografías 17 y 20), Cerro Tres o Las Cabras (Fotografía 19), se podrían clasificar como subisoclinales, isópacos, asimétricos. Ocasionalmente se encuentran truncados (Fotografía 17) por superficies de deslizamiento, fenómeno común en los siemplos. En el campo se midieron la dirección de los flancos de los pliegues, para por medio de la red estereográfica deducir la dirección de los ejes (anexo C). El promedio de las direcciones obtenido fue de 56° Az. lo que indica una paleosuperficie de deslizamiento de dirección 146° Az.

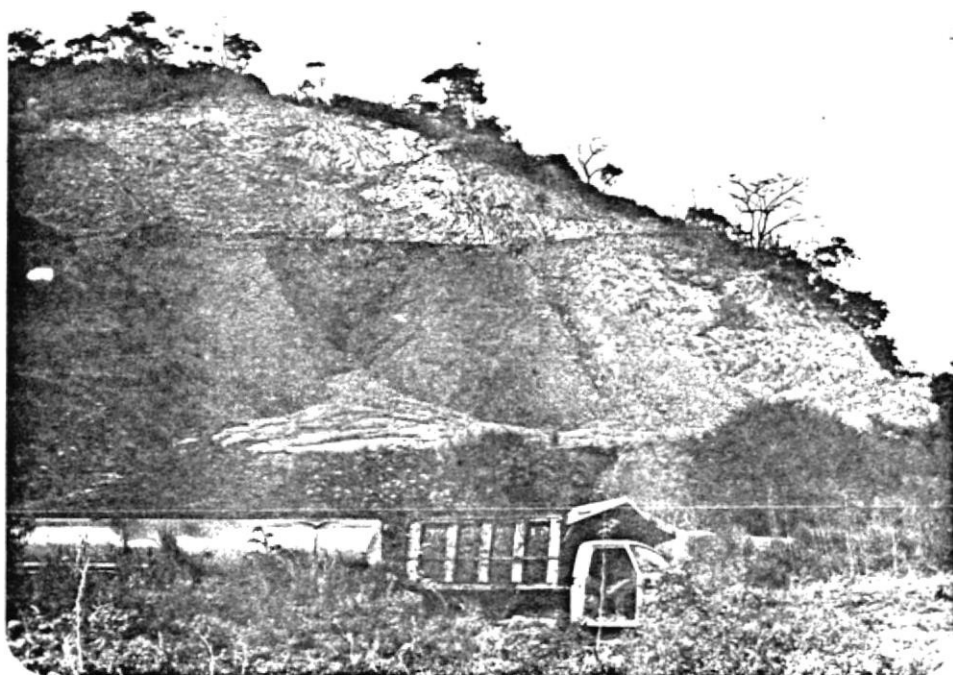
En sedimentos blandos se pueden formar pliegues debido a deslizamientos por pendientes suaves. El eje de los pliegues resulta perpendicular a la dirección en la cual se deslizan los sedimentos: los planos axiales de los pliegues se inclinan en la dirección desde la cual viene el deslizamiento; en algunos casos es posible que, en el momento de la deformación la capa perturbada estuviera cubierta por sedimentos más jóvenes, aunque ninguno de los estratos esté consolidado en ese momento, algunos son más competentes que otros: los sedimentos subvacantes que pueden ser más competentes se desli-



BIBLIOTECA

NO

SE



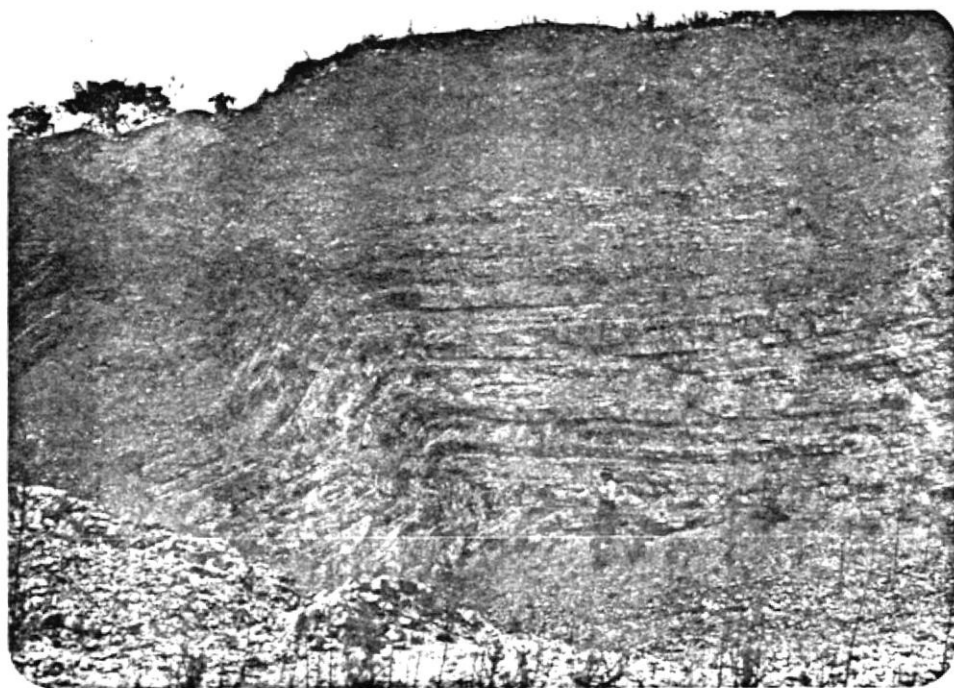
Fotografía 17. Plieques en el Cerro Cuatro. Obsérvese el alto ángulo de buzamiento de las capas y los plegamientos por deslizamientos (slump), que están sobre estratos no deformados. Coord: 630760-9759500



BIBLIOTECA

NO

SE



Fotografía 18. Plieques producidos por deslizamientos dentro del Miembro Guavaquil. Dirección del eje del pliegue 62° Az. Localidad Cerro Mexicano. Coord: 632350 - 9759650.



BIBLIOTECA

NO

SE



Fotografía 19. Pliegues de deslizamiento (slumo) en el Miembro Guavaquil. Dirección de los pliegues 230° Az. Localidad Cerro Tres o Las Cabras. Coord: 627870 -9759760

E

0



Fotografía 20. Pliegues de deslizamiento (slump) presentes en Cerro Cuatro. Dirección promedio de los ejes de los pliegues 56° Az. Coord. 631150-9759810

zan sin deformaciones. produciéndose plegamientos en las capas incompetentes de manera similar al mecanismo establecido en los pliegues de arrastre.

En otros casos los estratos se deslizaron cuando estaban en el tope y cubiertos solamente por agua. Después que los estratos fueron deformados una erosión subacuática moderada truncó los pliegues. De investigaciones de los slump se ha llegado a establecer que en algunas áreas, las capas deformadas pueden tener solamente de 0.3 a 4.5 m. de espesor, en otros lugares la potencia puede alcanzar muchas decenas de metros (24).

Estos pliegues se ponen de manifiesto en series rítmicas alternantes de lutitas-areniscas, en las que los niveles tienen distinta coherencia. Esta estructura consiste en un conjunto de materiales plegados, y en muchos casos fracturados, intercalados entre estratos horizontales oriariamente, que cortan las partes superiores de los pliegues. El espesor de los niveles plegados es variable, desde decímetros a varias decenas de metros (8).

La génesis de estas estructuras ha sido estudia-

da en base a interpretaciones de fenómenos actuales o recientes. La pendiente necesaria para que se produzca el deslizamiento del conjunto de estratos es variable según la intensidad del fenómeno que haya iniciado este movimiento. El inicio del deslizamiento es una sacudida sísmica, que a su vez produce una licuefacción espontánea de los materiales. Una vez iniciado el deslizamiento, las capas tienden a plegarse y fracturarse con geometrías que indican claramente el sentido del deslizamiento, y por lo tanto de la pendiente.

Si se considera que las rocas involucradas se encuentran afectadas sólo por diaónesis y silificación marcadas, sin encontrarse pruebas de ningún tipo de metamorfismo, se concluye que pertenece a una región de deformación relativamente somera correspondiendo por lo tanto a un nivel estructural "superior" o "medio" como máximo (17).

Todas estas consideraciones, así como también el hecho de que las rocas se pliegan sobre sí mismo, debido a la acción de la gravedad permite concluir que el origen del plegamiento de ciertos niveles en la Formación Cavo no es tectónico

sino de oravedad debido al deslizamiento de unas capas sobre otras a niveles subacuáticos, en una cuenca de depósito donde los sedimentos no habían alcanzado un grado significativo de diazónesis, teniendo un comportamiento análogo al de un líquido muy viscoso.

2.4.2 Análisis Estadísticos

ESTRATIFICACION

TOTAL DE MEDIDAS (EN TODOS LOS CERROS)

CLASE	FRECUENCIA	PORCENTAJE (%)
61 - 70	13	10.0
71 - 80	12	2.2
81 - 90	12	9.2
91 - 100	31	23.9
101 - 110	30	23.1
111 - 120	20	15.4
121 - 130	8	6.2
131 - 140	1	0.7
141 - 150	3	2.3

Tabla II. Tabulación de datos de estratificación.



BIBLIOTECA

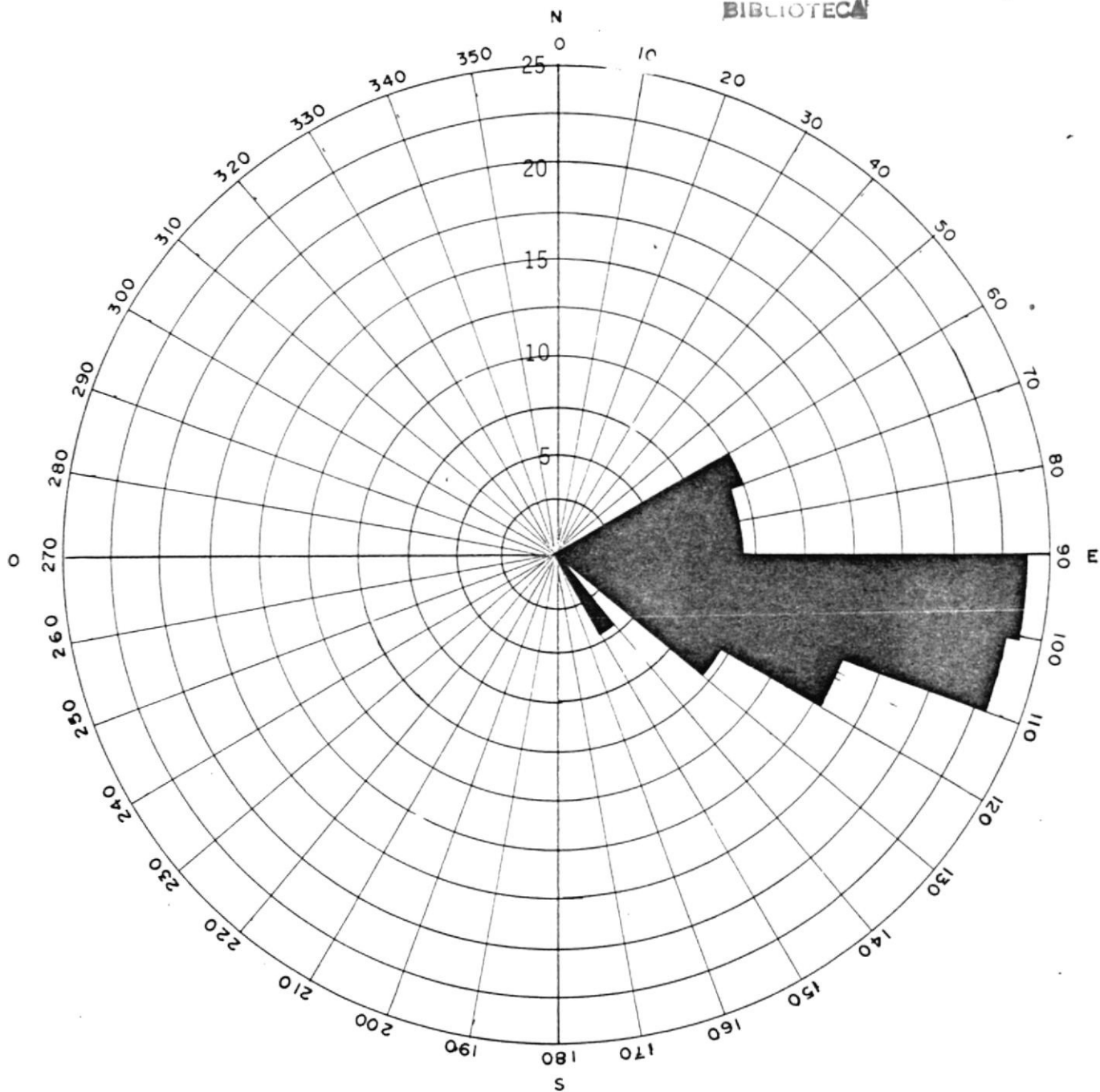


Fig. 4 Rumbos preferenciales de estratificación (130 medidas); medidos en todos los cerros. Los rumbos predominantes están entre 90 - 110° Az.

DIACLASAS

TOTAL DE MEDIDAS: 124

CLASE	FRECUENCIA	FRECUENCIA EN %
1 - 10	8	6.5
11 - 20	12	9.7
21 - 30	8	6.5
31 - 40	5	4.0
41 - 50	6	4.8
51 - 60	6	4.8
61 - 70	8	6.5
71 - 80	11	8.9
81 - 90	6	4.8
91 -100	2	1.6
101-110	2	1.6
111-120	4	3.3
121-130	11	8.9
131-140	10	8.0
141-150	5	4.0
151-160	8	6.5
161-170	5	4.0
171-180	6	4.8

Tabla III. Tabulación de datos de diaclasas. Cerro Grande.

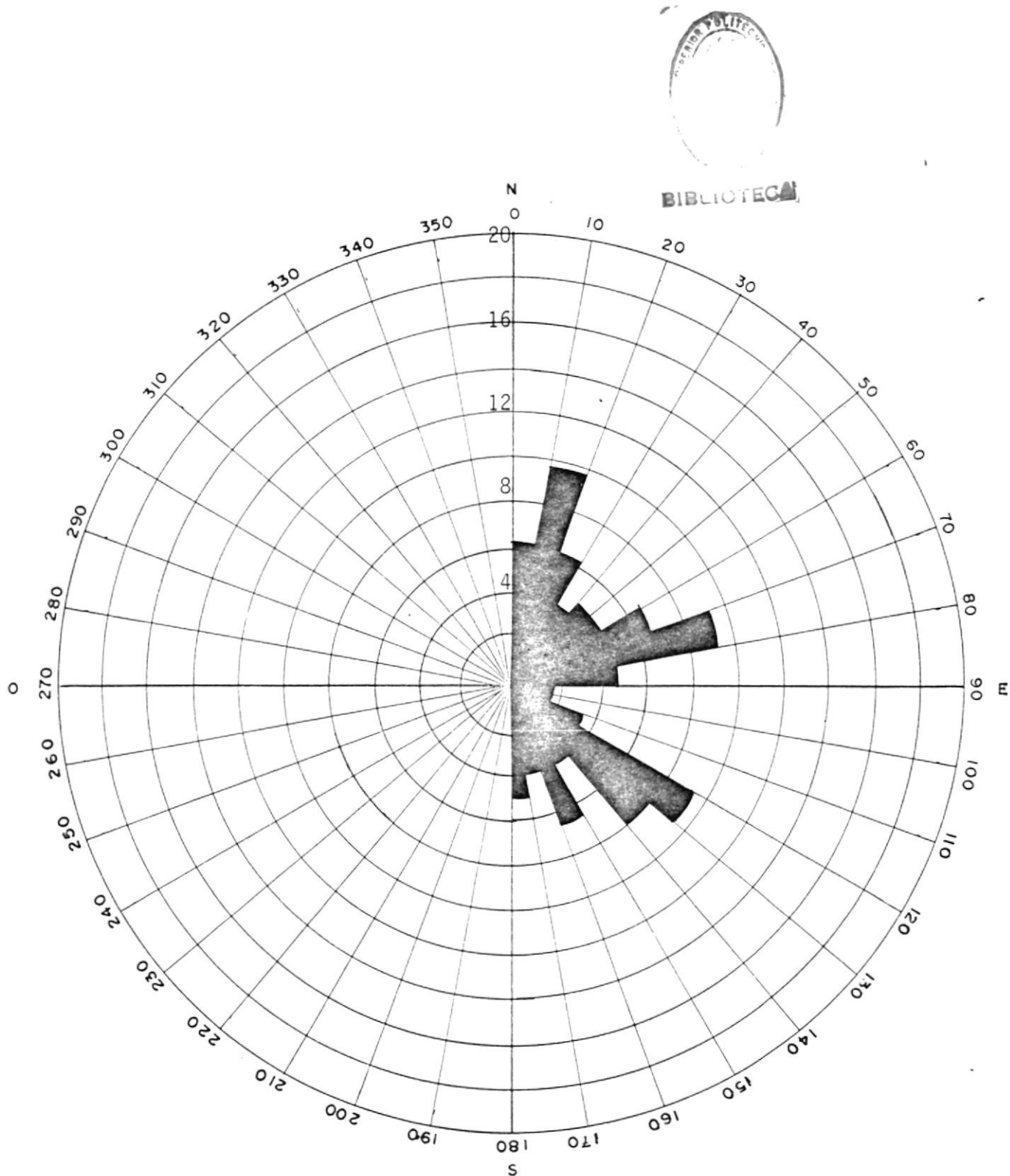


Fig. 5 Rumbos preferenciales de diaclasas (124 medidas) ocurrentes en diferentes afloramientos del Cerro Grande. Obsérvese 3 direcciones preferenciales: 10° - 20° Az., 70° - 80° Az. y 120° - 130° Az.

TOTAL DE MEDIDAS: 100

CLASE	FRECUENCIA	FRECUENCIA EN %
1 - 10	5	5.0
11 - 20	7	7.0
21 - 30	5	7.0
31 - 40	5	5.0
41 - 50	10	10.0
51 - 60	8	8.0
61 - 70	7	7.0
71 - 80	4	4.0
81 - 90	2	2.0
91 -100	1	1.0
101 -110	5	5.0
111 -120	8	8.0
121 -130	4	4.0
131 -140	8	8.0
141 -150	6	6.0
151 -160	3	3.0
161 -170	4	4.0
171 -180	6	6.0

Tabla IV. Datos de diaclasas. Cerro Redondo.



BIBLIOTECA

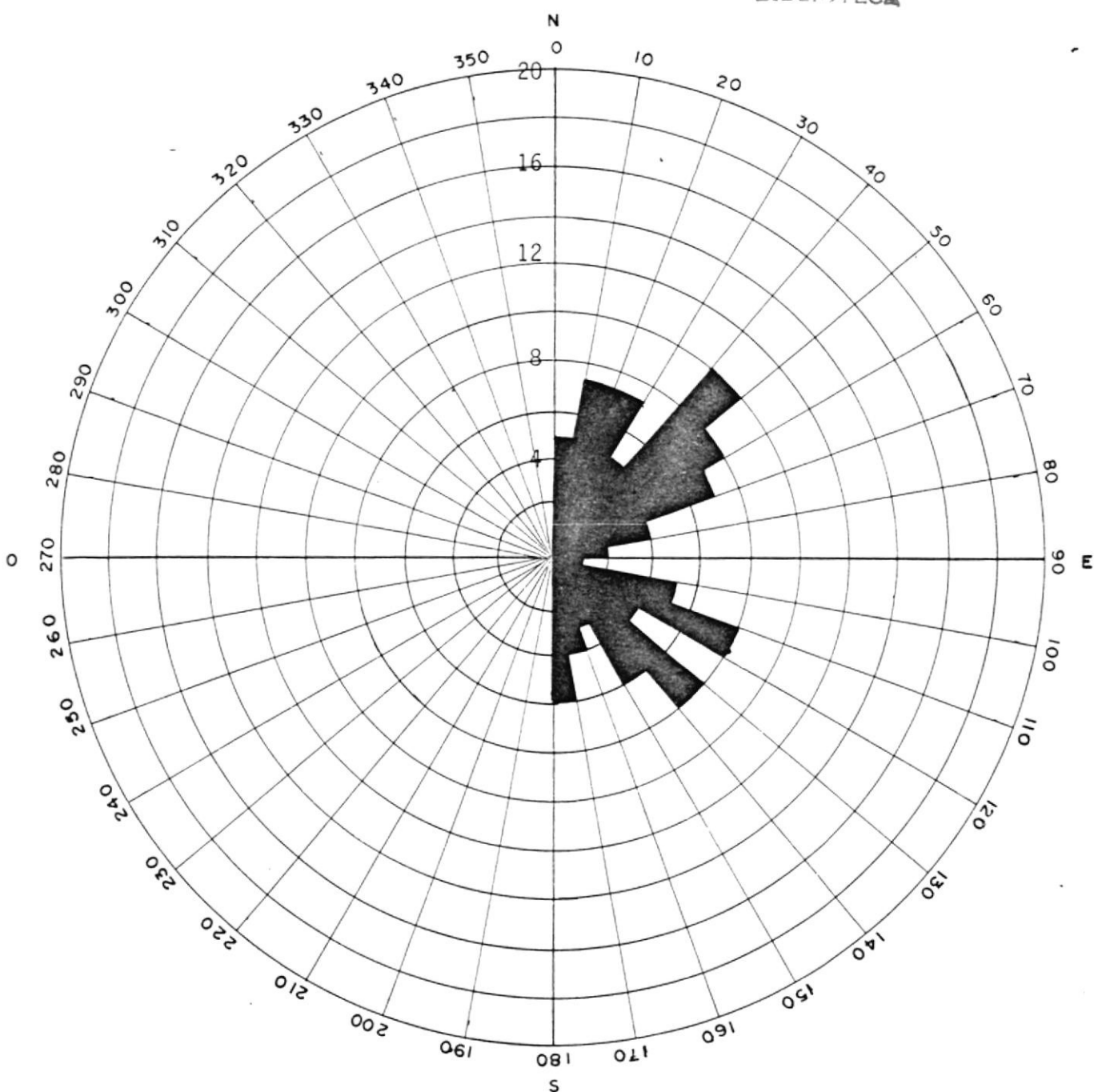


Fig. 6 Rumbos preferenciales de diaclasas (100 medidas); que ocurren en el Cerro Redondo. Se observan las siguientes direcciones principales: $40^{\circ} - 70^{\circ}$ Az., $110^{\circ} - 140^{\circ}$, $0^{\circ} - 20^{\circ}$ Az.

TOTAL DE MEDIDAS: 154

CLASE	FRECUENCIA	FRECUENCIA EN %
1 - 10	3	1.9
11 - 20	5	3.2
21 - 30	3	1.9
31 - 40	11	7.1
41 - 50	17	11.0
51 - 60	12	7.8
61 - 70	3	1.9
71 - 80	6	3.9
81 - 90	2	1.3
91 - 100	2	1.3
101 - 110	1	0.6
111 - 120	1	0.6
121 - 130	9	5.8
131 - 140	21	13.6
141 - 150	24	15.6
151 - 160	15	9.7
161 - 170	12	7.8
171 - 180	7	4.5

Tabla V. Datos de diaclasas. Cerro Mexicano.

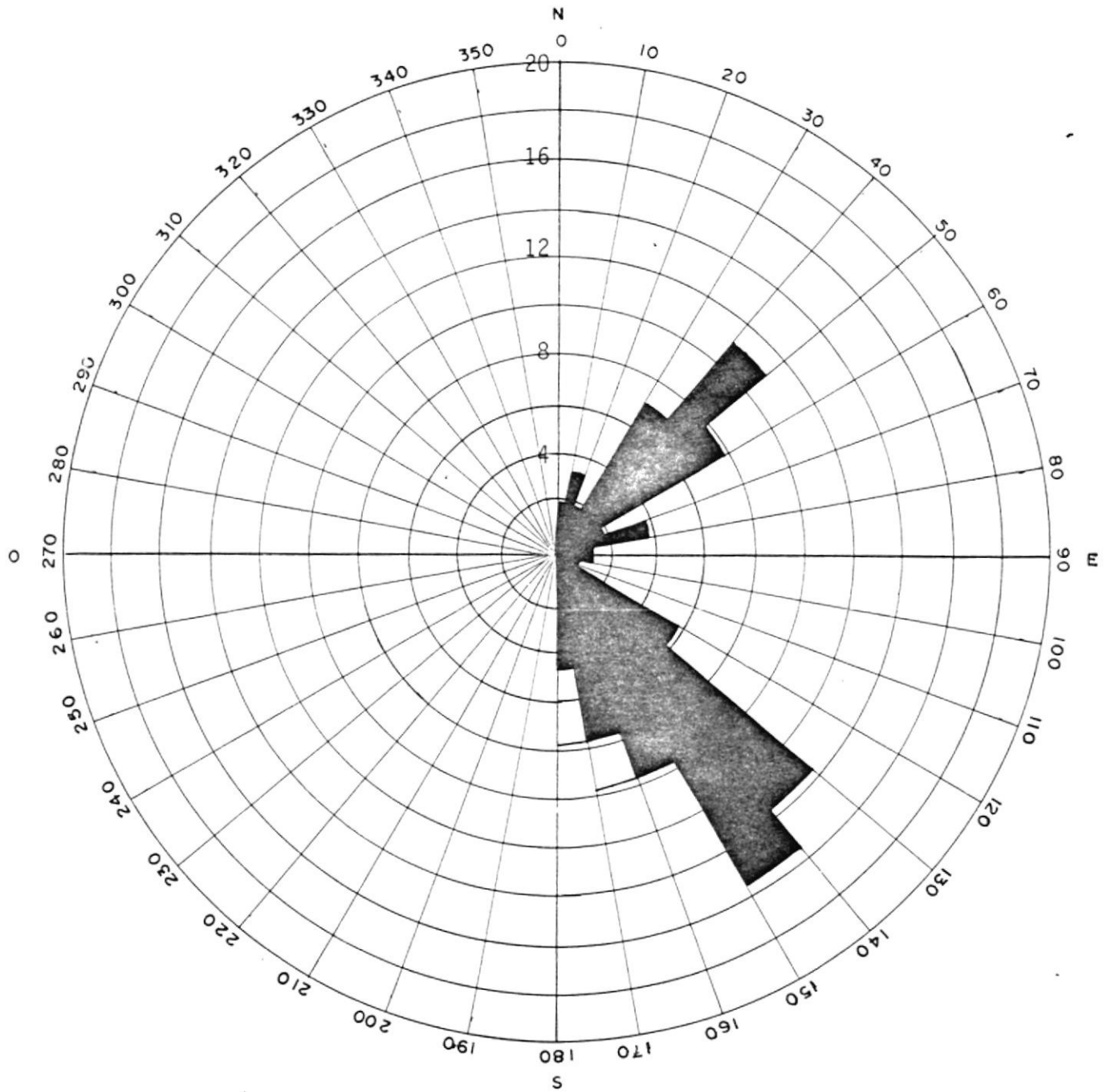


Fig. 7 Rumbos preferenciales de diaclasas; 154 medidas tomadas en los afloramientos del Cerro Mexicano. Se distinguen las siguientes direcciones dominantes: $140^{\circ} - 150^{\circ}$, $130^{\circ} - 140^{\circ}$, $40^{\circ} - 50^{\circ}$ Az.

TOTAL DE MEDIDAS 69

CLASE	FRECUENCIA	FRECUENCIA EN %
1 - 10	1	1.4
11 - 20	-	-
21 - 30	1	1.4
31 - 40	-	-
41 - 50	-	-
51 - 60	1	1.4
51 - 70	2	2.9
71 - 80	5	7.2
81 - 90	7	10.1
91 - 100	7	10.1
101 - 110	7	10.1
111 - 120	2	2.9
121 - 130	4	5.8
131 - 140	1	1.4
141 - 150	12	17.4
151 - 160	10	14.5
161 - 170	7	10.1
171 - 180	2	2.9

Tabla VI. Datos de diaclasas. Cerro Cuatro.

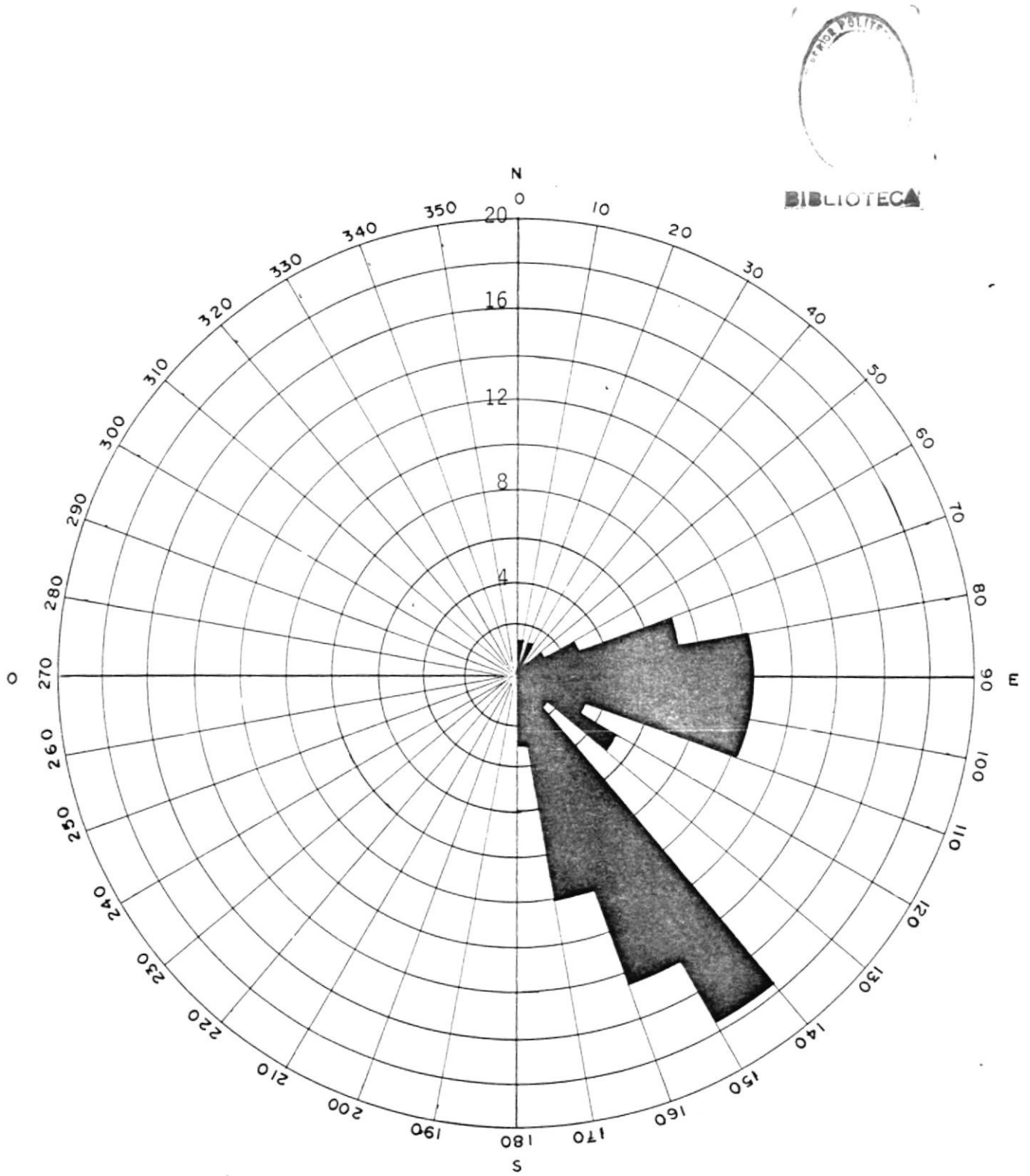


Fig. 8 Rumbos preferenciales de diaclasas; 69 medidas tomadas en los afloramientos del cerro Cuatro. Obsérvese las siguientes direcciones - predominantes: 140° - 160° y 90° - 110° Az.

TOTAL DE MEDIDAS 184

CLASES	FRECUENCIA	FRECUENCIA EN %
1 - 10	10	5.4
11 - 20	8	4.3
21 - 30	5	2.7
31 - 40	10	5.4
41 - 50	-	-
51 - 60	5	2.7
61 - 70	13	7.0
71 - 80	16	8.6
81 - 90	8	4.3
91 -100	8	4.3
101 -110	5	2.7
111 -120	10	5.4
121 -130	11	5.9
131 -140	14	7.6
141 -150	21	11.4
151 -160	8	4.3
161 -170	11	5.9
171 -180	22	11.9

Tabla VII. Datos de diaclasas. Cerro Tres o Las Cabras.

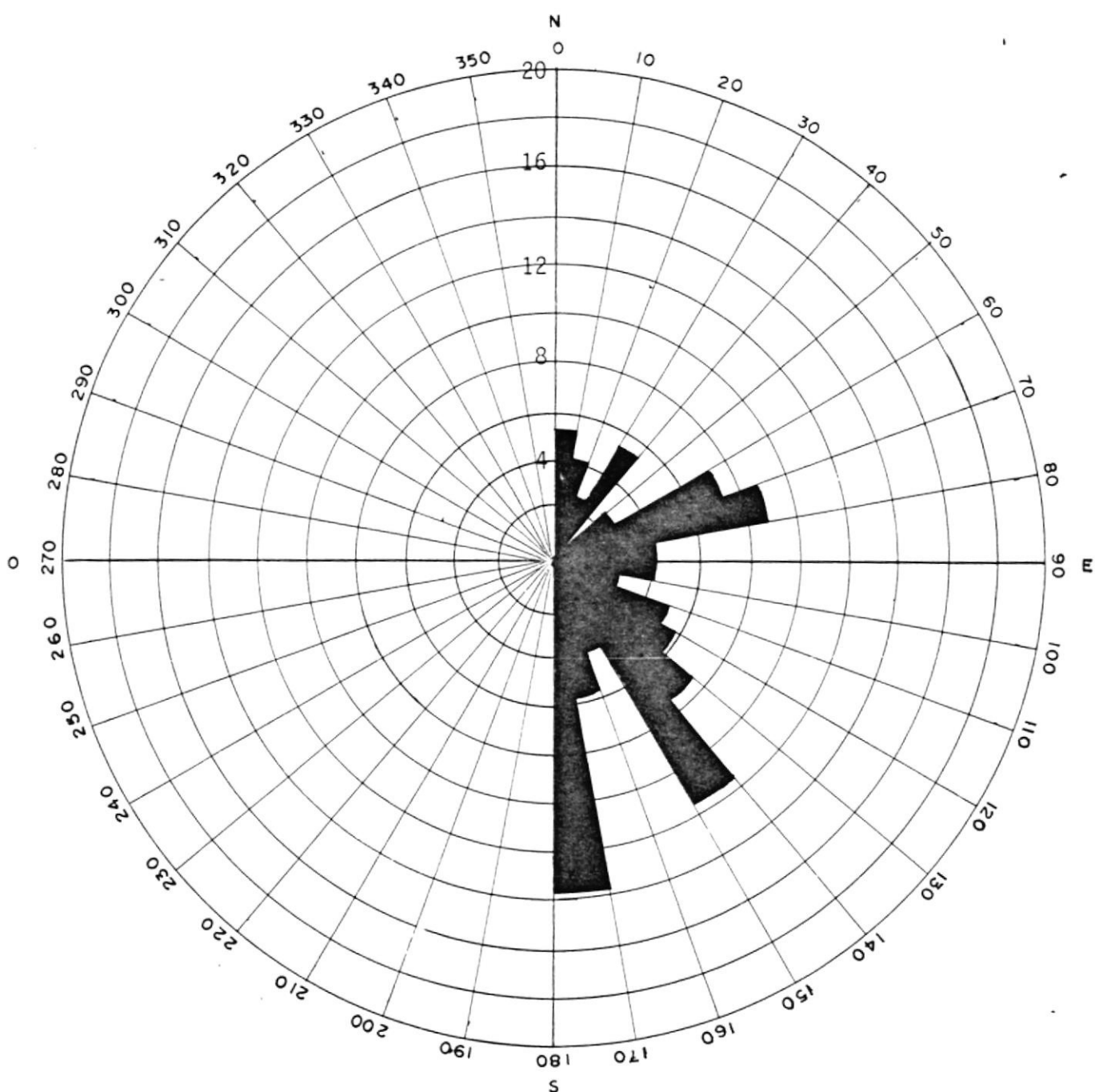


Fig. 9. Rumbos preferenciales de diaclasas ; 184 medidas tomadas en el cerro Tres o Las Cabras. Se observan las siguientes direcciones predominantes: 170° - 160° ; 140° - 150° ; 70° - 80° Az.



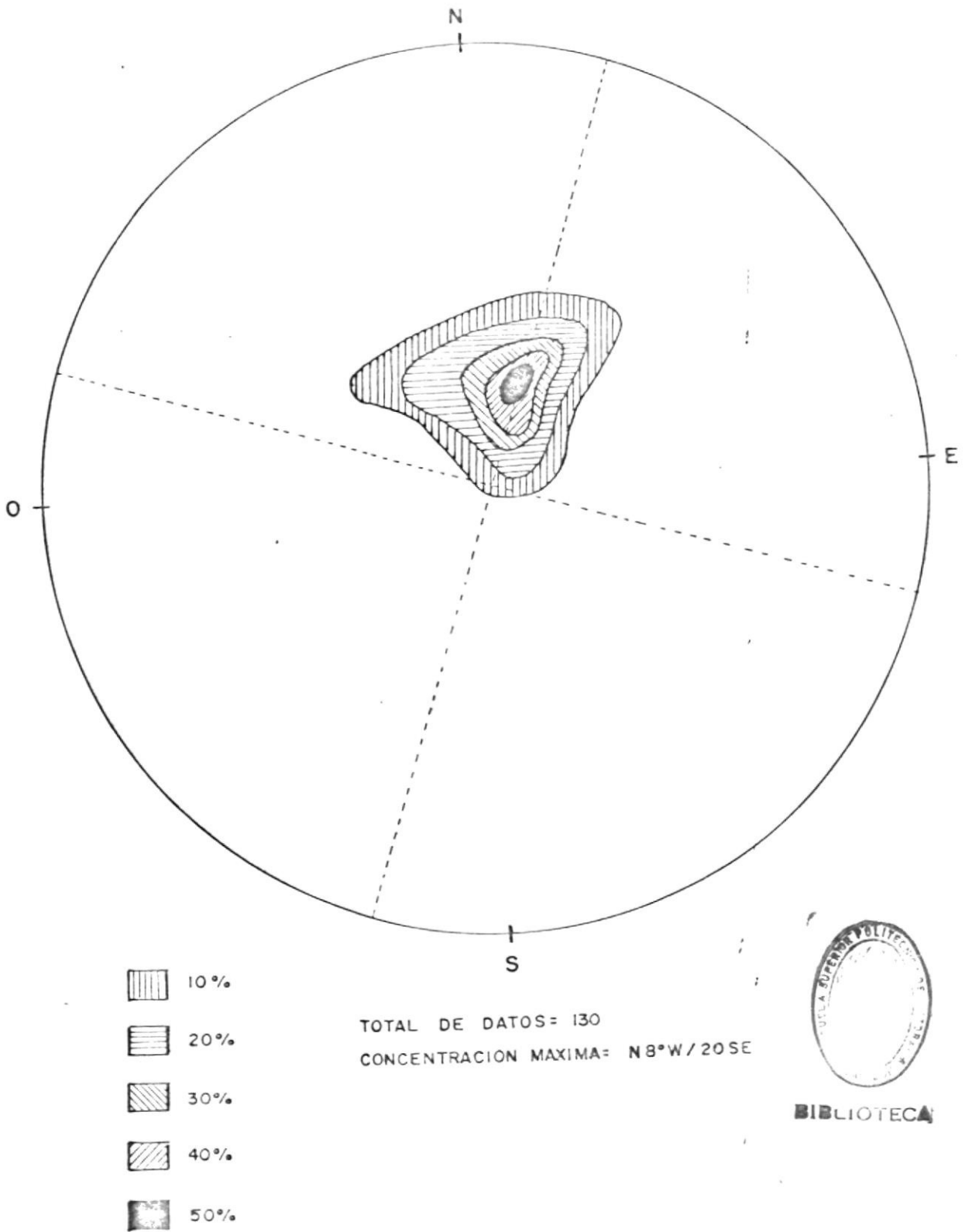
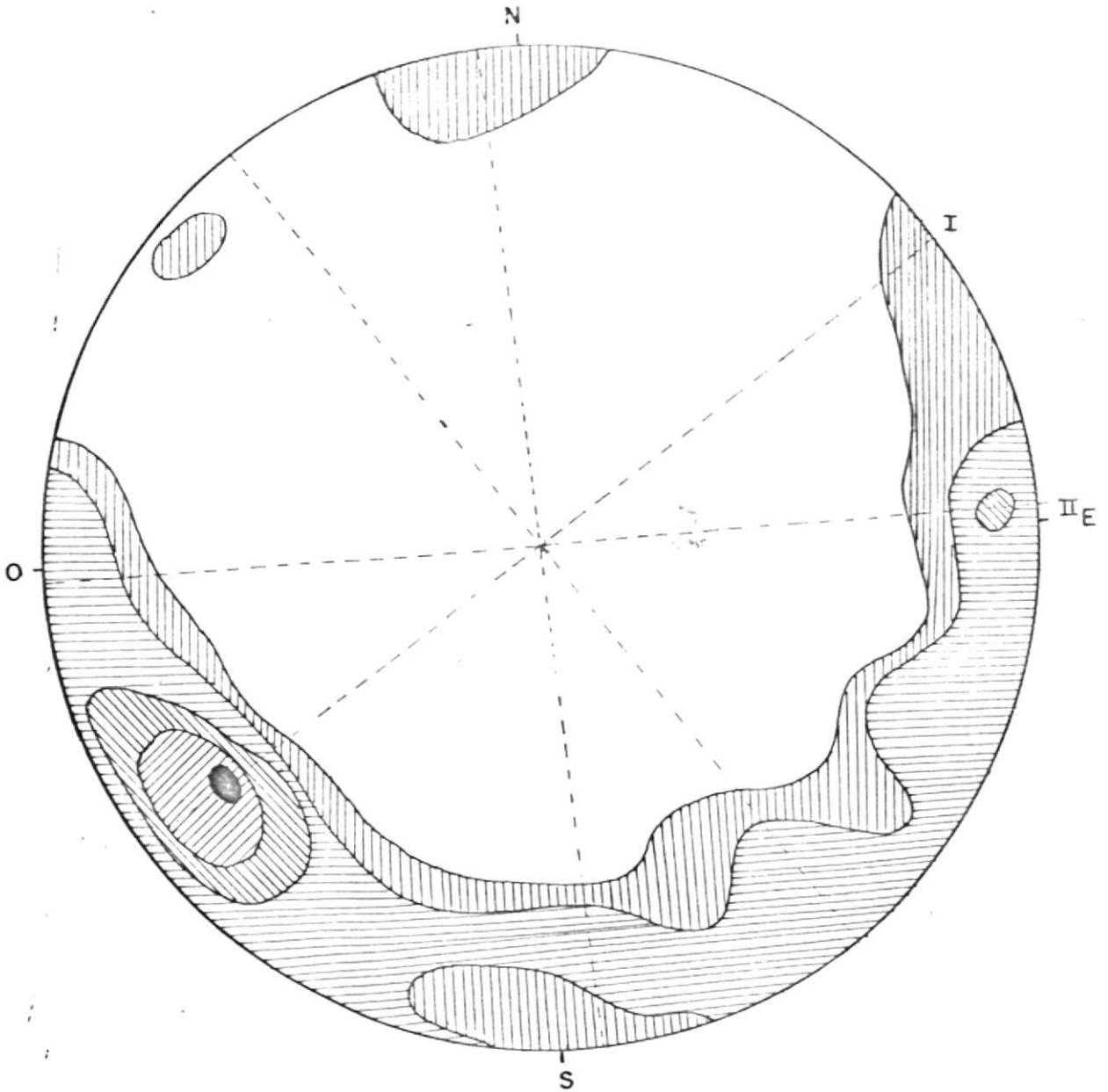







Fig. 10 GRAFICO DE FRECUENCIA DE POLOS DE DATOS DE ESTRATIFICACION



-  2%
-  4%
-  6%
-  8%
-  10%

TOTAL DE DATOS= 630
CONCENTRACIONES MAXIMAS= N144°/70NE
N176/80SW



Fig. II GRAFICO DE FRECUENCIA DE POLOS DE DATOS DE DIACLASAS

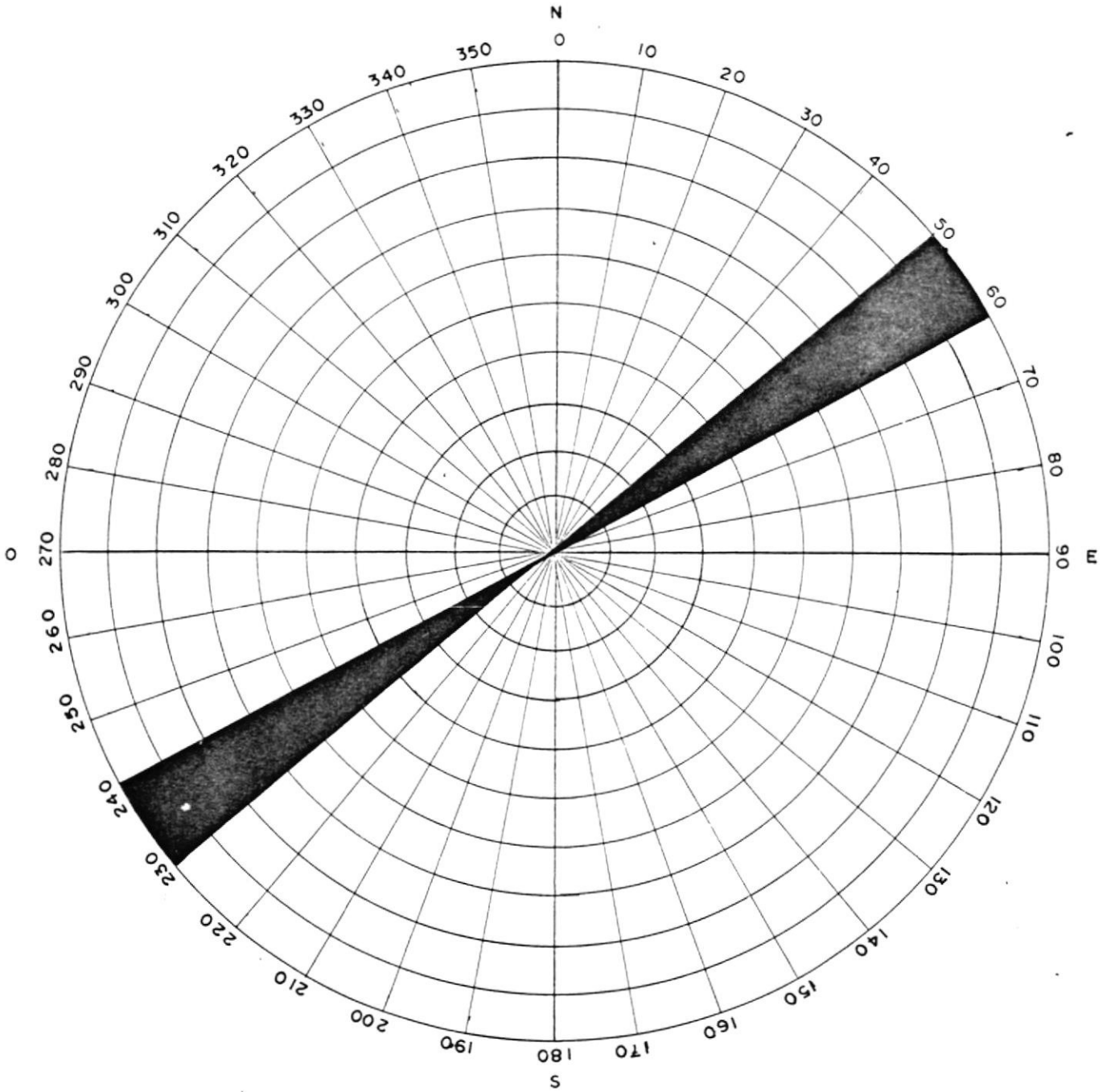


Fig. 12. Rumbos preferenciales de los ejes de los pliegues. Los ejes de los pliegues se encuentran graficados en el Anexo C. Rumbos dominantes entre 50° - 62° . Az.

2.5 ESTRATIGRAFIA

Existen muchos métodos de análisis de series estratigráficas. entre ellos: análisis por comparación análisis de sucesión y métodos cuantitativos de probabilidad.

Entre los diferentes métodos está el de análisis secuencial de Delfaud que ha sido escogido para realizar este trabajo.

2.5.1 Análisis Secuencial: Descripción e Interpretación de las secuencias.

El estudio secuencial empieza con la observación de las sucesiones litológicas que se presentan en el campo. estas sucesiones constituyen grupos de elementos resultantes de la superposición de varios fenómenos complejos: los cuales se deben ignorar en primera instancia con la finalidad de mantener un desarrollo objetivo. La observación sobre el terreno no necesita una técnica particular. un posterior análisis en el laboratorio completará y precisará la definición de los elementos retenidos.



En presencia de una serie sedimentaria se distinguen constituyentes litológicos desarrollados en dos niveles:

Nivel elemental de organización: Dentro de un estrato, los elementos se distribuyen en dos grupos:

- elementos minerales (cuarzo, calcáreos, piritita).
- restos orgánicos (fauna y flora).

Cada uno se caracteriza por su naturaleza, frecuencia y morfología. A este nivel los elementos están relacionados según reglas más o menos precisas, constituyendo un conjunto o facies que Lombard ha nombrado término litológico y que Delfaud lo denomina microfacies.

Segundo nivel de organización: Dentro de una segunda etapa se consideran agrupaciones con texturas más complejas: donde la regla de organización fundamental es la ordenamiento, algunas veces perturbado por fenómenos parásitos que engendran la mayor parte de las figuras sedimentarias. Esta sucesión de facies se llama "se-

cuencia elemental" que puede ser definida como una serie de términos litológicos (microfacies) caracterizados ya sea por una diferencia granulométrica o por cambios mineralógicos que se van sucediendo progresivamente y delimitados por discontinuidades. Pueden tener dos tipos de organización:

- simétricas: los términos se sucederán en el orden a,b,c,b,a; mostrando una figura cíclica que regresa al punto de partida.
- asimétricas: las secuencias conservan la misma polaridad y el término final difiere del inicial: a,b,c,a,b,c.

El primer esquema cíclico traduce una historia sin evolución. Este esquema es raro representa ciertas plataformas estables sin cambios climáticos. Constituyen el tipo ideal de ciclo sedimentario.

El segundo esquema es el más frecuente y corresponde a una traslación que resulta de una modificación de fenómenos genéticos.

Cada formación o cada tipo de sedimento tiene

independientemente de las teorías genéticas. en consideración únicamente del orden real de sucesión de las facies en la naturaleza y haciendo abstracción lo más posible de modificaciones diaogenéticas.

Los grupos de secuencias elementales se agrupan en unidades más y más vastas denominadas ritmos que pueden repetirse y que se enlazan mutuamente en estructuras de escalas crecientes: definiéndose así frecuencias de orden superior. En la tabla VIII se establece una clasificación escalonada de estos elementos en función de sus dimensiones propias y de las discontinuidades a las que ellas están subordinadas.

Del estudio secuencial de las sucesiones litológicas podemos establecer los siguientes considerandos:

Cerro Grande (Fig.13).- Se establecen secuencias que se inician en areniscas de grano medio pasando gradualmente a lutita; dentro de las areniscas ocasionalmente se encuentra clastos de lutita. Areniscas de grano fino a lutitas en secuencias decimétricas que se incrementan hacia el tope de la columna. A los 13 m. de la columna secuencias

ORDEN	NOMBRE	MATERIALIZACION	ESPESOR	DISCONTINUIDAD	UNIDAD BIOESTRATIGRAFICA
0	Secuencia Unidad	1 estrato	0.1-0.5 cm.	plano de estratificación	un estación? una marea?
1	Secuencia Elemental	1 o dos bancos	20 cm. 1 m.	Diastema	una hémera
2	Ritmo	Un miembro de una formación	2 - 20 m.	Superficie endurecida	Subzona
3	Ritmo de 2do. Orden	Una formación	30 - 150 m.	Paleozona de Condensación	1 a 3 zonas de amonites
4	Gran Ritmo	Un grupo de formaciones	200-600 m.	Discordancia cartográfica	1 a 5 edo - cas
5	Ritmo Mayor	Un ciclo sedimentario	1000-2000 m.	Discordancia anular menor	Un sistema
6	Mega-Ritmo	Un ciclo tectónico	2000-10000m.	Discordancia anular mayor	2 - 1 1/2 Eras

Tabla VIII. Escala de Secuencias y Ritmos. Tomada de J. Deltaud (9)

monòtonas de lutitas intercaladas con limolitas deleznales con laminación paralela a la estratificación, en capas decimétricas. El espesor total de las secuencias varía entre 0.15 y 2.2 m. en general estas secuencias son de granulometría decreciente.

Cerro Redondo (Figs.14 y 15).- En la base del afloramiento se presentan secuencias con gradación normal de areniscas y microbrechas bien laminadas a lutitas silicificadas decimétricas. Secuencias de lutitas silicificadas alternando con limolitas deleznales en capas decimétricas.

Cerro Mexicano.- Se presentan solamente secuencias de lutitas pedernalizadas intercaladas con limolitas deleznales, de espesores decimétricos.

Cerro Cuatro (Figs.16 y 17).- Se observan secuencias positivas de grano medio a lutitas, con espesores de hasta 1 m.; también secuencias decimétricas de lutitas alternando con limolitas deleznales.

Cerro Tres (Figs. 18, 19 y 20).- Se establecen secuencias desde brechas y microbrechas de gran

espesor hasta lutitas decimétricas. Se tienen estratos de brechas con grosera estratificación, poco gradadas, de espesores de 1 a 9 m. Secuencias decimétricas de lutitas silicificadas intercaladas con areniscas de grano fino y limolitas deleznales.

Las secuencias anteriormente descritas se agrupan en dos ritmos de depositación. El primero caracterizado por varias secuencias con una evolución general de tendencia positiva desde brechas y areniscas brechosas hasta areniscas y lutitas separadas unas de otras por diastemas (superficies erosivas elementales); por lo tanto, estas secuencias presentan una relación de conformidad (evolución positiva) con el ritmo; es de anotar una disminución progresiva del espesor de las secuencias y del diámetro de los clastos de los estratos brechosos; este primer ritmo indica una gran actividad volcánica que se evidencia en los componentes de las rocas propios de volcanes de magma básico. El segundo ritmo está constituido por secuencias monótonas de lutitas con intercalaciones de capas decimétricas de limolitas deleznales sin tendencia alguna definida; este ritmo caracterizado por la presencia de material pelágico y hemipe-

lógico traduce una sedimentación calmada.

2.5.2 Cuerpos Sedimentarios

Los cuerpos sedimentarios encontrados, corresponden a los formados por flujos de sedimentos por gravedad llamados turbiditas. Son producidas por corrientes de sedimentos en suspensión que tienen mayor densidad que el agua y que descienden pendiente abajo debido a la acción de la componente tangencial de la gravedad. La característica estructural y textural de las turbiditas en las rocas es la conocida como secuencia de Bouma (Fig.21) que representa una granoclasificación general; en el piso tiene estructuras sedimentarias de corriente tales como de carga y bioturbación. Presenta secuencias de intervalos Ta (masiva, gradada); Tb (laminación paralela, plana); Tc (ondulitas, laminación ondulada o convolutas); Td (laminación paralela superior) y Te (depositación pelítica Tep v/o de baja densidad Tef).

Las turbiditas que poseen una secuencia completa son raras; lo más común es que falten términos dentro de esta asociación, esto se debe a la erosión por corrientes posteriores que barren

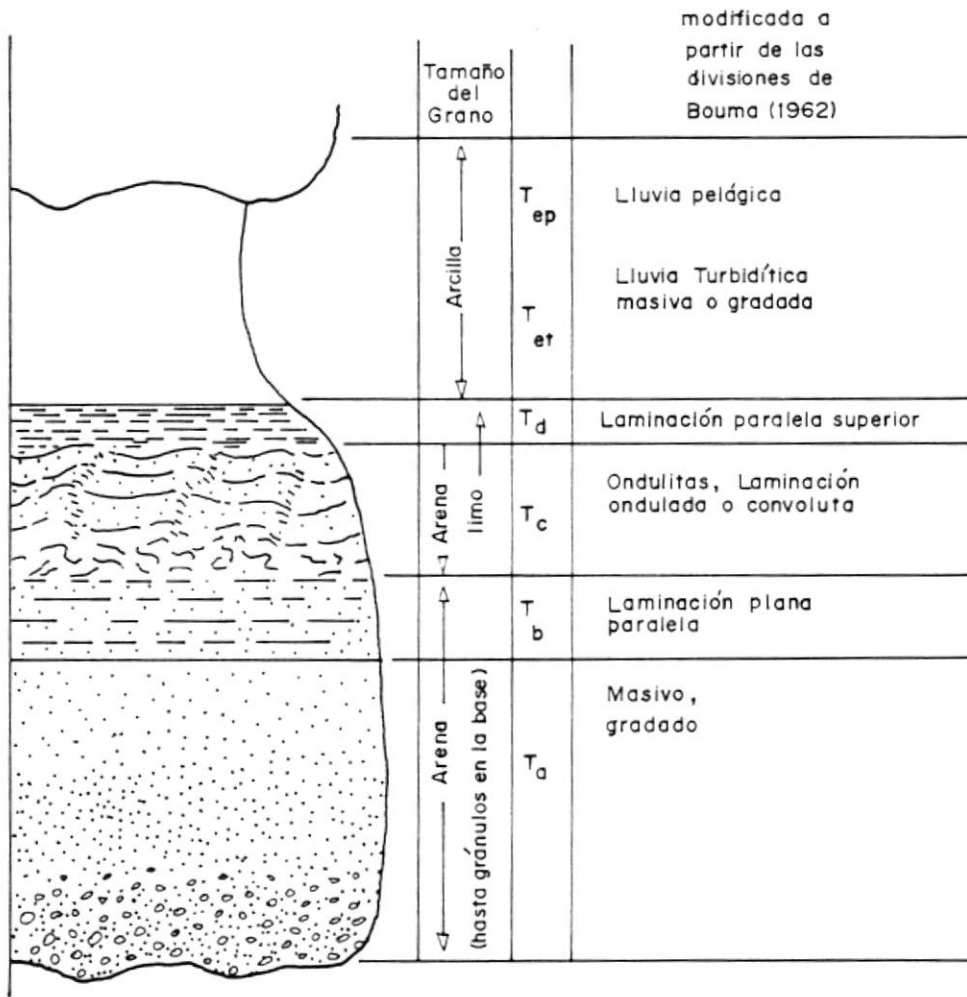


Fig. 21

Secuencia de Bouma completa T_a — e , tomada de D.G. Howell, W.R. Normark (1982), mostrando las subdivisiones del intervalo T_e .



BIBLIOTECA

los intervalos que faltan, o por que se producen dos corrientes sucesivas separadas por un lapso tan corto que no permitió la depositación de los materiales correspondientes.

Las secuencias turbidíticas en la zona estudiada presentan las siguientes características:

- Secuencias turbidíticas T_{bce} (fotografía 3) el espesor de la secuencia varia entre 0.40 y 0.50 m. de espesor.
- Secuencias T_{ab} , con intervalos T_a de espesores entre 0.30 y 0.40 m. y T_b , entre 0.1 y 0.2 m. (fotografía 25).
- Secuencias T_{abe} , con intervalos T_a de espesores de 0.3 a 2.0 m. y los intervalos T_e varían entre 0.2 y 0.5 m. (fotografía 22).
- Secuencias T_{be} con intervalos T_b de 0.2 a 0.5 m. y el espesor de T_e de 0.30 a 0.50 m. (Fotografías 23 y 24).
- Secuencias T_{ae} , con espesores de T_a de hasta 3 m. (brechas en el cerro Las Cabras. Fotografía 21).

NNO

SSE



Te

Ta

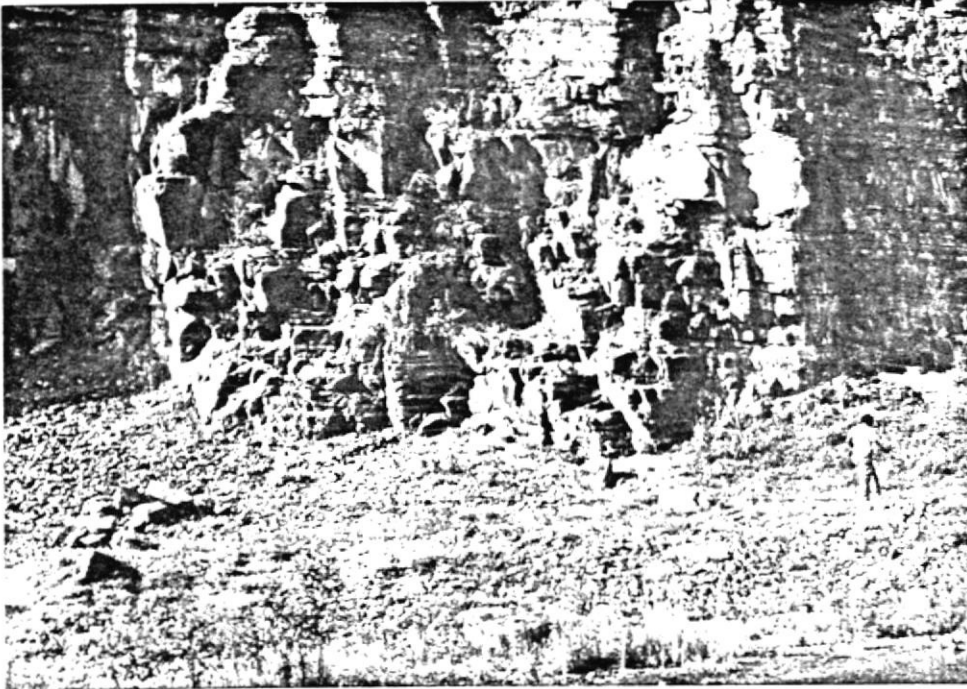
Fotografía 21. Secuencias turbidíticas Tae. los intervalos de Ta tienen espesores entre 0.5 y 3 m. de espesor. Facies A3. Dentro del Miembro Cavo S.S. Cerro Tres o Cerro Las Cabras. Coord: 627900-9760100



BIBLIOTECA

NOD

ESE

Tb,e
Ta

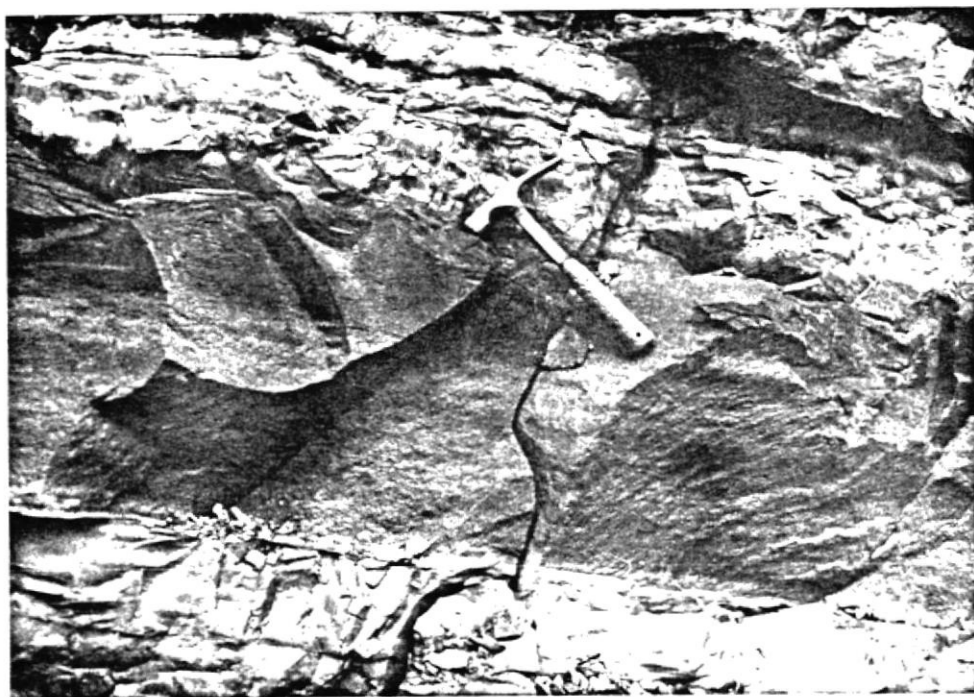
Fotografía 22. Secuencias turbidíticas Tabe. con los intervalos a entre 0.3 v 2 m., los Te entre 0.2 v 0.5 m. Facies C, B,E . Dentro del Miembro Cavo S.S. Cerro Tres. Coord. 629680-9759780



BIBLIOTECA

W

E



Te

Tb

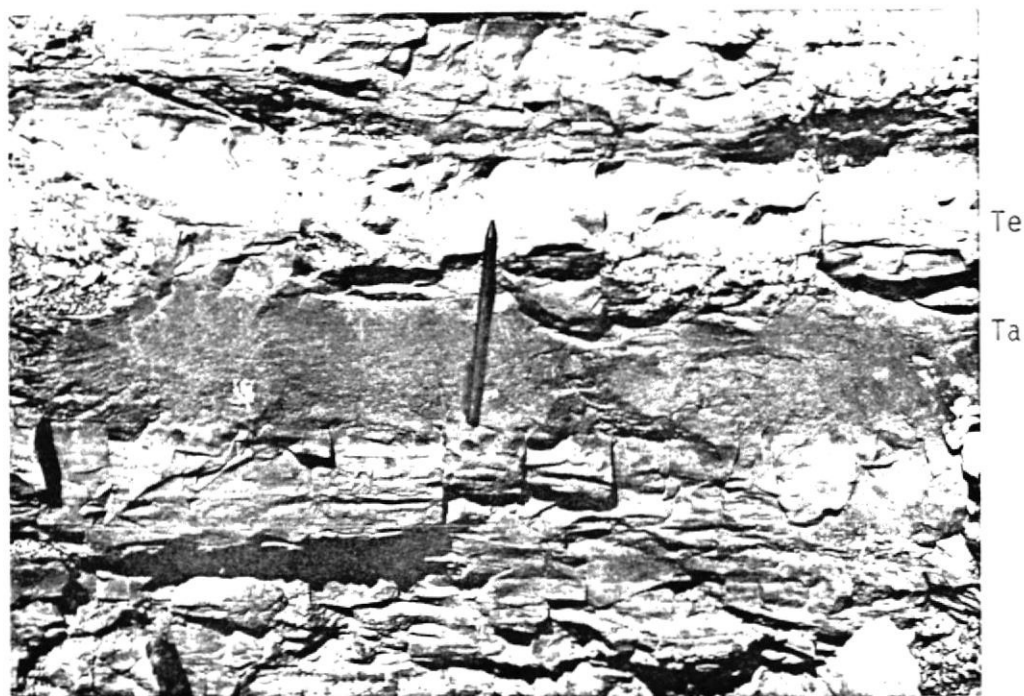
Fotografía 23. Secuencias turbidíticas Tbe. con espesores de Tb de 0.5 m. hasta los 0.7m. Pertenecientes a las Facies C. Dentro del Miembro Cavo S.S.; cerca del contacto con el Miembro Guayaquil. Cerro Tres o Las Cabras. Coord: 629820-9759750



BIBLIOTECA

SW

NE

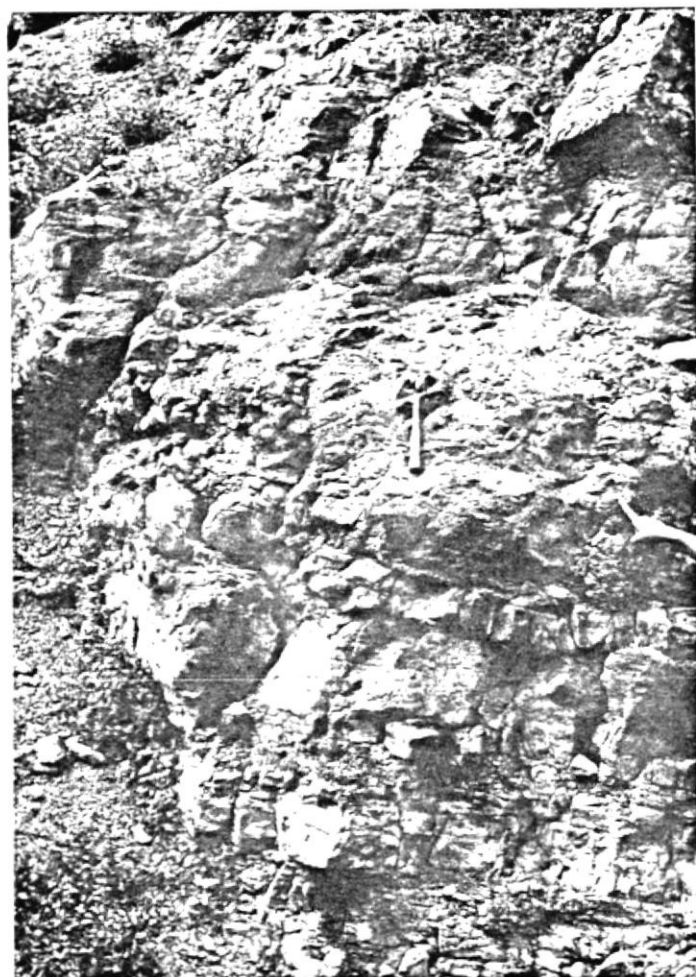


Fotografía 24. Secuencias turbidíticas Tae. con espesores de 0.2m. a 0.5m. Pertenecientes a las Facies D. La relación arenisca:arcilla es de 1:1. Dentro del Miembro Cayo S.S. Cerro Tres o Las Cabras. Coord: 629880 - 9759700



BIBLIOTECA

N00



ESE

Tb

To

Tb

Fotoografía 25. Secuencias turbidíticas Tab. Con el espesor de Ta de 0.3 a 0.4 m. y el espesor de Tb de 0.1 a 0.2 m. Facies D. Dentro del Miembro Cavo S.S. Cerro Grande. Coord: 634400-9760300

- Secuencias Tde con los intervalos Td del mismo espesor que Te (Fotografía 26).

2.5.3 Análisis de facies sedimentarias.

Los estratos con diferentes tipos de estructuras no se distribuyen al azar, sino que existe desde la parte más cercana al área fuente, a la parte más alejada, una sustitución o desaparición de estas estructuras: esto conlleva a agrupar las facies según sus características sedimentológicas: facies de pendiente, facies proximales y facies distales.

A las capas se las ha agrupado según el modelo de Mutti y Ricci Lucchi (1972), modificado por Walker y Mutti (1973) (Fig 22: que se describe a continuación.

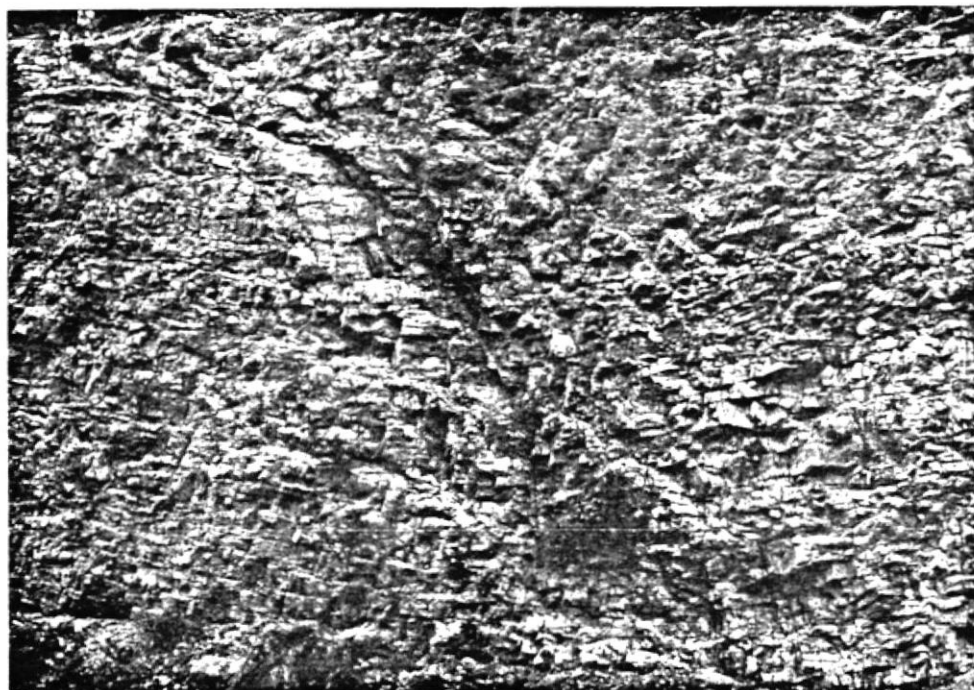
FACIES A

Caracterizados por capas potentes (1-10 m), de areniscas de grano grueso o congloméricas, con contactos irregulares. Se distinguen cuatro tipos de sub-facies:

A1: Conglomerados desorganizados: dominan los

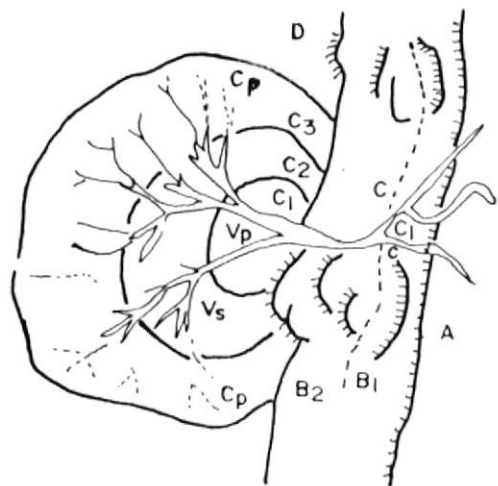
NNO

SSE



Fotografía 26. Secuencias turbidíticas Tde. Facies distales G de lutitas silíceas intercaladas con limolitas y areniscas de grano muy fino del Miembro Guayaquil. Cerro Cuatro. Coord: 627870 - 9759760



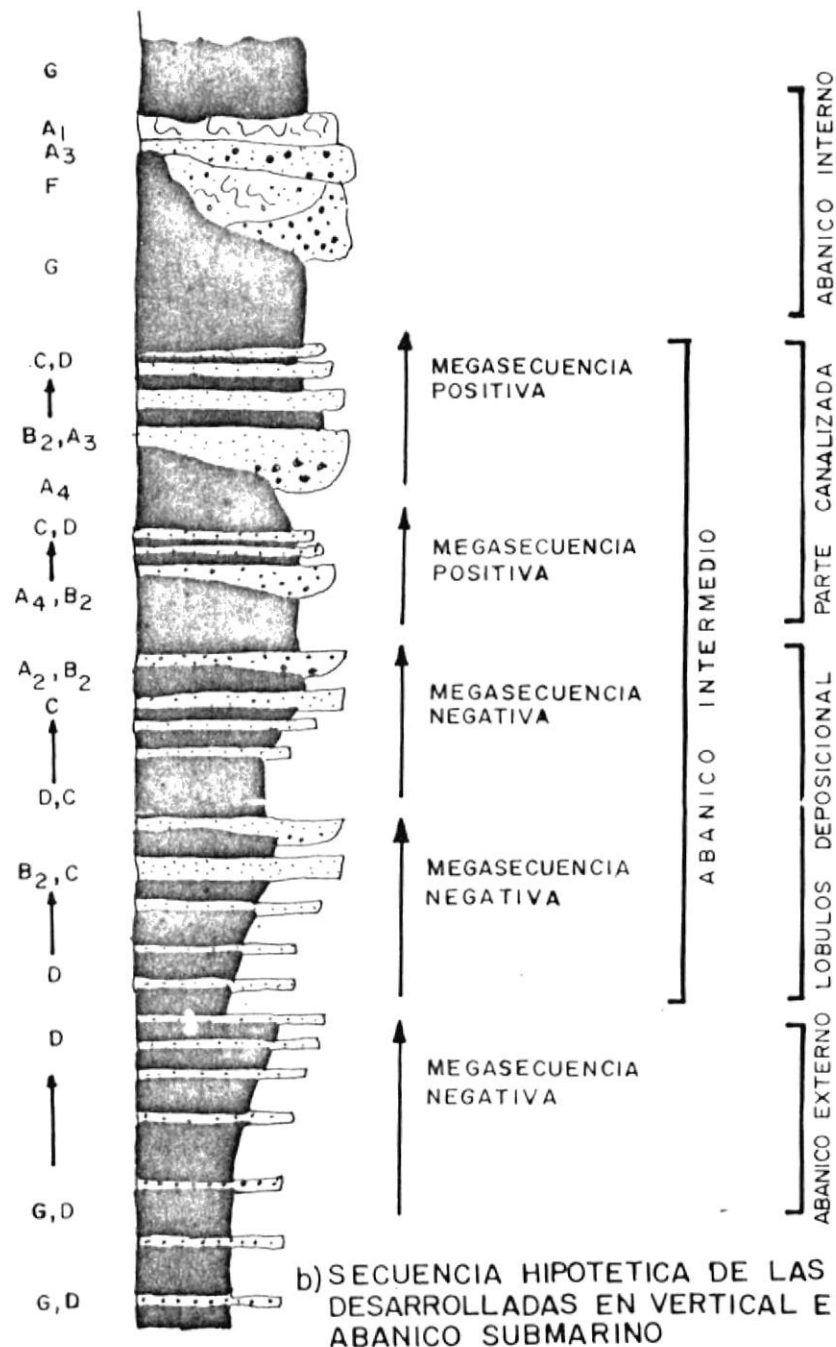


- | | | | |
|----------------|----------------------------|-----|---------------------|
| A | Zona de Plataforma | Vs | Valles secundarios |
| B ₁ | Zona de Talud superior | Cp | Canales perifericos |
| B ₂ | Zona de Talud inferior | Aiv | Areas entre valles |
| C ₁ | Zona de Abanico Interno | | |
| C ₂ | Zona de Abanico intermedio | | |
| C ₂ | Zona de Abanico externa | | |
| C ₃ | Zona de Llanura Submarina | | |
| C | Cañón | | |
| Vp | Valles principales | | |

a) SUBMEDIOS SEDIMENTARIOS EN UN ABANICO SUBMARINO

Fig.22 MODELO DEPOSICIONAL DE MUTTI & LUCCHI (1972)

Tomada de Corrales I (1977)



b) SECUENCIA HIPOTETICA DE LAS FACIES DESARROLLADAS EN VERTICAL EN UN ABANICO SUBMARINO

cantos sobre la matriz arenosa; no poseen estructura interna alguna; contactos irregulares y potencia entre uno y varios metros.

A2: Conglomerados Organizados: Dominan los cantos sobre la matriz arenosa; con estructura interna de los cantos; granoclasificación normal o inversa y una imperfecta estratificación; el espesor está entre algunos cm. a m.

A3: Areniscas conglomeráticas desorganizadas: areniscas de grano grueso a muy grueso que incluyen gránulos y cantos, raras veces presentan una incipiente granoclasificación, los estratos van de 0.5 a 5 y 10 m. de espesor, contactos irregulares; las arcillas son raras y cuando hay la relación con las areniscas es de 10:1.

A4: Areniscas conglomeráticas organizadas: granoclasificación normal, no se presenta la inversa, espesor de las capas entre 0.2 y 2 m.; son frecuentes estructuras de corriente; las arcillas son raras y poco potentes, la relación arenisca: arcilla es de 10:1; una

misma capa puede presentar varios intervalos granoclasificados y pueden presentar cierta laminación.

FACIES B

Capas gruesas de areniscas de grano grueso incluso conglomeráticas bien clasificadas; continuidad mayor que en las facies A; son comunes las amalgamaciones, o sea la existencia de dos estratos de areniscas separados por un nivel de erosión con arcilla que lateralmente se convierte en uno sólo, la relación entre la arenisca: arcilla es superior a 10:1; las capas oscilan entre decenas de cm. y alrededor de 2 m.

FACIES C

Corresponden a las turbiditas típicas (secuencia de Bouma); contactos planos, estratificación regular y buena, continuidad lateral con un intervalo a muy potente y con un delgado intervalo c, o sea con ripples de corriente o sin ellos, pasando directamente a la arcilla; capas de espesor mayor a 30 cm. hasta 1 m.; la relación arenisca: arcilla es de 5:1 .

Facies formadas con sedimentos autóctonos, o sea

FACIES G

Han sido transportadas en masa después de la sedimentación (slump), al deslizarse han adquirido un aspecto cáótico.

FACIES F

Es una variante de las facies D, con el espesor de las capas menor y mas irregular, la relación entre arena:arcilla es mayor y capas mas discontinuas tendiendo a acunarse o sea a la forma lenticular.

FACIES E

También corresponde a las turbiditas típicas pero con secuencias truncadas; los contactos son planos y netos, las areniscas granoclasificadas, pocas veces sobrepasa los 10 cm., hay mucha actividad biológica quedando impresos pistas en el techo o piso de los estratos.

FACIES D

por margas y arcillas pelàgicas, intercaladas con capas de areniscas o limolitas alòctonas.

Las facies anteriores no nos indican un medio de sedimentaciòn sino un proceso sedimentario, la asociaciòn de estas facies, que caracteriza a cada uno de los medios sedimentarios es:

Asociaciòn de Facies de Talud

Caracterizado por la depositaciòn de las facies G y formará la transiciòn entre los sedimentos de la plataforma y los de la cuenca turbidítica. Dentro de la masa arcillosa se intercalan cuerpos lenticulares de materiales detríticos gruesos, en los que dominan las facies A y de niveles cáoticos, a veces relacionados con lentes de arenisca, asociados a las facies F.

Asociaciòn de Abanico Submarino

Se divide en tres submedios:



BIBLIOTECA

Abanico Interno: corresponde a la parte más proximal del abanico constituida por cuerpos rocosos lenticulares arenisco-conglomeráticos compuestos por las facies A, B y F, intercaladas

con facies G. Estos canales pueden ser bien extensos y de centenares de metros de espesor, pudiendo ser varios canales simples encajados.

Abanico Intermedio: Las facies características de esta zona, están formadas por cuerpos areniscos, raras veces conglomeráticos, de facies A,B y F, y una alternancia de capas plano-paralelas de las facies D,E, en incluso C; los cuerpos areniscos son de dimensiones menores de convexidad hacia la base y se encuentran asociados estratos alternantes de areniscas y arcillas, con contactos predominantemente planoparalelos.

Abanico Externo: Debido a la disminución del gradiente longitudinal, los valles del abanico intermedio van perdiendo profundidad gradualmente y se van ensanchando, los materiales más gruesos son transportados por corrientes de turbidez muy densas, no son canalizados y se reparten en mayores extensiones, formando lóbulos en la boca de los valles de distribución. La disposición vertical de los materiales viene caracterizada por la existencia de megasecuencias negativas; los cuerpos arenosos están constituidas por las facies C, separados por estratos

tos de las facies D.

Asociación de Llanura Submarina

Compuesta por capas de arenisca fina o limolita con buena clasificación, que alternan con capas predominantemente arcillosas y poco potentes; indican transporte a distancia considerable y sedimentación sobre fondos prácticamente llanos; las facies son del tipo D, con intercalaciones de facies G.

Aplicando el modelo deposicional planteado al área de estudio, considerada en la presente Tesis, se determinó la presencia de las siguientes facies de depositación:

FACIES A3

Areniscas de grano muy grueso que incluyen cantos de tamaño mayor a 4 mm. incipiente granoclásificación; los estratos son muy potentes y van de 1 a 9 m. la relación arenisca:lutita es de 10:1 (Fotografía 21)

FACIES B

Secuencias de areniscas de grano grueso a veces brechosas bien clasificadas, relación arenisca:arcilla superior a 10:1, con capas que llegan hasta 2.5 m. de espesor (Fotografía 22).

FACIES C

Series turbidíticas que van desde arenisca de grano medio (a veces brechosa) a lutitas, con contactos netos y planos, estratificación regular y capas continuas con un intervalo a potente pasando directamente a las lutitas. La relación areniscas:lutita es de 5:1 aproximadamente, el espesor de de las capas va de 0.5 a 1.0 m. (Fotografías 22, 23 y 25)

FACIES D

Turbiditas de areniscas de grano fino o medio a lutitas, contactos planos con las areniscas granoclasificadas; las capas son decimétricas y la relación arenisca:arcilla es de 1:1 (Fotografía 24). Presencia de actividad biológica (bioturbaciones) en el techo de los estratos pero no muy frecuentes

FACIES E



BIBLIOTECA

Areniscas de grano medio o fino a lutitas, con relación arenisca:lutita mayor que en las facies D, las capas son mas discontinuas tendiendo a acuñarse; (Fotografía 22).

FACIES G

Lutitas silíceas y calcáreas intercaladas en capas delgadas con areniscas de grano muy fino a limolitas decimétricas laminadas (Fotografía 26).

Estas facies asociadas caracterizan una zona de abanico submarino intermedio (parte canalizada), para Cayo S.S. formada por la alternancia de facies D,C,E con intercalaciones de facies A3 y B. Los cuerpos areniscosos son de pocos metros de espesor (10 m.) a diferencia de los que se presentan en el abanico interno que pueden ser de cientos de metros; estos cuerpos areniscosos están asociados a estratos alternantes de areniscas y lutitas con contactos plano-paralelo.

Las rocas del Miembro Guayaquil según las asociaciones presentes se depositaron en una llanura submarina o cuenca distal; se distinguen por su estratificación regular, contactos pla-

no-paralelos. presentando una gran uniformidad en su litología compuesta por capas decimétricas de areniscas de grano muy fino o limolita alternada con lutita. lo que indica transporte a distancia. Facies G con intercalaciones de facies D. caracterizan a este medio: a veces se observa masas con estructuras slump (fotografía 4).

2.5.4 Correlaciones Litoestratiográficas

Debido a la tectónica presente en el área no se puede establecer la correlación entre cada una de las columnas estratiográficas levantadas. En el gráfico de correlación adjunto (fig. 23) se puede observar la posición relativa de cada una de las columnas. se utilizó como nivel guía o marcador el contacto entre Cavo S.S. y Guavacuil. de acuerdo a la posición geográfica de cada uno de los sitios donde se levantó las columnas. se las graficó colocando a su derecha el análisis de facies respectivo.

2.5.5 Determinación de ambiente de depositación.

En la bibliografía existente sobre la formación Cavo se establece va el carácter marino. por el

contenido faunístico (foraminíferos, radiolarios). En el análisis estratigráfico de facies realizado en 2.5.3 se determinó que el medio de depositación de la Formación Lavo es un abanico submarino, no pudiéndose establecer su profundidad, ya que las asociaciones de fauna que caracterizan a una determinada profundidad no fueron encontrados.

Uno de los factores importantes en el análisis paleoambiental es la naturaleza del medio de transporte. En el análisis de estructuras se establece que el medio de transporte de los sedimentos formadores de las rocas de la Formación Lavo son las corrientes de turbidez.

El análisis petrográfico efectuado indica la presencia de rocas piroclásticas, areniscas y lutitas tobáceas de origen básico, esto se deduce por la clase de componentes de estas rocas, típicos de volcanes de magmas básicos. Son muy frecuentes las microbrechas impuras o wackas, que son mezclas de materiales detríticos gruesos, con una matriz abundante en arcilla y limo; por lo que se conceptúan como sedimentos materialmente vaciados a la cuenca de depósito a un ritmo tan rápido que no ofrece la oportunidad de

una buena selección.

Las cenizas y tobas de palagonita, son materiales ampliamente extendidos en las rocas piroclásticas básicas. La presencia de vidrios básicos que se hidratan en contacto con el agua cuando están todavía calientes, se encuentran en abundancia entre los productos de erupciones submarinas.

Por la forma y angulosidad de los granos, se tiene que el área fuente debió situarse no lejos de la cuenca de depósito. Según Faucher y Saboyat (1973); Vera y otros (1985), hablan de que los aportes provienen de la cordillera Real.

CAPITULO III

GEOLOGIA ECONOMICA

La búsqueda de materiales de construcción para satisfacer las necesidades cada vez más crecientes del área metropolitana de la Ciudad de Guayaquil, se ha hecho imperiosa y de gran importancia. Las rocas utilizadas en rellenos de áreas pantanosas, en construcción de vías de comunicación y como agregados para el hormigón, constituyen elementos indispensables para el progreso de la urbe.

Los materiales rocosos de los cerros de Durán, han sido y son desde hace mucho tiempo atrás, explotados con los fines anteriormente anotados. Estos cerros convertidos en canteras son explotados a cielo abierto, en su mayoría con la utilización de explosivos. Posteriormente el material es removido con tractores y llevado a las trituradoras para convertirlo en fragmentos de roca de diferentes dimensiones de acuerdo a las conveniencias.

Los fragmentos de rocas obtenidos de las lutitas, se los utiliza como agregados para hormigón, no sin antes reali-

zar un análisis de la reacción álcalis-agregado que potencialmente es la causa de la destrucción del concreto. Para este análisis se toma en cuenta tres factores:

a. El exceso de álcalis, ya sea presente en el cemento o introducido en el concreto por medio de agregados, agua del subsuelo, agua de drenajes u otro medio que contenga sales alcalinas (los álcalis son óxidos de sodio y potasio), es aceptable en general una cantidad de 0.6 % de equivalente de óxidos de sodio y potasio como límite mayor del contenido alcalino del cemento.

b. Luego se analizan los agregados, observando las siguientes reacciones:

- reacción álcalis-silice, en la que se produce una reacción entre los álcalis del cemento y la silice amorfa o cristalina de los agregados.

- Reacción álcalis - roca carbonatada, que es la reacción que se produce entre los álcalis del cemento con la dolomita en ciertos dolomitas cálcicas y calizas dolomíticas.

- Reacción álcalis-silicato, en la que algunos filosilicatos o cuarzo deformados reaccionan con los álcalis del cemento.

c. Son importantes también las condiciones ambientales favorables a la reacción tales como:

- Exposición continua del concreto a la humedad.
- Exposición del concreto a ciclos repetidos de humedecimiento y secado.
- Exposición del concreto a ciclos de calentamiento y enfriamiento, lo que incrementa la reacción.

De acuerdo a la composición de las lutitas establecido en el análisis petrográfico, éstas tienen un alto porcentaje de vidrio volcánico por lo tanto deberán utilizarse con cemento de baja alcalinidad, o usando aditivos especiales, para evitar la acción del álcalis de cemento con los agregados.

Las lutitas presentan excelentes condiciones para su utilización en obras viales, ya sea como: sub-base, base y carpeta de rodadura debido a su desgaste a la abrasión < 40 %, y a los sulfatos < 9 %, que son los valores máximos permitidos por la AASHO (16).

Las rocas que presentan alto índice de meteorización son frecuentemente utilizados, para obras de relleno en am-

oliación urbana. protección de taludes. para estabilización y control de la erosión principalmente.

Los materiales de grano grueso. como brechas. microbrechas y areniscas de grano grueso. presentan un alto porcentaje de desoaste de sulfatos (16). por lo que su uso más conveniente sería el de relleno. base. sub-base. para pavimento. haciendo un estudio químico de las aguas freáticas.



BIBLIOTECA



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el área se establecen las siguientes conclusiones:

1. Las rocas de la Formación Lavo presentes en la zona estudiada fueron depositadas por corrientes de turbidez, ya que presentan estructuras características de este medio de transporte. Los nódulos de pedernal que se encuentran en los estratos de lutitas silíceas se los considera formados por diagénesis, ya que en el análisis petrográfico de estos nódulos se establece que están compuestos por cuarzo microcristalino con inclusiones de carbonato de calcio, que indican un claro reemplazamiento del carbonato por sílice, la que podría provenir de restos silíceos dispersos en la roca: espiculas de esponjas, radiolarios o soluciones que atraviesan el sedimento.
2. El origen de las areniscas y lutitas tobáceas, ocurrientes en el área de estudio demuestran ser componentes

típicos de erupciones volcánicas de magmas básicos: las cenizas y tobas de palaeonita extendidas en las rocas piroclásticas básicas; los vidrios básicos que se hidratan en contacto con el agua cuando todavía están calientes; son compuestos que se encuentran en abundancia entre los productos de erupciones submarinas. Por la forma y anulosidad de los granos, se tiene que el área fuente debió situarse no lejos de la cuenca de depósito.

3. La edad de la Formación Cavo ha sido reportada por Thalman como Cretácico Maestrichtiano, en el análisis paleontológico realizado en este trabajo se establece que en el área estudiada las rocas del Miembro Guavaouil, pertenecen al Cretáceo Superior.
4. El desplazamiento de los cerros de Durán se debe a la presencia de fallas normales, lo que produce también variación en la dirección de la estratificación cerca de las zonas falladas.
5. De acuerdo al análisis sedimentológico, petrográfico, secuencial y estructural realizado se determinó el ambiente de depositación de la Unidad Cavo como de

Abanico Submarino en su parte media.

6. En el aspecto económico, los materiales que constituyen la Formación Cavo, por sus características físicas pueden ser usados como materiales de construcción en diferentes obras.

Como recomendaciones se dan las siguientes:

1. Para la interpretación paleoecológica de la Formación Cavo se requieren mayor cantidad de datos bioestratigráficos, por lo tanto se recomienda realizar trabajos adicionales: sedimentológicos, estratigráficos y paleontológicos en detalle, en distintas áreas donde aflora esta unidad del Cretácico Superior y parte del Terciario Inferior.
2. Es importante recalcar que los depósitos paleocénicos en el Ecuador y en toda América son escasos, por lo tanto pueden haber pasado desapercibidos hasta el momento debido a su poca potencia. Se recomienda realizar dataciones del Miembro Guavaquil en afloramientos que se ubiquen en su tope con la finalidad de detectar el Paleoceno, ya que hasta ahora toda datación de este miembro se confina a la base.
3. Para obtener óptimos resultados prácticos en la utili-

zación de las rocas que integran la Formación Cavo, como materiales de construcción, se recomienda hacer ensayos físicos y químicos, luego se puede realizar una zonificación de acuerdo a sus propiedades ingenieriles.



A N E X O S





A N E X O A

ANALISIS PETROGRAFICOS

LISTADO DE MUESTRAS PARA PETROGRAFIA

MUESTRA No	UBICACION	COORDENADAS	LITOLOGIA
3557	C. Grande	634350-9760345	Limolita
3558	C. Grande	634345-9760390	Turbidita
3559	C. Grande	634335-9760330	Turbidita
3562	C. Grande	634305-9760305	Microbrecha
3564	C. Grande	634305-9760305	Turbidita
3568	C. Tres	629705-9759350	Lutita
3594	C. Redondo	623975-9760315	Lutita
3597	C. Tres	632980-9760320	Pedernal
3600	C. Redondo	633170-9760300	Lutita
4002	C. Cuatro	630785-9759570	Lutita
4004	C. Cuatro	630775-9759580	Lutita
4007	C. Cuatro	630780-9759575	Lutita
4010	C. Tres	629703-9759850	Limolita
4011	C. Tres	629720-9759850	Brecha
4012	C. Tres	629725-9759850	Lutita
4013	C. Tres	629960-9759730	Arenisca
4014	C. Tres	629960-9759730	Lutita
4015	C. Tres	630020-9759600	Brecha
4016	C. Tres	627855-9759735	Arenisca
4018	C. Tres	627855-9759740	Turbidita
4022	C. Mexicano	632590-9759830	Limolita
4024	C. Mexicano	632580-9759825	Lutita
4028	C. Mexicano	632580-9759825	Lutita

TESIS DE GRADO

MUESTRA No. 4014

TIPO DE MUESTRA : Lutita
 COORDENADAS : 629960 - 9759730
 LOCALIDAD : Cerro Las Cabras - Durán
 FORMACION : Cavo
 MIEMBRO : Cavo S.S.
 COLECTADO POR : FAE
 FECHA : 29-1-88

DESCRIPCION MACROSCOPICA:

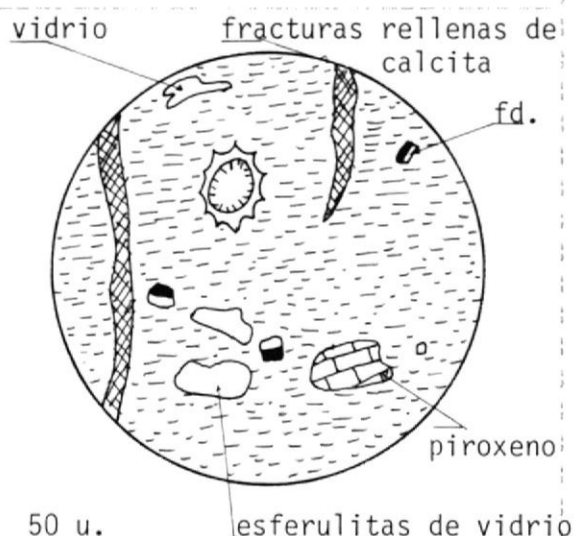
Lutita color gris oscuro a negro; algo calcárea; bien consolidada; presenta aristas duras (posiblemente silíceas) laminar; lenticular; fracturas rellenas de calcita; algo calcárea.

DESCRIPCION MICROSCOPICA:

Matriz arcillosa fina e isotrópica. en las partes más oscuras observadas de la matriz se encuentran mayor cantidad de piroxenos y feldespatos.
 Material calcáreo. 4%
 Radiolarios calcitizados. 2%
 Feldespatos. 2%
 Piroxenos y esferulitas de vidrio. 2%

Se observan fracturas rellenas de calcita y zeolita.

Nombre de la roca: Lutita calcitizada.



TESIS DE GRADO

MUESTRA No 4004

TIPO DE MUESTRA : Lutita
 COORDENADAS : 630775 - 9759580
 LOCALIDAD : Cerro Cuatro - Durán
 FORMACION : Cavo S.S.
 MIEMBRO : Guavaquil
 COLECTADA POR : FAE
 FECHA : 20-1-88

DESCRIPCION MACROSCOPICA:

Lutita color gris, bien consolidada, laminada, presenta una pátina de meteorización color con una costra blanca (calcita). roca calcárea.

DESCRIPCION MICROSCOPICA:

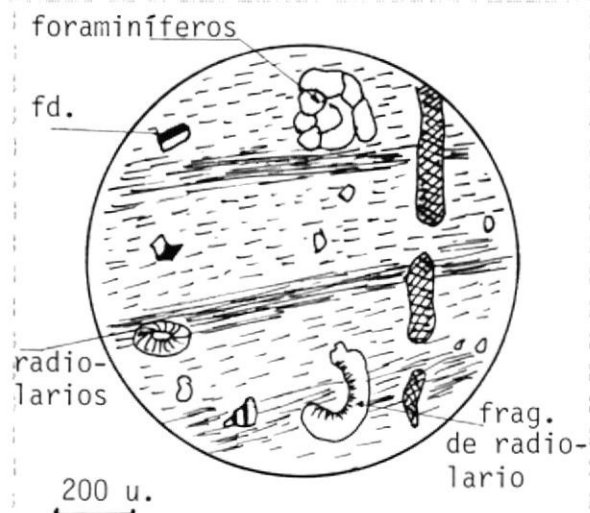
Matriz fina calcárea, se encuentra oxidada en bandas, 90%.

Radiolarios, foraminíferos, fragmentos de origen volcánico, espículas de radiolarios, 8%

Calcita relleno de pequeñas fisuras, 2%

Se observa un avanzado proceso de calcitización penetrativo de la matriz y de algunos restos biogénicos, aunque está presente algo de silicificación en los radiolarios, se observa claramente la laminación.

Nombre de la roca: Lutita calcárea



BIBLIOTECA

TESIS DE GRADO

MUESTRA No. 4007

TIPO DE MUESTRA : Lutita
 COORDENADAS : 630780 - 9759575
 LOCALIDAD : Cerro Cuatro - Durán
 FORMACIÓN : Cayo
 MIEMBRO : Guavaquil
 COLECTADA POR : FAE
 FECHA : 20-1-88

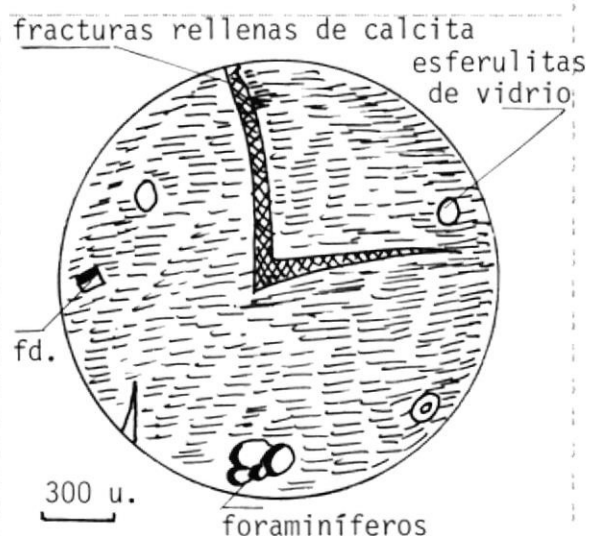
DESCRIPCION MACROSCOPICA:

Lutita color café claro con presencia de lentes color café oscuro, bien consolidada y laminada, calcárea.

DESCRIPCION MICROSCOPICA:

Matriz calcárea, se presenta en bandas de color más oscuro y bandas claras alternantes, 88%.
 Radiolarios y foraminíferos, se presentan silicificados y calcitizados, 7%.
 Feldespatos, 5%.
 Fracturas rellenas de calcita.

Nombre de la roca: Lutita calcárea



TESIS DE GRADO

MUESTRA No. 3594

TIPO DE MUESTRA : Lutita
 COORDENADAS : 623975 - 9760315
 LOCALIDAD : Cerro Redondo - Durán
 FORMACION : Cayo
 MIEMBRO : Buavaquil
 COLECTADO POR : FAE
 FECHA : 18-1-88

DESCRIPCION MACROSCOPICA:

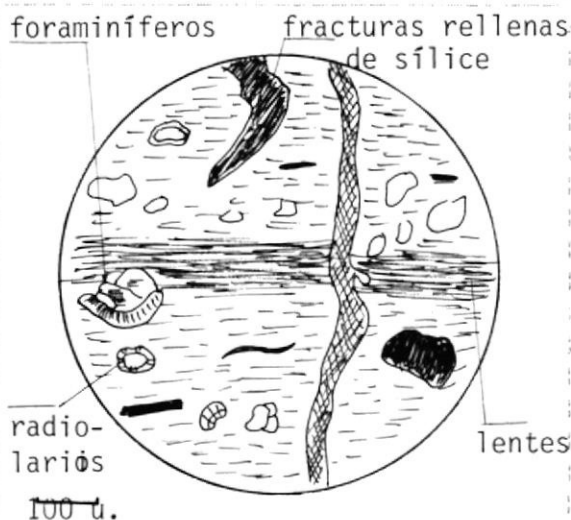
Lutita color crema; bien consolidada; se observan laminaciones lenticulares finas; aspecto masivo; calcárea, calcita relleno de fisuras.

DESCRIPCION MICROSCOPICA:

Matiz fina arcillosa e isotrópica. 85%
 Foraminíferos calcáreos y silicificados. 5%
 Radiolarios silicificados. 2%
 Cemento calcáreo. 8%

Se presentan dos sectores en la lámina, uno silíceo y otro calcáreo. Los lentes observados tienen más foraminíferos y están más oxidados. El relleno calcáreo de las fisuras es posterior al silíceo.

Nombre de la roca: Lutita calcitizada y silicificada.



BIBLIOTECA

TESIS DE GRADU

MUESTRA No. 3559

TIPO DE MUESTRA : Lutita
 COORDENADAS : 634335 - 9760330
 LOCALIDAD : Cerro Grande - Durán
 FORMACIÓN : Cayo
 MIEMBRO : Cayo S.S.
 COLECTADO POR : FAE
 FECHA : 15-1-88

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA:

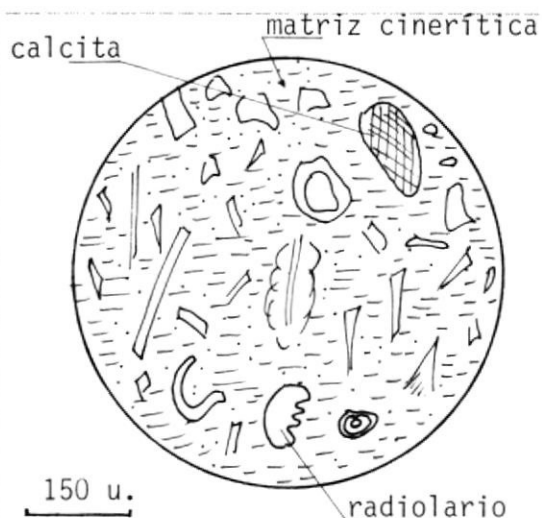
Turbidita de arenisca de grano grueso a lutita con granos de hasta 2mm.; color gris oscuro; bien consolidada; se observan vetillas de cemento blanco (zeolita), no calcárea.

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA:

Matriz muy fina isotrópica, con silicificación dudosa, posiblemente de origen cinerítico, 55%.
 Varios: fragmentos de vidrio de diferentes formas: redondeados, alargados, esquirlas, calcita, 35%.
 Feldespatos, 5%.
 Radiolarios, 5%.

Nota: Para realizar la lámina delgada se hizo el corte en la parte fina de la turbidita.

Nombre de la roca: Lutita tobácea con radiolarios.



TESIS DE GRADO

MUESTRA No. 3558

TIPO DE MUESTRA : Turbidita
 COORDENADAS : 634345 - 9760340
 LOCALIDAD : Cerro Grande - Durán
 FORMACIÓN : Layo
 MIEMBRO : Cayo S.S.
 COLECTADO POR : FAE
 FECHA : 15-1-88

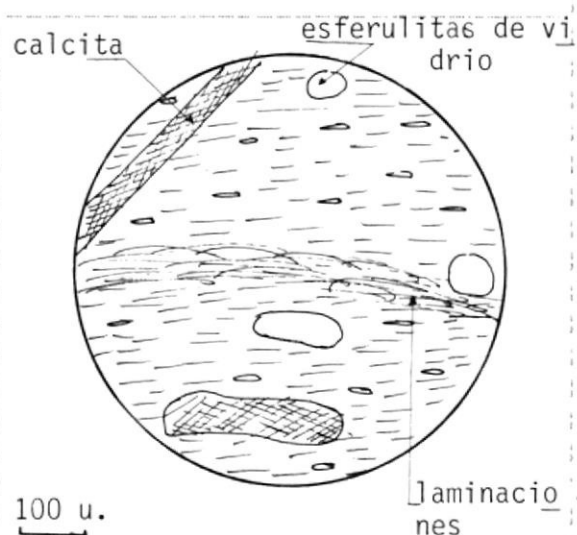
DESCRIPCION MACROSCOPICA:

Parte de una turbidita fina, limolita a lutita; color gris claro con bandas más oscuras; muy consolidada; con laminaciones; en las bandas claras la reacción con el HCl. es mayor que en las bandas oscuras.

DESCRIPCION MICROSCOPICA:

Matriz Cinerítica, un poco oxidada. 85%
 Material calcáreo que se lo observa relleno de fracturas y como granos muy pequeños dentro de la matriz. 12%
 Esferulitas de vidrio y minerales opacos. 3%

Nombre de la roca: Lutita calcitizada.



TESIS DE GRADO

MUESTRA No. 3600

TIPO DE MUESTRA : Lutita
 CUORDENADAS : 633170 - 9760300
 LOCALIDAD : Cerro Redondo - Durán
 FORMACION : Cayo
 MIEMBRO : Guavaquil
 COLECTADA POR : FAE
 FECHA : 19-1-88

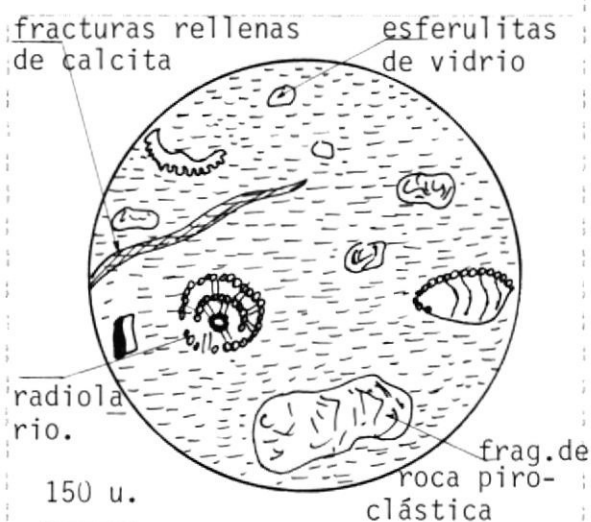
DESCRIPCION MACROSCOPICA:

Lutita color crema con bandas más oscuras alternantes en pequeños lentes, bien consolidada, con pátina de meteorización negra (MnO) y amarilla, bien laminada, no calcárea.

DESCRIPCION MICROSCOPICA:

Matriz fina, arcillosa e isotrópica, 80%
 Radiolarios principalmente y foraminíferos, 15%
 Fragmentos de roca piroclástica, 5%
 Se observan lentes de matriz oxidada rodeada de sílice.
 Todos los restos esqueléticos y los foraminíferos han sido rellenos y reemplazados por sílice.

Nombre de la roca: Lutita algo silicificada.



TESIS DE GRADO

MUESTRA No. 4018

TIPO DE MUESTRA : Turbidita
 COORDENADAS : 627855 - 9759740
 LOCALIDAD : Cerro Las Cabras - Durán
 FORMACION : Cavo
 MIEMBRO : Guavaquil
 COLECTADO POR : FAE
 FECHA : 21-1-88

DESCRIPCION MACROSCOPICA:

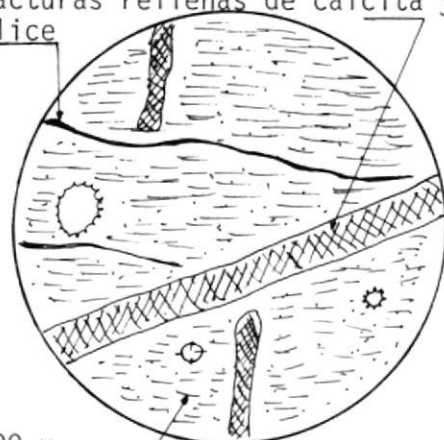
Turbidita de limolita a lutita, color crema con bandas más oscuras; bien consolidada; laminada; presenta varias fracturas rellenas de calcita de 1 mm. de espesor; se observan lentes de 1cm. x 2cm. en el corte; no calcárea.

DESCRIPCION MICROSCOPICA:

Matriz fina arcillosa calcitizada y silicificada, esporádicamente oxidada. 93%
 Radiolarios silicificados en su mayoría, por lo que se ha borrado sus estructuras internas. 7%
 Fracturas rellenas de sílice y calcita.
 Trazas de plagioclasas.

Nombre de la roca: Lutita silicificada algo calcitizada

fracturas rellenas de calcita y sílice



100 u.

matriz fina arcillosa

TESIS DE GRADO

MUESTRA No. 3557

TIPO DE MUESTRA : Limolita
 COORDENADAS : 634350 - 9760345
 LOCALIDAD : Cerro Grande - Durán
 FORMACION : Cavo
 MIEMBRO : Cayo S.S.
 COLECTADO POR : FAE
 FECHA : 15-1-88

DESCRIPCION MACROSCOPICA:

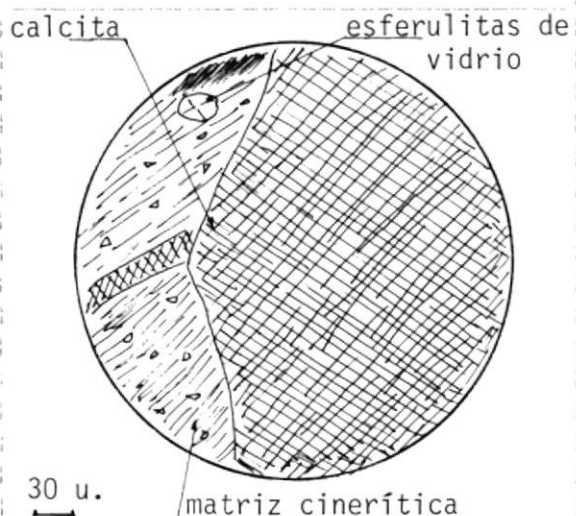
Limolita color gris claro con bandas de color gris oscuro; muy consolidada; se observan laminaciones; calcárea en el color gris claro.

DESCRIPCION MICROSCOPICA:

Matriz cinerítica con pequeños cristales de feldespatos, presenta cierta oxidación. 30%
 Material calcáreo que se encuentra relleno de fracturas en forma de granos de calcita, muy pequeños en un sector y granos de hasta 30 u en otro sector. 65%
 Varios: esferulitas de vidrio; feldespatos; minerales opacos. 5%

La roca proviene de una toba volcánica que se redepositó y cuyos materiales se cementaron con soluciones calcáreas.

Nombre de la roca: Limolita calcitizada.



TESIS DE GRADO

MUESTRA No. 4015

TIPO DE MUESTRA : Brecha
 COORDENADAS : 630020 - 9759600
 LOCALIDAD : Cerro Las Cabras - Durán
 FORMACION : Cayo
 MIEMBRO : Cayo S.S.
 COLECTADO POR : FAE
 FECHA : 21-1-88

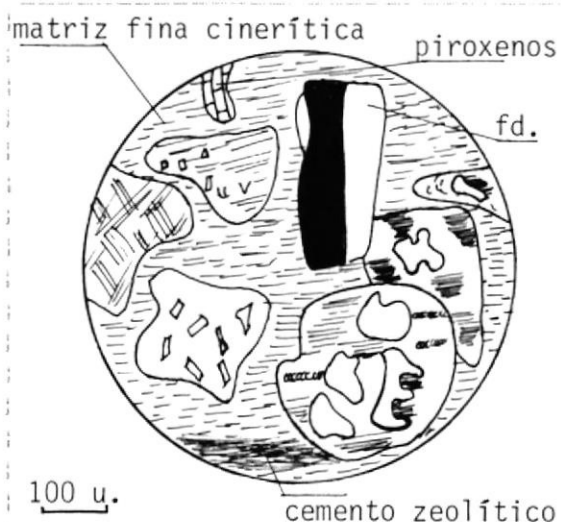
DESCRIPCION MACROSCOPICA:

Brecha con clastos de hasta 5 mm.; color gris verdoso con clastos de color gris y café; bien consolidada; aspecto masivo; no calcárea.

DESCRIPCION MICROSCOPICA:

Matriz fina, isotrópica y cinerítica, en algunos sitios cloritizada; en sectores se presenta como masas abundantes de color verde claro (clorita). 25%
 Fragmentos de roca de origen volcánico, son en general de rocas tobáceas que han sufrido meteorización previa, encontrándose oxidadas. 60%
 Cemento zeolítico que a veces se encuentra alterado a un mineral de color naranja de primer orden posiblemente motmorillonita. 10%
 Fragmentos de basaltos microlíticos. 5%

Nombre de la roca: Brecha volcánica



TESIS DE GRADO

MUESTRA No. 4016

TIPO DE MUESTRA : Arenisca
 COORDENADAS : 627855 - 9759735
 LOCALIDAD : Cerro Las Cabras - Durán
 FORMACION : Cayo
 MIEMBRO : Cayo S.S.
 COLECTADO POR : FAE
 FECHA : 21-8-88

DESCRIPCION MACROSCOPICA:

Arenisca calcárea ; presenta gradación de grano fino a grueso; color café claro, con clastos de color negro y verdoso; bien consolidada; aspecto masivo; presenta fracturas rellenas de calcita.

DESCRIPCION MICROSCOPICA:

Matriz fina cinerítica calcitizada, a veces se presenta oxidada. 25%
 Fragmentos de roca de origen volcánico de grano muy fino oxidados y fragmentos de basaltos microlíticos. 70%
 Feldespatos. 5%
 Calcita relleno de fracturas.

Nombre de la roca: wacka volcánica calcitizada.



TESIS DE GRADO

MUESTRA No. 3564

TIPO DE MUESTRA : Turbidita
 COORDENADAS : 634505 - 9760305
 LOCALIDAD : Cerro Grande - Durán
 FORMACION : Cayo
 MIEMBRO : Guavequii
 COLECTADO POR : FAE
 FECHA : 21-1-88

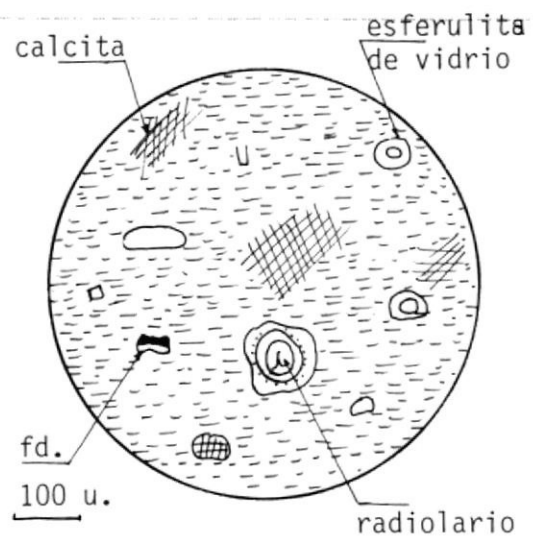
DESCRIPCION MACROSCOPICA:

turbidita fina; color gris claro; bien consolidada; presenta laminaciones paralelas a la estratificación; poco calcárea.

DESCRIPCION MICROSCOPICA:

Matriz fina e isotrópica cinerítica, posiblemente de origen tobáceo. 65%
 Lemento calcáreo. 30%
 Foraminíferos. 3%
 Feldespatos. 2%

Nombre de la roca: Lutita tobácea silicificada



TESIS DE GRADO

MUESTRA No. 4010

TIPO DE MUESTRA : Limolita
 COORDENADAS : 629705 - 9759850
 LOCALIDAD : Cerro Tres - Durán
 FORMACIÓN : Cavo
 MIEMBRO : Cavo S.S.
 COLECTADA POR : FAE
 FECHA : 20-1-88

DESCRIPCION MACROSCOPICA:

Limolita, color crema, bien consolidada y laminada, calcárea.

DESCRIPCION MICROSCOPICA:

Matriz fina arcillosa, originalmente de material tobáceo. 80%

Material calcáreo mucho del cual son radiolarios calcitizados. 8%

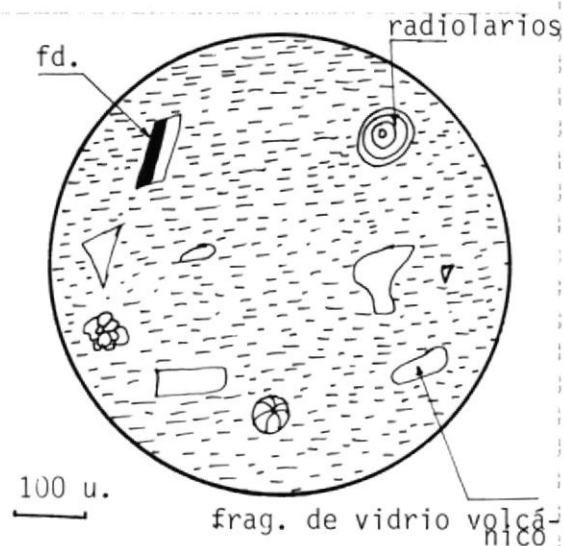
Fragmentos pequeños de vidrio volcánico y esferulitas de vidrio. 8%

Feldspatos. 2%

Radiolarios silicificados. 2%

En general la muestra presenta principalmente la calcitización y en menor escala la silicificación.

Nombre de la roca: Limolita calcitizada.



TESIS DE GRADO

MUESTRA No. 4002

TIPO DE MUESTRA : Lutita
 COORDENADAS : 630785 - 9759570
 LOCALIDAD : Cerro Cuatro-Durán
 FORMACION : Sayo
 MIEMBRO : Guavaquil
 COLECTADO POR : FAE
 FECHA : 19-1-88

DESCRIPCION MACROSCOPICA:

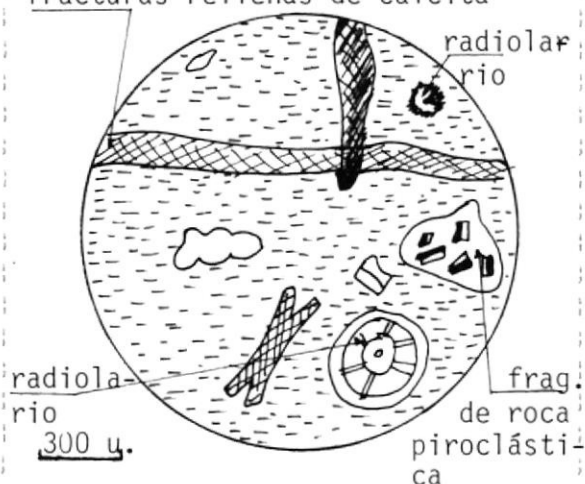
Lutita calcárea color crema, bien consolidada, laminar lenticular. en el techo de la muestra bioexcavación rellana de material verde, la laminación está obs- curecida por la calcitización.

DESCRIPCION MICROSCOPICA:

Matriz arcillosa calcárea, en partes oxidadas. 85%
 Restos biogénicos calcitizados: foraminíferos, radiolarios, espículas. 8%
 Fragmentos de rocas piroclásticas en donde se ob- servan feldespatos en proceso de formación. 5%
 Calcita rellenoando fisuras. 2%
 Existe un proceso avanzado de calcitización en la matriz.

Nombre de la roca: Lutita calcárea

fracturas rellenas de calcita



BIBLIOTECA

TESIS DE GRADO

MUESTRA No. 4011

TIPO DE MUESTRA : Brecha
 COORDENADAS : 629720 - 9759850
 LOCALIDAD : Cerro Tres - Durán
 FORMACION : Cavo
 MIEMBRO : Cavo S.S.
 COLECTADO POR : FAE
 FECHA : 20-1-88

DESCRIPCION MACROSCOPICA:

Brecha con granos de hasta 5 mm. unidos por un cemento blanco; color gris obscuro; bien consolidada; aspecto masivo, no calcárea.

DESCRIPCION MICROSCOPICA:

Compuesta por fragmentos de origen volcánico, cementados por zeolita.
 Fragmentos de lavas en varios estados de oxidación:
 Lavas vítreas con textura perlítica. 30%
 Lavas microlíticas. 30%
 Feldespatos. 15%
 Cemento zeolítico. 20%
 Minerales opacos y productos de oxidación de las lavas. 5%

Nombre de la roca: Brecha volcánica



TESIS DE GRADO

MUESTRA No. 4013

TIPO DE MUESTRA : Arenisca
 COORDENADAS : 629960 -9759730
 LOCALIDAD : Cerro Tres - Durán
 FORMACION : Lavo
 MIEMBRO : Cavo S.S.
 COLECTADO POR : FAE
 FECHA : 14-1-88

DESCRIPCION MACROSCOPICA:

Turbidita de grano grueso y muy grueso (granos de hasta 2 mm. en la base unidos con cemento blanco zeolítico) a lutita; bien consolidada; se observan fragmentos líticos de color negro de hasta 1 mm. la roca presenta un aspecto masivo, no calcárea.

DESCRIPCION MICROSCOPICA:

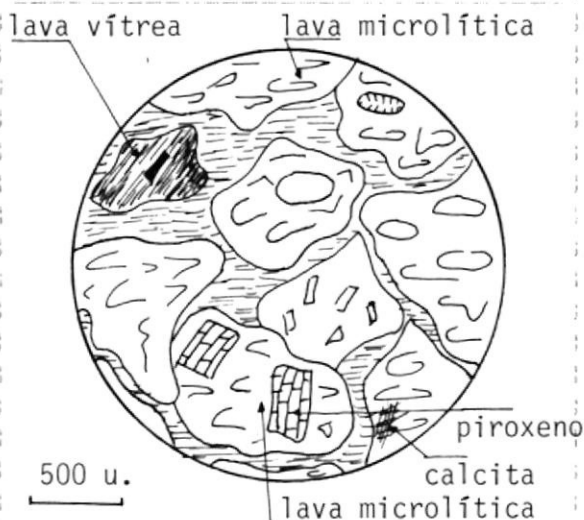
Roca formada en su totalidad por fragmentos de roca de origen volcánico que están cementados principalmente por zeolita y secundariamente por calcita. Los fragmentos de roca volcánica son:

Lavas vítreas con texturas perlíticas y vesiculares palagonitizadas, que presentan accesoriamente cristales euhédricos de plagioclasa; se encuentran en varios estados de oxidación, algunos presentan costras de oxidación y procesos de cementación con zeolita anteriores a la depositación definitiva que formó esta roca.

Fragmentos frescos de lavas microlíticas con matriz parcialmente vítrea y algunos fenocristales de plagioclasa; andesina y accesoriamente piroxenos. 5%

Cemento zeolítico, con clorita asociada. 15%

Nombre de la roca: arenisca tobácea



BIBLIOTECA

TESIS DE GRADO

MUESTRA No. 4012

TIPO DE MUESTRA : Lutita
 COORDENADAS : 629725 - 9759850
 LOCALIDAD : Cerro Las Cabras - Durán
 FORMACION : Cavo
 MIEMBRO : Cavo S.S.
 COLECTADO POR : FAE
 FECHA : 20-1-88

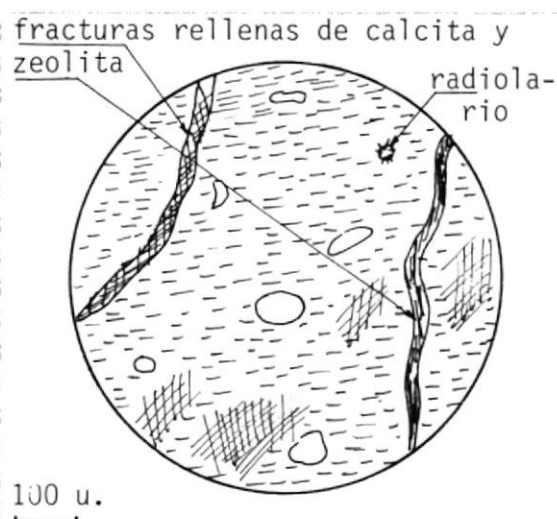
DESCRIPCION MACROSCOPICA:

Lutita: color gris oscuro a negro; bien consolidada; laminada; con zonas de alteración color verde; presenta fracturas de hasta 1 mm. rellenas de calcita; algo calcárea.

DESCRIPCION MICROSCOPICA:

Matriz fina e isotropica, con cementación calcárea; la cual aumenta hacia el tope de la muestra. 88%
 Radiolarios calcitizados y silicificados. 6%
 Minerales opacos, fracturas rellenas de calcita y zeolita. 4%
 Plagioclasas. 2%

Nombre de la roca: Lutita calcitizada y silicificada.



TESIS DE GRADO

MUESTRA No. 3597

TIPO DE MUESTRA : Lutita
 COORDENADAS : 632980 - 9760320
 LOCALIDAD : Cerro Las Cabras - Durán
 FORMACION : Cavo
 MIEMBRO : Guayaquil
 COLECTADO POR : FAE
 FECHA : 19-1-88

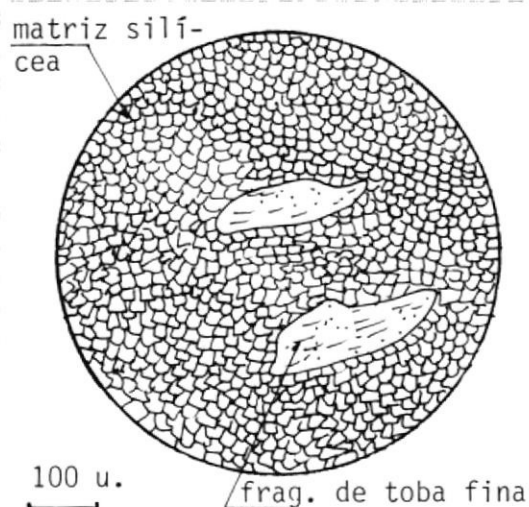
DESCRIPCION MACROSCOPICA:

Lutita color gris claro, con una banda más oscura:
 bien consolidada, masiva, no calcárea.

DESCRIPCION MICROSCOPICA:

Matriz criptocristalina silicea. 97%
 Fragmentos de toba fina cloritizados. 2%
 Radiolarios silicificados. 1%
 Accesorios: opacos.

Nombre de la roca: Lutita silicificada.



TESIS DE GRADO

MUESTRA No. 3562

TIPO DE MUESTRA : Microbrecha
 COORDENADAS : 634305 - 9760305
 LOCALIDAD : Cerro Grande - Durán
 FORMACION : Cayo
 MIEMBRO : Cayo S.S.
 COLECTADO POR : FAE
 FECHA : 27-1-87

DESCRIPCION MACROSCOPICA:

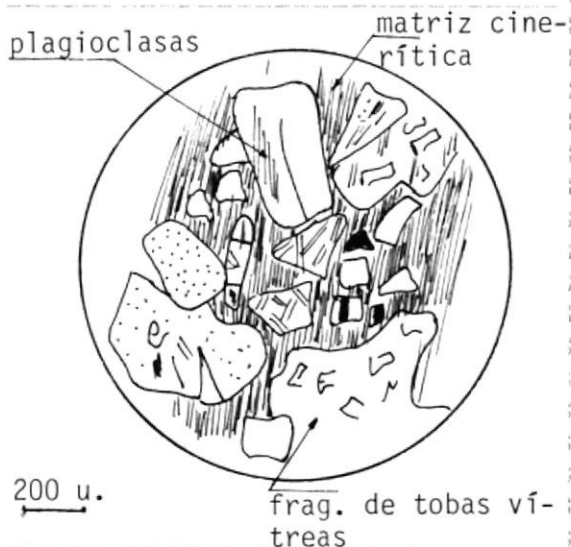
Microbrecha de granos angulosos de hasta 4 mm.; color gris oscuro; consolidada; frágil y quebradiza. la roca es laminada aunque los planos no son evidentes; poco calcárea.

DESCRIPCION MICROSCOPICA:

Clastos de roca piroclástica dentro de una matriz fina cinerítica con pequeños cristales de feldespatos y cuarzo. Algunos clastos presentan alta oxidación.

Nota: No se pudo cuantificar sus componentes, dada la fragilidad de la muestra, lo que impidió tener una buena lámina delgada.

Nombre de la roca: Microbrecha volcánica



TESIS DE GRADO

MUESTRA No. 4028

TIPO DE MUESTRA : Lutita
 COORDENADAS : 631205 - 9759800
 LOCALIDAD : Cerro Cuatro - Durán
 FORMACION : Cavo
 MIEMBRO : Guayaquil
 COLECTADO POR : FAE
 FECHA : 22-1-88

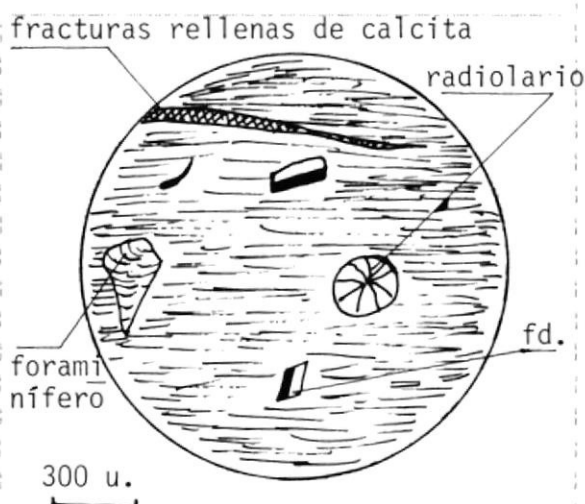
DESCRIPCION MACROSCOPICA:

Lutita color gris oscura: bien consolidada: masiva:
 en el corte de la sierra humedecida se observan lami-
 naciones lenticulares: fracturas rellenas de calcita.

DESCRIPCION MICROSCOPICA:

Matriz fina calcitizada, muy parecida a las partes cal-
 citizada de la muestra 4024 en partes oxidada: finamen-
 te bandeada . 90%.
 Foraminiferos, rellenos de calcita. 4%
 Fragmentos de origen volcánico, algunos se presentan
 oxidados. 4%
 Radiolarios. 1%
 Feldespatos. 1%

Nombre de la roca: Lutita
 silicea calcitizada.



TESIS DE GRADU

MUESTRA No. 3568

TIPO DE MUESTRA : Lutita
 COORDENADAS : 629705 - 9759350
 LOCALIDAD : Cerro Tres - Durán
 FORMACION : Cavo
 MIEMBRO : Cavo S.S.
 COLECTADO POR : FAE
 FECHA : 19-1-88

DESCRIPCION MACROSCOPICA:

Lutita limosa; color gris verdoso, con bandas alternantes de color gris verdoso oscuro; bien consolidada; bien laminada; no calcárea.

DESCRIPCION MICROSCOPICA:

Se observan dos texturas una fina donde se asentó la matriz vítrea y oxidada y una gruesa donde se ve la matriz menos oxidada y se observan mejor los feldespatos.

Parte Fina ($< 80 \mu$)

Matriz arcillosa e isotrópica. 55%

Material oxidado. 30%

Feldespatos. 10%

Foraminíferos, algunos rellenos de vidrio donde se ha quedado la calcita en los bordes; fragmentos calcáreos 5%

Parte gruesa ($80-100 \mu$)

Matriz fina cinerítica 25%

Fragmentos de rocas piroclásticas oxidadas. 40% y no oxidadas. 25%

Feldespatos, calcita, foraminíferos, esferulitas de vidrio, radiolarios. 10%

foraminíferos esferulitos de vidrio



100 μ .

TESIS DE GRADO

MUESTRA No. 4024

TIPO DE MUESTRA : Lutita
 COORDENADAS : 632580 - 9759825
 LOCALIDAD : Cerro Mexicano Durán
 FORMACION : Cavo
 MIEMBRO : Guavaqui
 COLECTADO POR : FAE
 FECHA : 22-1-88

DESCRIPCION MACROSCOPICA:

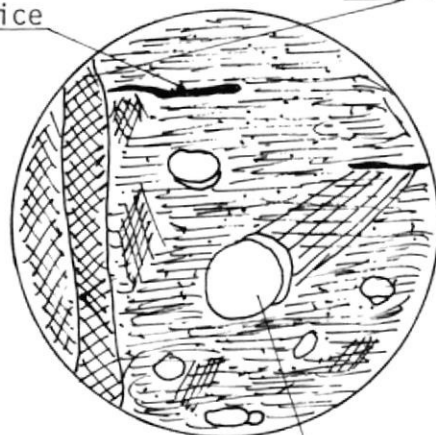
Lutita color gris oscuro silicificada, con bandas calcáreas de color gris claro, no presenta contactos netos sino difusos; bien consolidada; aspecto laminar; fracturas ortogonales rellenas de calcita.

DESCRIPCION MICROSCOPICA:

Matriz fina silicea y algo calcitizada, 85%
 Radiolarios rellenos de sílice en su mayoría, 10%
 Varios: opacos en gránulos, 5%
 Fracturas rellenas de calcita y sílice, se presenta una mayor cristalización de la calcita la misma que se encuentra relleno la más reciente generación de fracturas.
 De acuerdo a las bandas que presenta la matriz se puede observar una calcitización y silicificación importante; no se puede afirmar con certeza cual es la composición original ya que pudo haber sido una calcilutita o una lutita silicea.

Nombre de la roca: Lutita silicea calcitizada

fracturas rellenas de calcita y sílice



radiolarios

300 u.

TESIS DE GRADO

MUESTRA No. 4022

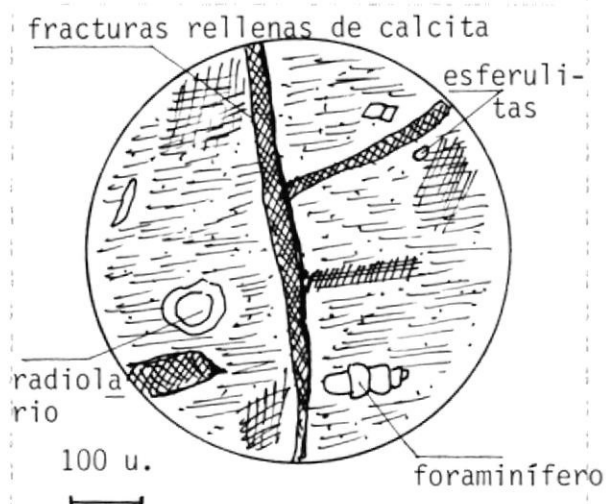
TIPO DE MUESTRA : Limolita
 COORDENADAS : 632590-9759830
 LOCALIDAD : Cerro Mexicano - Durán
 FORMACION : Cayo
 MIEMBRO : Guayaquil
 COLECTADO POR : FAE
 FECHA : 22-1-88

DESCRIPCION MACROSCOPICA:

Limolita color café: bien consolidada: laminada:
 presenta fracturas ortogonales rellenas de calcita.

DESCRIPCION MICROSCOPICA:

Matriz fina e isotrópica, presena alta calcitiza-
 ción. 90%
 Radiolarios v espículas calcáreas. 5%
 Opacos v fragmentos de feldespatos. 3%
 Foraminíferos calcitizados. 2%
 Fracturas rellenas de calcita.
 Nombre de la roca: Limolita calcitizada.



A N E X O B

ANALISIS PALEONTOLOGICOS

LISTADO DE MUESTRAS PARA MICROPALEONTOLOGIA

No	UBICACION	COORDENADAS	LITOLOGIA	MICROFAUNA
3556	C. Grande	634345-9760340	arenisca fina	con fauna
3560	C. Grande	634340-9760345	limolita	esteril
3561	C. Grande	634340-9760340	lutita	esteril
3563	C. Grande	634345-9760340	lutita	esteril
3565	C. Grande	634345-9760345	lutita silicea	esteril
3566	C. Grande	634345-9760350	lutita silicea	esteril
3567	C. Grande	634345-9760360	Lutita silicea	con fauna
3595	C. Redondo	623975-9760315	limolita	con fauna
3596	C. Redondo	623980-9760315	limolita	con fauna
3598	C. Redondo	633170-9760300	limolita	esteril
3599	C. Redondo	633175-9760300	limolita	esteril
4001	C. Redondo	633175-9760305	limolita	con fauna
4003	C. Cuatro	630785-9759570	limolita	con fauna
4005	C. Cuatro	630775-9759580	limolita	con fauna
4006	C. Cuatro	630780-9759575	limolita	con fauna
4008	C. Cuatro	630775-9759580	limolita	esteril
4009	C. Cuatro	630775-9759570	limolita	esteril
4017	C. Tres	627855-9759740	lutita	esteril
4021	C. Mexicano	632310-9759760	limolita	esteril
4023	C. Mexicano	632310-9759755	limolita	esteril
4025	C. Mexicano	632310-9759750	lutita	con fauna
4026	C. Mexicano	632310-9759740	limolita	esteril
4027	C. Cuatro	631205-9759800	limolita	esteril

4073	C. Tres	629005-9760270	limolita	esteril
4074	C. Tres	629050-9760265	limolita	esteril
4075	C. Tres	629050-9760260	limolita	con fauna



BIBLIOTECA

RESULTADOS DEL ANALISIS MICROPALEONTOLOGICO

No DE MUESTRA: 3567

COORDENADAS: 634345-9760340

Sin foraminiferos. Frecuentes radiolarios Spumellarios
 Discoideos y un Nassellario Cvrtellario incompleto:
 Dictyomitra.

Edad: Cretácico Superior ?

Ambiente: Marino.

No DE MUESTRA: 3596

COORDENADAS: 623980-9760315

Foraminifero Bentónico: Nonionella cretacea.

Otros: radiolarios spumellarios sphaeroideos y discoideos.

Raros fragmentos de espículas silíceas de Esponiarios.

Edad: Cretáceo Superior

Ambiente: Marino.

No DE MUESTRA: 4003

COORDENADAS: 630785-9759570

Foraminifero Bentónico: Laena cf. olobosa.

Foraminifero Planctónico: Fragmento indentificable.

Otros: radiolarios spumellarios sphaeroideos y discoideos.

Edad: Cretáceo - Superior Paleoceno

Ambiente: Marino

No DE MUESTRA: 4005

COORDENADAS: 630775-9759580

Foraminífero bentónico: Eponides sp.

Edad: Indeterminada.

Ambiente: Marino

No DE MUESTRA: 4006

COORDENADAS: 630780-9759575

Foraminífero Bentónico: Dentalina sp.

Otros: Comunes radiolarios solumellarios sphaeroideos v
discoideos.

Edad: Indeterminada

Ambiente: Marino

No DE MUESTRA: 4023

COORDENADAS: 632310-9759755

Sin foraminíferos. Raros radiolarios solumellarios
sphaeroideos.

Edad: Indeterminada

Ambiente: Marino

No DE MUESTRA: 4025

COORDENADAS: 620050-9760270

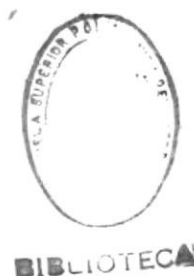
Foraminiferos bentónicos: Fragmentos de bathysiphon,
laena sp.

Otros: Comunes radiolarios soumellarios sphaeroideos y
discoideos.

Fragmentos de espículas monaxónicas silíceas de
esponjarios.

Edad: Indeterminada.

Ambiente: Marino



No DE MUESTRA: 4026

COORDENADAS: 632310-9759740

Foraminiferos bentónicos: Hormosina sp., cámara de
Nodosariaceo.

Otros: Radiolarios Soumellarios Sphaeroideos y Discoideos.

Fragmentos de espículas silíceas monaxónicas de
Esponjarios.

Edad: indeterminada.

Ambiente: Marino.



BIBLIOTECA

A N E X O C

DATOS ESTRUCTURALES

DATOS ESTRUCTURALES UTILIZADOS EN EL ANALISIS ESTADISTICO

DATOS DE ESTRATIFICACION

Número de datos: 130

40/34 SE	50/22 SE	60/15 SE	62/28 SE
60/34 SE	65/50 SE	70/17 SE	70/24 SE
70/35 SE	70/13 SE	70/14 SE	70/20 SE
70/30 SE	75/20 SE	75/12 SE	75/35 SE
80/25 SE	80/20 SE	80/30 SE	80/16 SE
80/18 SE	80/15 SE	80/19 SE	80/12 SE
80/20 SE	85/15 SE	85/15 SE	90/12 S
90/22 S	90/17 S	90/17 S	90/22 S
90/17 S	90/22 S	90/18 S	90/28 S
90/18 S	95/35 S0	95/14 S0	95/14 S0
95/12 S0	95/15 S0	95/15 S0	95/25 S0
95/22 S0	95/24 S0	95/18 S0	100/16 S0
100/13 S0	100/12 S0	100/17 S0	100/12 S0
100/17 S0	100/16 S0	100/18 S0	100/15 S0
100/17 S0	100/22 S0	100/16 S0	100/26 S0
100/20 S0	100/24 S0	100/28 S0	100/25 S0
100/30 S0	100/15 S0	100/28 S0	105/50 S0
105/26 S0	105/28 S0	104/17 S0	105/34 S0
105/26 S0	105/30 S0	105/24 S0	105/15 S0
105/17 S0	105/13 S0	110/17 S0	110/16 S0
110/15 S0	110/16 S0	110/15 S0	110/40 S0

110/25 S0	110/15 S0	110/24 S0	110/27 S0
110/25 S0	110/34 S0	110/35 S0	110/17 S0
110/11 S0	110/12 S0	110/15 S0	110/18 S0
110/20 S0	110/23 S0	112/18 S0	114/10 S0
115/20 S0	115/16 S0	115/16 S0	115/14 S0
115/08 S0	115/15 S0	115/19 S0	115/27 S0
115/20 S0	115/20 S0	117/08 S0	117/09 S0
118/08 S0	120/20 S0	120/14 S0	120/13 S0
123/13 S0	125/17 S0	123/13 S0	122/16 S0
120/18 S0	125/18 S0	125/15 S0	125/24 S0
130/18 S0	135/20 S0	145/05 S0	145/20 S0
150/17 S0	100/28 S0		

DATOS DE DIACLASAS

CERRO GRANDE

Número de datos: 124

180/VERT.	180/79 O	180/74 O	180/73 O
180/80 O	180/VERT.	170/65 SO	170/85 SO
170/85 SO	170/80 SO	170/80 SO	160/70 NE
160/VERT.	160/75 SO	160/VERT.	160/78 SO
160/76 NE	155/VERT.	155/72 NE	150/75 NE
150/70 NE	150/72 NE	145/80 NE	145/48 NE
140/VERT.	140/80 NE	140/70 NE	140/VERT.
140/65 NE	140/82 SE	140/84 NE	140/75 NE
140/70 NE	135/64 NE	130/80 NE	130/80 NE
130/73 NE	130/75 NE	130/78 NE	130/77 NE
130/75 NE	130/78 NE	130/75 SO	125/80 NE
125/78 NE	120/85 SO	120/80 NE	120/72 NE
118/75 NE	110/73 SO	109/88 NE	100/60 NE
100/60 NE	90/85 N	90/75 N	90/75 N
90/80 N	90/75 N	85/75 NO	80/85 NO
05/78 NO	80/65 NO	80/70 NO	80/75 NE
80/80 SE	80/80 NO	80/68 NO	80/73 NO
80/80 NO	75/78 NO	75/70 NO	70/85 NO
70/83 SE	70/75 NO	70/80 NO	70/60 NO
70/75 NO	70/VERT.	65/83 SE	60/85 NO
60/VERT.	60/70 NO	60/65 NO	60/VERT.

60/70 ND	50/70 ND	50/VERT.	50/70 ND
50/81 ND	50/70 ND	50/82 ND	40/71 ND
40/75 ND	40/80 SE	40/80 SE	40/77 ND
40/80 ND	30/77 ND	30/78 ND	30/50 ND
30/80 ND	30/85 ND	30/73 ND	30/55 SE
20/72 ND	20/74 ND	20/45 ND	20/70 ND
20/65 ND	20/70 ND	20/85 ND	20/70 ND
20/70 ND	20/70 ND	20/70 ND	15/75 ND
15/80 ND	10/80 ND	10/85 ND	10/65 ND
10/VERT.	10/40 ND	10/75 ND	5/78 ND

CERRO REDONDO

Número de datos: 105



BIBLIOTECA

180/82 O	180/78 E	180/85 O	180/VERT.
180/85 O	180/85 O	170/73 NE	170/75 NE
160/68 NE	160/65 NE	160/63 NE	162/65 NE
162/53 NE	150/80 NE	150/60 NE	150/68 NE
150/70 NE	150/75 NE	145/70 NE	140/82 NE
140/70 NE	140/68 NE	140/70 NE	140/75 NE
140/70 NE	135/62 NE	135/64 NE	130/80 NE
130/80 NE	130/65 NE	120/58 NE	125/64 NE
120/62 NE	120/80 NE	120/75 NE	120/66 NE
120/67 NE	120/70 NE	120/60 NE	110/54 NE
110/76 NE	110/85 NE	110/75 NE	110/72 NE

100/62 NE	90/80 N	80/80 NO	80/VERT.
85/80 NO	75/68 NO	75/75 NO	70/85 NO
70/VERT.	70/40 NO	70/65 NO	70.60 NO
70/61 NO	70/65 NO	60/65 NO	60/64 NO
60/75 NO	60/86 NO	60/87 SE	55/65 NO
55/70 NO	58/60 NO	50/VERT.	50/77 NO
50/80 NO	50/68 NO	50/65 NO	50/VERT.
45/76 NO	45/75 NO	45/63 NO	45/VERT.
45/VERT.	40/65 NO	40/75 NO	40/80 NO
40/VERT.	30/80 NO	30/64 NO	32/84 SE
28/85 NO	25/58 SE	25/50 NO	25/68 NO
25/80 NO	20/85 NO	20/85 SE	20/75 SE
20/75 NO	20/80 NO	15/70 SE	15/VERT.
10/VERT.	10/80 SE	10/68 SE	10/85 NO
02/VERT.			

CERRO MEXICANO

Número de datos: 154

180/75 O	180/73 E	180/VERT.	180/80 E
180/67 O	180/74 O	180/75 O	170/65 NE
170/80 NE	170/VERT.	170/63 NE	170/80 SO
170/85 NE	170/79 NE	165/VERT.	165/72 SO
165/67 SO	165/VERT.	165/80 NE	160/86 NE
160/70 NE	160/86 NE	160/64 SO	160/80 NE

160/75 NE	156/76 NE	155/84 NE	155/60 NE
155/88 NE	155/78 NE	155/85 NE	155/VERT.
155/80 NE	154/77 NE	150/70 NE	150/66 NE
150/70 NE	150/VERT.	150/75 SO	150/80 NE
150/70 NO	150/65 NE	150/80 NE	150/66 NE
150/84 NE	150/75 NE	150/VERT.	146/74 NE
145/75 NE	145/80 NE	145/82 NE	145/76 NE
145/64 NE	145/VERT.	145/75 NE	143/75 NE
143/77 NE	141/75 NE	140/70 NE	140/80 NE
140/67 NE	140/70 NE	140/82 NE	140/71 NE
140/80 SO	140/70 NE	140/68 NE	140/69 NE
140/75 NE	140/70 NE	140/71 NE	140/82 NE
140/75 NE	136/81 NE	135/70 SO	135/73 NE
135/80 NE	135/73 NE	134/76 NE	130/60 SO
130/70 NE	130/80 NE	130/60 SO	130/80 NE
130/85 NE	130/78 NE	130/86 NE	125/85 NE
120/70 NE	110/85 NE	100/74 NE	100/60 NE
90/48 N	90/60 N	80/73 NO	80/76 NO
80/60 NO	80/60 NO	80/50 NO	73/60 NO
70/65 NO	70/70 SE	65/70 NO	60/65 NO
60/58 NO	60/58 NO	60/70 NO	60/75 NE
60/60 NO	60/75 NO	60/79 SE	60/60 NO
60/62 SE	60/48 NO	55/63 SE	50/75 NO
50/73 SE	50/83 SE	50/VERT.	50/80 NO
50/75 NO	50/69 NO	50/85 NO	50/80 NO
50/60 NO	50/50 NO	50/60 NO	50/VERT.
50/61 NO	50/68 SE	50/80 NO	45/VERT.

80/75 SE	80/67 SE	80/60 NO	80/62 NO
70/77 NO	70/VERT.	60/80 NO	30/72 NO
10/80 NO			

CERRO TRES O LAS CABRAS

Número de datos: 185



180/80 O	170/72 E	180/83 O	180/65 E
180/65 O	175/80 E	170/80 SO	170/85 NE
165/85 NE	160/75 NE	155/84 NE	150/VERT.
150/55 SO	150/85 NE	150/80 NE	145/70 SO
140/75 NE	140/VERT.	140/85 NE	180/87 O
180/80 O	180/85 O	180/84 O	180/VERT.
175/VERT.	170/70 NE	170/80 SO	160/45 NE
160/VERT.	150/55 SO	150/85 NE	150/80 SO
150/64 SO	145/74 SO	145/65 SO	140/85 NE
140/87 SO	140/85 SO	180/80 E	180/VERT.
180/72 E	180/85 E	180/70 O	170/70 NE
170/80 SO	170/80 SO	160/70 SO	160/VERT.
160/78 SO	150/75 NE	150/VERT.	150/80 NE
145/80 SO	140/87 SO	140/80 NE	140/75 NE
135/75 NE	180/65 O	180/VERT.	180/80 E
180/85 E	175/80 NE	170/VERT.	170/72 NE
165/85 NE	160/75 NE	150/70 NE	150/87 NE
150/75 NE	150/80 SO	145/78 SO	160/78 NE

140/75 NE	140/70 NE	140/80 SO	135/80 SO
130/75 NE	130/72 NE	130/78 NE	120/70 NE
120/85 SO	115/80 NE	105/60 NE	100/80 NE
95/70 NE	90/80 S	85/85 SE	80/VERT.
80/85 SE	80/VERT.	80/85 NO	70/55 NO
70/VERT	70/70 NO	60/VERT.	55/60 NO
40/85 SE	40/60 NO	30/85 NO	20/80 NO
20/80 NO	10/80 NO	10/VERT.	10/79 NO
130/75 NE	130/80 NE	130/80 SO	120/85 NE
120/75 NE	110/82 NE	105/70 NE	100/85 NE
95/75 SO	90/84 S	85/80 N	80/85 SE
80/VERT.	80/64 SE	75/75 NO	70/80 SE
70/VERT.	70/VERT.	60/57 NO	40/VERT.
40/60 NO	40/80 SE	30/80 NO	20/75 NO
20/80 NO	10/VERT.	10/80 NO	10/79 NO
130/VERT.	130/86 NE	130/85 SO	120/85 NE
115/80 SO	110/70 NE	110/75 NE	95/78 SO
90/86 S	90/VERT.	80/VERT.	80/80 SE
80/60 NO	80/VERT.	70/85 NO	70/VERT.
70/80 SE	65/55 NO	60/75 NO	40/84 NO
40/85 NO	35/85 NO	30/80 NO	20/75 NO
20/80 NO	10/62 NO	10/70 NO	130/VERT.
130/86 NE	120/75 NE	120/65 NE	115/85 NE
100/80 NE	95/86 SO	90/75 N	85/75 SE
80/VERT.	80/80 NO	80/85 NE	80/82 SE
70/85 NO	70/85 NO	70/48 NO	65/80 NO
55/68 NO	40/VERT.	40/70 NO	30/82 NO

25/70 NO

20/70 NO

15/85 SE

10/80 NO

10/65 SE

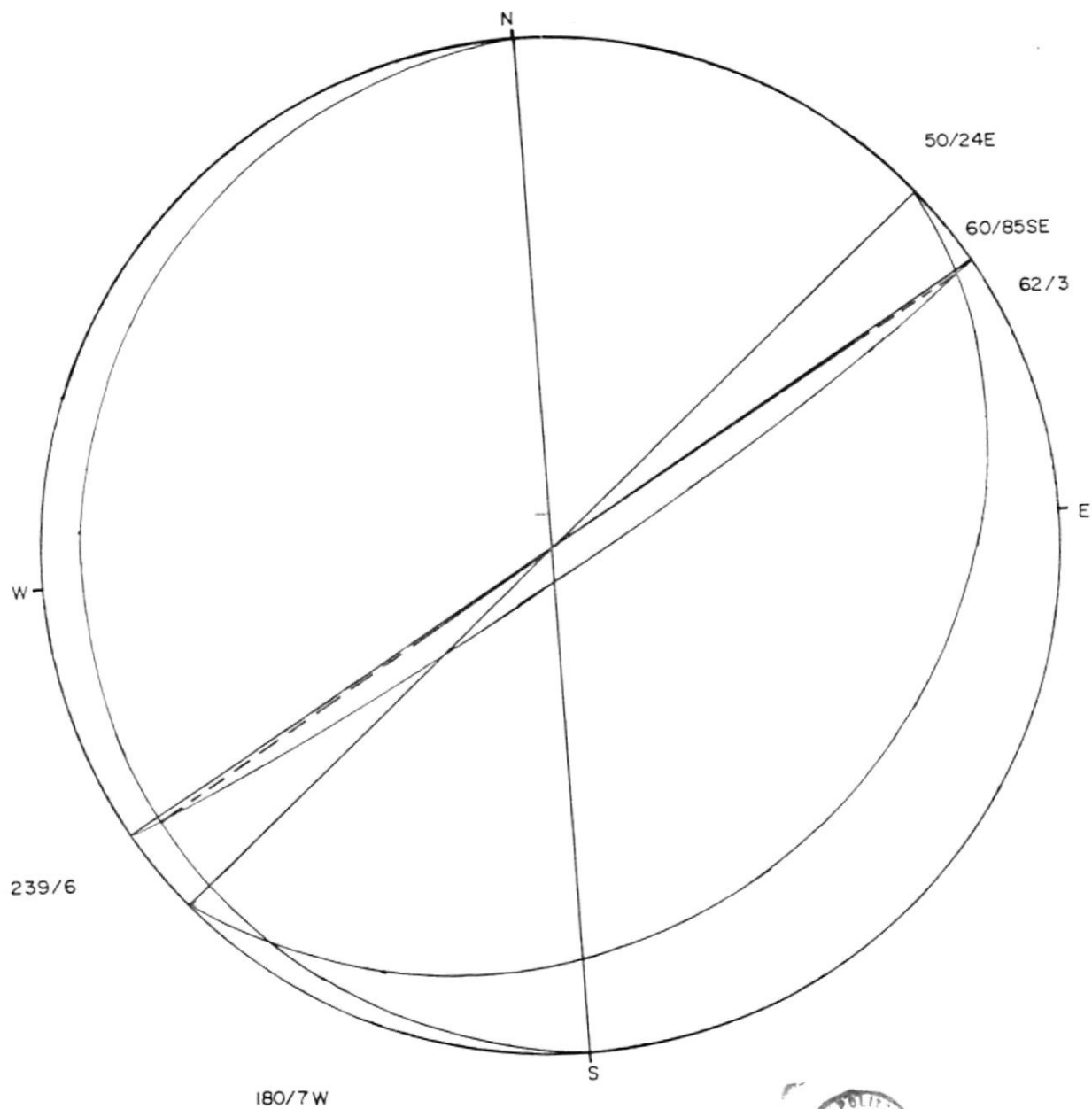
f



BIBLIOTECA

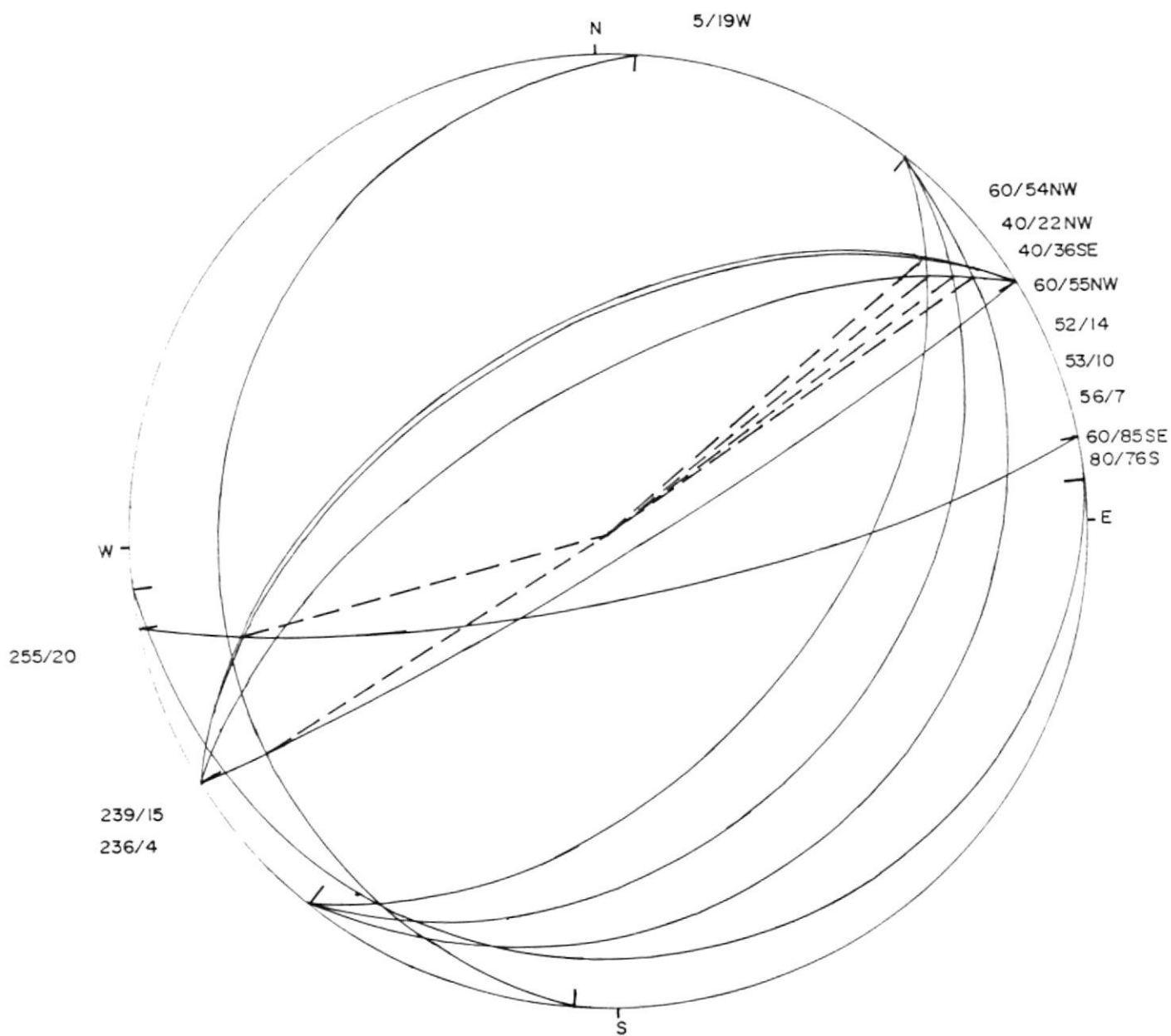
GRAFICOS DE LOS EJES DE LOS PLIEGUES EN LA RED ESTEREOGRAFICA EN
CADA UNO DE LOS CERROS DE DURAN

CERRO MEXICANO

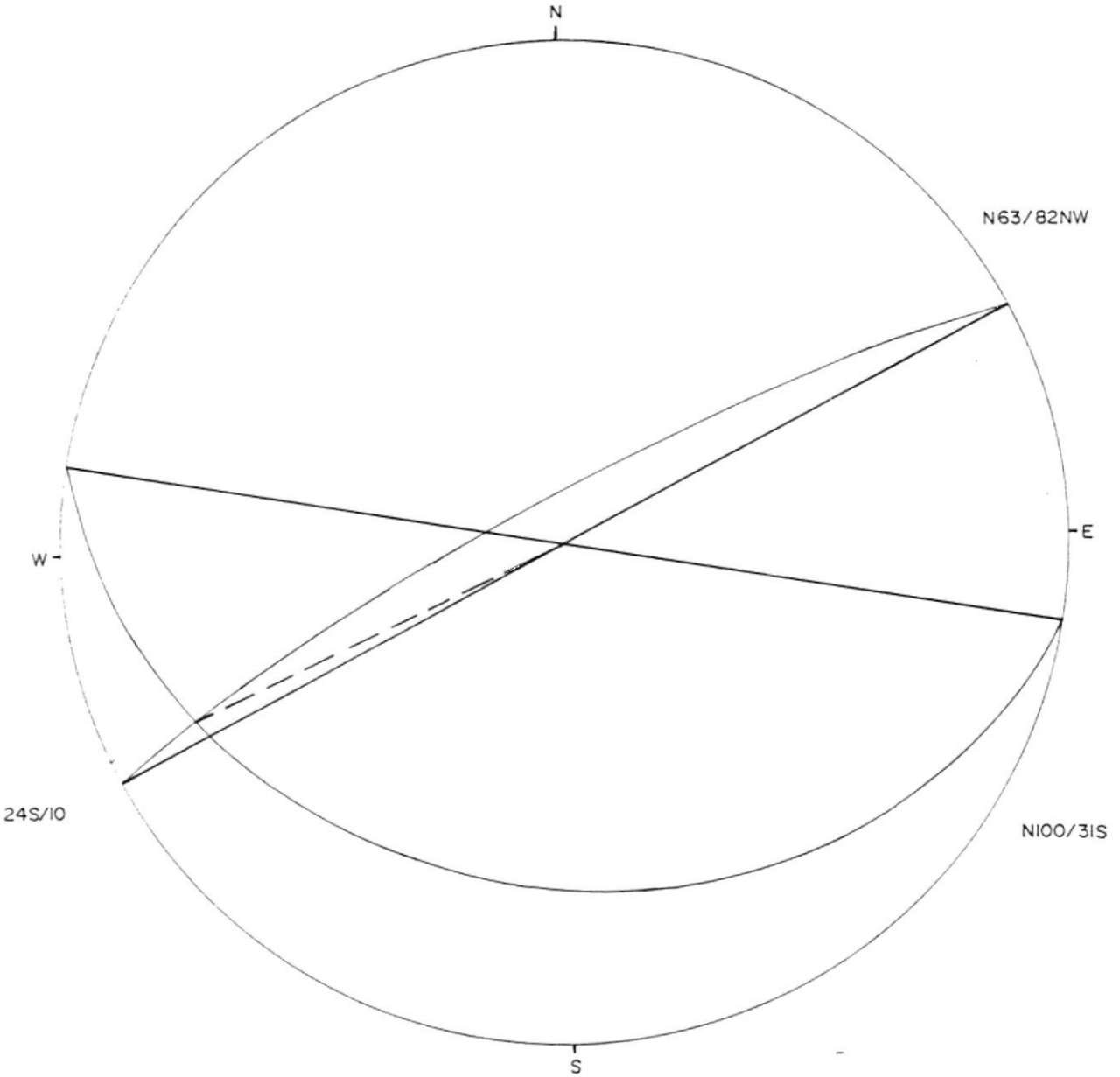


BIBLIOTECA

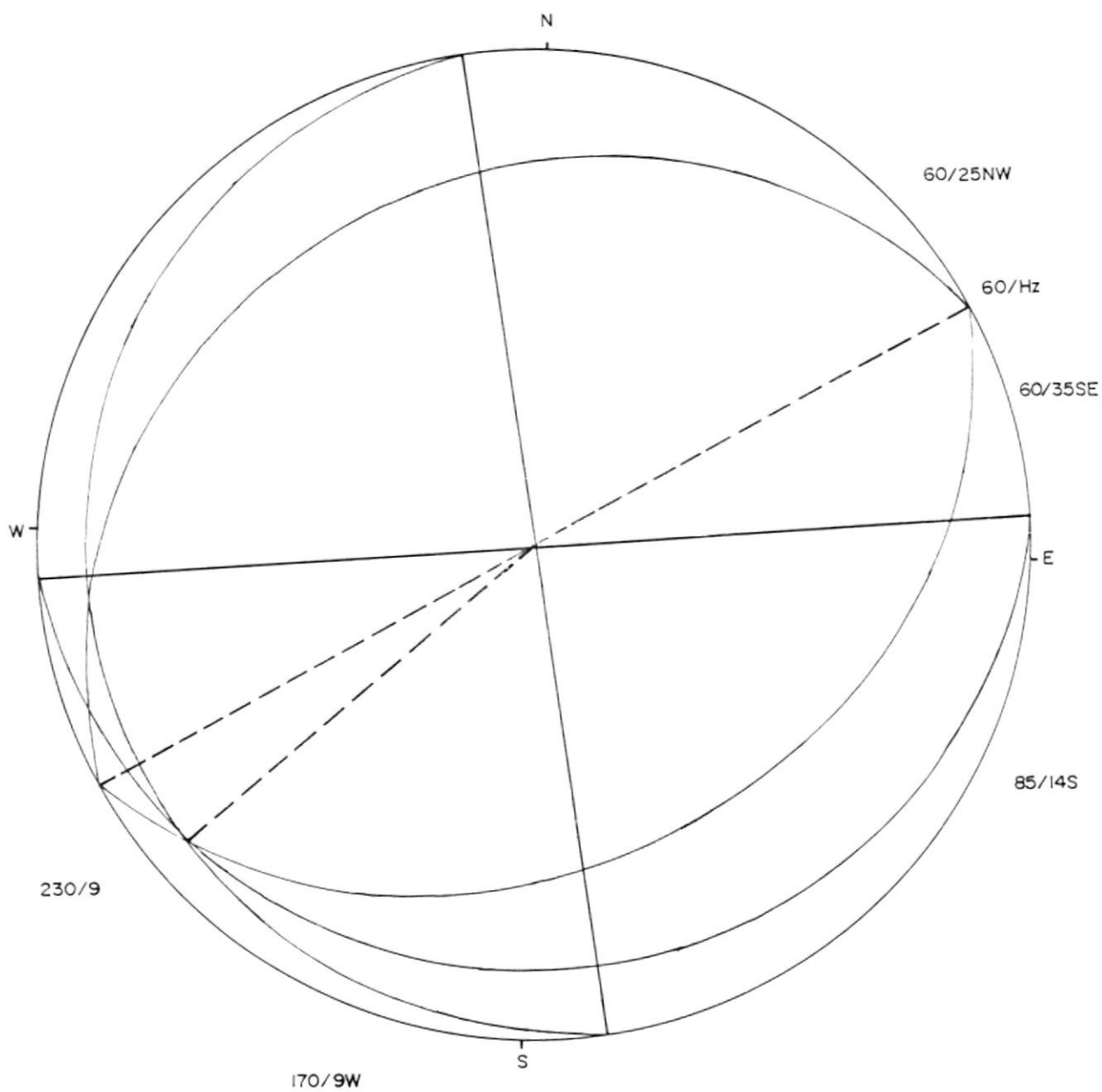
CERRO CUATRO (1)



CERRO CUATRO (2)



CERRO TRES O LAS CABRAS



BIBLIOGRAFIA

1. ALVARADO, G. SANTOS M. El Miembro Calentura y la Formación Cayo, III Congreso Ecuatoriano de Ingenieros Geólogos de Minas y Petróleos. Tomo 1A. Guayaquil, 1983. pp. 1-13.
2. BENITEZ, S. Contribución al estudio de las cuencas sedimentarias del SO ecuatoriano. III Congreso Ecuatoriano de Ingenieros Geólogos de Minas y Petróleos, Tomo 1A, Guayaquil, 1983, pp. 8-13.
3. BENITEZ, S. Estratigrafía de las Formaciones Cayo y Guayaquil: hacia una redefinición, V Congreso Ecuatoriano de Geología, Minas, Petróleos y Ciencias afines, memorias en edición, Loja, 1988, 23 p.
4. BENITEZ, S., TOALA, G. Proyecto Cuenca Progreso: Corte en el río Bachillero de la Cordillera Chongón Colonche, Informe inédito, CEPE, 1988, 29 p.

5. BRISTOW, C. R., The age of the Cayo Formation, Newst Stratig. Ecuador, 1976, pp. 169 - 173.
6. BRISTOW, C. R., HOFFSTETTER, R., Lèxico Estratigráfico Internacional, Fasc. 5 a 2, Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, Francia, 1977, 412 p.
7. CALLE, J. Estudio Geològico definitivo de la via Perimetral de Guayaquil, Guayaquil, 1979, 180 p.
8. CORRALES, I. ET AL. Estratigrafia, Editorial Rueda, Madrid, 1977, 718 p.
9. DELFAUD, J. Application de l'analyse sèquentielle a l'exploration lithostratigraphique d' un bassin sedimentaire. L'exemple du Jurassique et du Cretacè inferieur de L'Aquitaine, Mem. BRGM, No 77, Paris, 1972, pp. 593-611.
10. DUGAS, F. Sedimentaciòn y efectos tectònicos en el SW del Ecuador, IV Congreso Ecuatoriano de Geologia, Minas y Petròleos, Quito, 1986, pp. 61-73.
11. DUMBAR C., RODGERS J., Principios de Estratigrafia, editorial Continental, Mexico, 1969, 422 p.
12. FEININGER, T., BRISTOW R., La Geologia Històrica Del

- Cretácico y Paleogeno de la Costa Ecuatoriana. EPN vol. 2. Monografía de Geología, Quito 1980, pp. 7-46.
13. HOFHERR G. Contribución a la Bioestratigrafía de la Formación Cayo, Revista de la Universidad de Guayaquil, Guayaquil, 1980, pp. 99 - 111.
 14. KERR, P. F. Mineralogía Óptica, ediciones Castilla, Madrid, 1965, 432 p.
 15. LONSDALE, P., Ecuadorian subduction System, A.A.F.G. Vol 62, No 12, 1978 traducción al español por Benitez, Barquet, Hernández, Guayaquil, 1983, 39 p.
 16. MARURI, R., MORENO, M., La reacción alcalis-agregado en el concreto, Guayaquil, 1983, 25 p.
 17. MATTAUER, M., Las deformaciones de los materiales de la Corteza Terrestre, Ediciones Omega, España, 1976, 524 p.
 18. MEDINA, M., Estudio Geológico del Campus Politécnico, Provincia del Guayas-Ecuador, Tesis de Grado, Facultad de IGMP, ESPOL, 1981, 170 p.
 19. MORENO, M., Estratigrafía detallada del Grupo Azúcar en los acantilados de Playas, Tesis de Grado, Facultad

- de IGMP, ESPOL, Guayaquil, 1983, 182 p.
20. NAVARRETE, E., Estudio estratigráfico de la Formación San Mateo en el corte Puerto Lopez-Salango, Tesis de Grado, Facultad de IGMP, ESPOL, 1985, pp. 110-150.
21. NUNEZ DEL ARCO, E., Proyecto de Investigación Geológica, ESPOL-ORSTOM, Informe No 6, ESPOL, Guayaquil, 1983, 357 p.
22. NUNEZ DEL ARCO, E., DUGAS F. Guía Geológica del SO de la Costa Ecuatoriana, ESPOL-CONUEP-ORSTOM, ESPOL, Guayaquil, 1986, 209 p.
23. NUNEZ DEL ARCO, E. Primer informe semestral, levantamiento de 13 cartas geológicas escala 1:50000 de las provincias de Guayas y Manabí, ESPOL, Guayaquil, 1987, 24 p.
24. PETTIJHON, F., Rocas Sedimentarias, Editorial universitaria de Buenos Aires, Argentina, 1963, 731 p.
25. WILLIAMS, H., TURNER, F., GILBERT, CH. M. Petrografía, Centro Regional de ayuda técnica, Agencia Internacional para el desarrollo (AID), México, 1968, 430 p.

TESIS DE GRADO

ESPOL

COLUMNA GEOLOGICA DE LA Fm. CAYO DURAN CERRO GRANDE

REALIZADO POR: **FLOR ALVARADO ESPINOSA**

Fig 13

COORDENADAS: (9760.345 - 634.360 - 9760.220 - 634.330)

ESCALA: 1:100 FECHA: ABRIL / 1988

FORMACION	POTENCIA (m.)	Nº DE MUESTRA	ESTRATIFICACION	LITOLOGIA	ANALISIS SECUENCIAL					DESCRIPCION
					LUTITA	LIMOLITA	ARENISCA FINA	ARENISCA GRUESA	BRECHA	
C A Y O D U R A N	45	3567 M.	1/2							SECUENCIAS DECIMETRICAS DE TURBIDITAS FINAS CON PRESENCIA DE NODULOS DE CHERT
	40	3564 M.								10 SECUENCIAS LUTITAS CON POCO CHERT. COLOR GRIS VERDOSO ARENISCA ACUÑADA POTENCIA MAXIMA 50 CM.
	35	3556 M.								12 SECUENCIAS TURBIDITICAS, GRIS VERDOSAS CON CHERTIFICA- CION GENERAL DE UN 50%. ARENISCA NEGRA (IDEM ABAJO) 4 SECUENCIAS DE TURBIDITAS FINAS CON NODULOS DE CHERT ARENISCA NEGRA LAMINADA DE GRANO GRUESO. TURBIDITAS FINAS CON NODULOS DE CHERT (10 SECUENCIAS)
	30									LUTITA OSCURA GRIS VERDOSA LUTITAS FINAS GRIS VERDOSAS CALCAREAS EN 5 SECUENCIAS ARENISCA DE GRANO MEDIO CON CLASTOS ALARGADOS METRICOS CON ACUÑAMIENTO LATERAL HACIA EL OESTE. TURBIDITAS FINAS EN 10 SECUENCIAS DE ARENISCA FINA A LUTITAS
	25	3562 M. 3561 M.								TURBIDITA MEDIA DE ARENISCA MEDIA A LUTITA FINA (2 SECUENCIAS) TURBIDITAS FINAS EN 4 SECUENCIAS DE ARENISCA FINA A LUTITA. TURBIDITAS GRUESAS NEGRAS ACUÑADAS HACIA EL OESTE (4 SECUENCIAS) LUTITA TORACEA BIEN LAMINADA Y DELEZNABLE TURBIDITA FINA (5 SECUENCIAS) EN LA BASE CALCAREA TURBIDITA IDEM (2 SECUENCIAS) TURBIDITA DE ARENISCA A LIMOLITA EN 4 SECUENCIAS CON NODULOS DE CHERT. SERIE TURBIDITA FINA EN LA BASE SECUENCIAS TURBIDITICAS FINAS DECIMETRICAS CON SECUENCIA SUPERIOR DE 1 M. CON NODULOS DE CHERT. TURBIDITAS FINAS CALCAREAS (15 CM CADA UNA) TURBIDITA IDEM (ABAJO) TURBIDITA DE ARENISCA DE GRANO MEDIO A FINO, COLOR GRIS TURBIDITA IDEM GRANO (2 SECUENCIAS) TURBIDITA IDEM ABAJO 5 SECUENCIAS TURBIDITA FINA EN 2 SECUENCIAS DE ARENISCA DE GRANO FINO A LUTITA. TURBIDITA LAMINADA EN LA BASE CLASTOS DECIMETRICOS DE LUTI- TAS NEGRAS (ARENISCA DE GRANO MEDIO A FINO)
	20									TURBIDITA IDEM ABAJO TURBIDITA ARENISCA DE GRANO MEDIO A LUTITA TURBIDITA FINA LUTITAS SILICIFICADAS DECIMETRICAS DE COLOR GRIS OSCURO A NEGRO ARENISCA IDEM ABAJO LUTITA SILICIFICADA ARENISCA DE GRANO MEDIO TORACEA DELEZNABLE COLOR CAFE SECUENCIAS DE LUTITA SILICIFICADA INTERCALADAS CON ARENIS- CAS FINAS ARENISCA FINA DELEZNABLE TURBIDITA FINA EN 3 SECUENCIAS TURBIDITA ARENISCA MICROBRECHOSA A LUTITA ESTRATIFICADA DENTRO DE LA ARENISCA, CLASTOS REDONDEADO DE LUTITA NEGRA (a, b, c)
	15	3559 L. 3557 L. 3558 L.								ARENISCA DE GRANO MEDIO CON CLASTOS REDONDEADOS DE LUTITAS SILICIFICADAS LUTITA SILICEA GRIS PASTOSA AMARILLA ARENISCA DE GRANO MEDIO DELEZNABLE COLOR CAFE LUTITA NEGRA BIEN HETEROGENEA LIMOLITA FINA DELEZNABLE TURBIDITA FINA EN 2 SECUENCIAS LIMOLITA LAMINADA COLOR CAFE MUY DELEZNABLE LUTITA SILICEA, COLOR GRIS OSCURO A NEGRO.
	10	3556 M.								CUBIERTO LUTITA SILICEA COLOR GRIS, OSCURA A NEGRA TURBIDITA ARENA MEDIA A LUTITA GRADACION INVERSA LUTITAS FINAS CALCAREAS DE COLOR GRIS SERIE TURBIDITICA QUE VA DE ARENISCA DE GRANO MEDIO COLOR VERDECO EN LA BASE A ARENISCA BRECHOSA DE COLOR GRIS OSCURO EN EL TOPE CON GRADA FINA INVERSA
	05	3560 M.								DENTRO DE LA ARENISCA BRECHOSA HAY CLASTOS DE BASALTO DE HASTA 5 mm. EN EL TOPE CAMBIA EN LOS ULTIMOS 5 CM. A LIMOLITA Y LUTITA HIGRAMENTE CALCAREA

COTA 20 M.

TESIS DE GRADO

ESPOL

COLUMNA GEOLOGICA DE LA Fm. CAYO DURAN CERRO REDONDO (1)

REALIZADO POR: FLOR ALVARADO ESPINOSA

Fig 14

COORDENADAS: (9760.225 - 633.170 - 9760.300 - 633.140)

ESCALA: 1: 100

FECHA: ABRIL / 1988

FORMACION	POTENCIA (m.)	Nº DE MUESTRA	ESTRATIFICACION	LITOLOGIA	ANALISIS SECUENCIAL					DESCRIPCION	
					LUTITA	LIMOLITA	ARENISCA FINA	ARENISCA GRUESA	BRECHA		
CAYO DURAN	25										
	20										
CAYO DURAN	15										
	10										
CAYO DURAN	05										
	00										

RITMO II

ESTRATOS DECIMETRICOS DE LUTITAS SILICADAS CON NODULOS DE CHERT / CON INTERCALACIONES DE ESTRATOS DECIMETRICOS DE LIMOLITA DELEZNABLE, COLOR DE METEORIZACION ROJIZA.

RITMO I

TURBIDITA (IDEM ABAJO)
 LUTITA (IDEM ABAJO)
 TURBIDITA DE ARENISCA DE GRANO GRUESO A LUTITA
 TURBIDITA (IDEM ABAJO) B (q,c)
 TURBIDITA DE ARENISCA MICROCONGLOMERATICA BIEN LAMINADA A LUTITAS SILICADAS DECIMETRICAS B (q,c)
 LUTITA TOBACEA SILICADA COLOR GRIS CLARO CON NODULOS DE CHERT INTERCALADAS CON CLASTOS DE LIMOLITA DECIMETRICAS BIEN DELEZNABLE COLOR CAFE AMARILLENTO
 LUTITA TOBACEA SILICADA.
 ARENISCA CONGLOMERATICA, LAMINADA COLOR GRIS OSCURO
 LUTITA TOBACEA SILICADA COLOR GRIS CLARO, METEORIZACION AMARILLENTO.

TESIS DE GRADO

ESPOL

COLUMNA GEOLOGICA DE LA Fm. CAYO DURAN CERRO REDONDO (2)

REALIZADO POR: FLOR ALVARADO ESPINOSA

Fig 15

COORDENADAS: (9760.330 - 632.960 - 9760.250 - 632.945)

ESCALA: 1: 100

FECHA: ABRIL / 1988

FORMACION	POTENCIA (m.)	Nº DE MUESTRA	ESTRATIFICACION	LITOLOGIA	ANALISIS SECUENCIAL					DESCRIPCION	
					LUTITA	LIMOLITA	ARENISCA FINA	ARENISCA GRUESA	BRECHA		
CAYO DURAN CERRO REDONDO	30									ZONA METEORIZADA (30 m.) CAPA DE SUELO (2m.)	
	25										
	3597 L									LUTITA (IDEM ABAJO)	
	20										
	3596 M									LIMOLITA (IDEM ABAJO) LUTITA (IDEM ABAJO) LIMOLITA (IDEM ABAJO) LUTITA (IDEM ABAJO)	
	3595 M										
	15										
	3594 L									ESTRATOS DE LUTITAS SILICEAS (PARCIALMENTE DIACLASADAS) DECIMET. CON 20 NODULOS DE CHERT, INTERCALADAS CON LIMOLITAS DE HASTA 10 CM. DE ESPESOR DE COLOR GRIS AMARILLENTO.	
	10										
	05										
	00										
											RITMO II

TESIS DE GRADO

ESPOL

COLUMNA GEOLOGICA DE LA Fm. CAYO DURAN CERRO CUATRO (2)

REALIZADO POR: FLOR ALVARADO ESPINOSA

Fig. 17

COORDENADAS: (9759.600 - 630.665 - 9759.575 - 630.735)

ESCALA: 1 : 100

FECHA: ABRIL / 1988

FORMACION	POTENCIA (m.)	Nº DE MUESTRA	ESTRATIFICACION	LITOLOGIA	ANALISIS SECUENCIAL					DESCRIPCION	
					LUTITA	LIMOLITA	ARENISCA FINA	ARENISCA GRUESA	BRECHA		
CAYO DURAN CERRO CUATRO	15									LUTITAS INTERCALADAS CON LIMOLITAS DELEZNABLES	
		4007 L.									
	05										TURBIDITA FINA (IDEM ABAJO) EN 6 SECUENCIAS
		4006 H.									LIMOLITA (IDEM ABAJO) TURBIDITA FINA DE ARENISCA DE GR. HO FINO A LUTITA CON 2 SECUENCIAS
		4004									4004 L. LIMOLITA DELEZNABLE. ESTRATOS DE LUTITAS SILICEAS BIEN CONSERVADAS CON ABUNDANTES NODULOS DE CHERT INTERCALADAS CON FINAS CAPAS DE LIMOLITAS DELEZNABLES.
	4003 H.										
	4002 L.										

RITMO II

TESIS DE GRADO

ESPOL

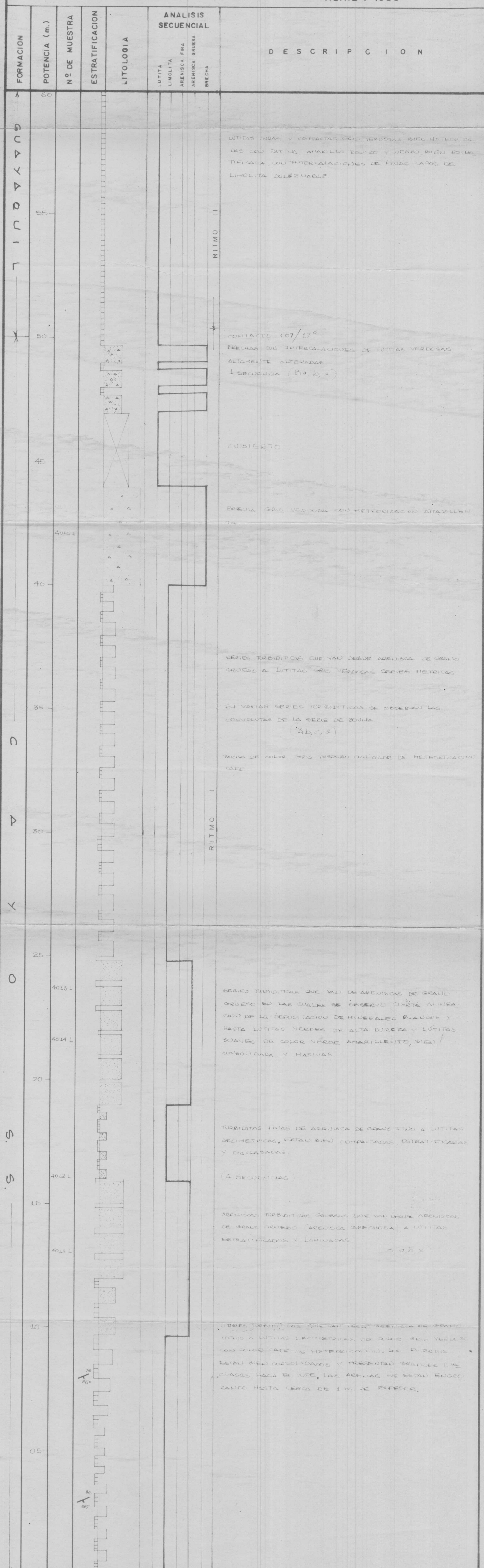
COLUMNA GEOLOGICA DE LA Fm. CAYO DURAN CERRO TRES (1)

REALIZADO POR: **FLOR ALVARADO ESPINOSA**

Fig. 18

COORDENADAS: (9759.860 - 629.670 - 9759.440 - 630.040)

ESCALA: 1 : 100 FECHA: ABRIL / 1988



TESIS DE GRADO

ESPOL

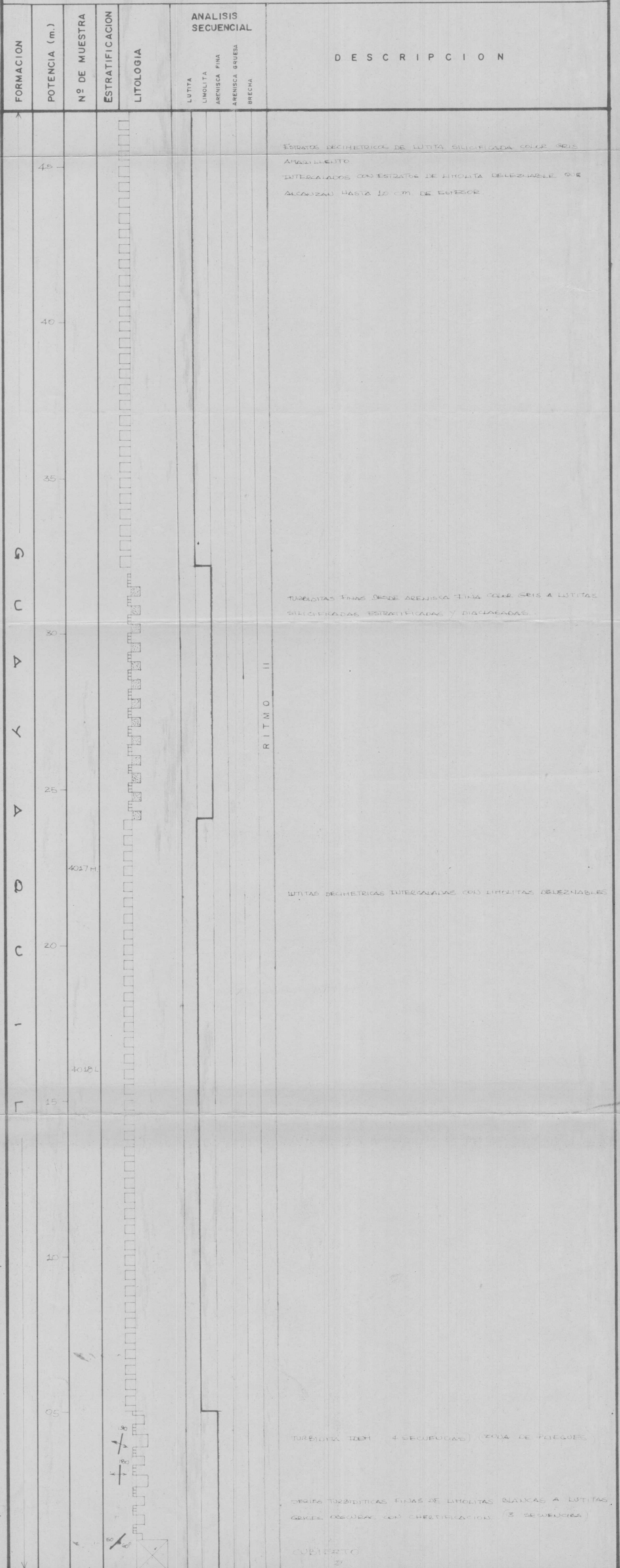
COLUMNA GEOLOGICA DE LA Fm. CAYO DURAN CERRO TRES (2)

REALIZADO POR: **FLOR ALVARADO ESPINOSA**

Fig 19

COORDENADAS: (9759.715 - 627.880 - 9758.645 - 627.895)

ESCALA: 1 : 100 FECHA: **ABRIL / 1988**



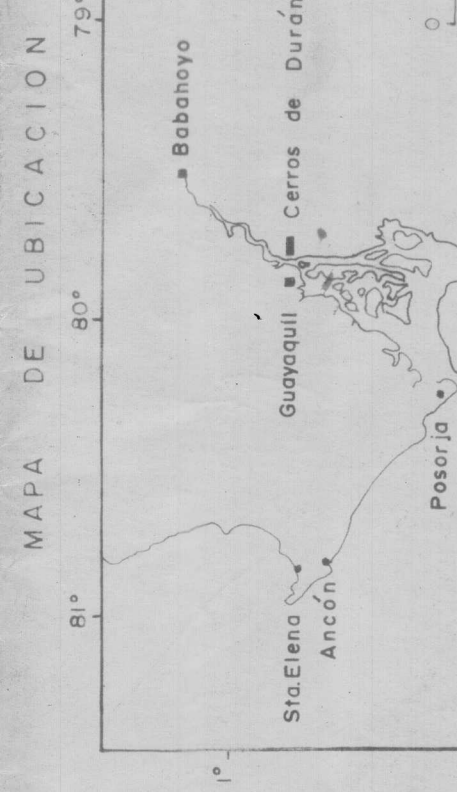


SIMBOLOGIA

- FERROCARRIL
- PANAMERICANA AUTOPISTA
- CALLES
- CARRETERA PAVIMENTADA
- CARRETERA LASTRADA
- CAMINO DE VERANO
- ALAMBRADA
- RIO INTERMITENTE, ACEQUIA
- RIO PERENNE
- ARBOLES, HIERBA TROPICAL, MONTE BAJO
- CURVA DE NIVEL INDICE
- CURVA DE NIVEL SUPLEMENTARIA
- CURVA DE NIVEL DE DEPRESION
- LINEA DE ENERGIA ELECTRICA
- CURVA DE NIVEL INTERMEDIA
- ESTRATIFICACION
- DIACLASAS
- FALLAS
- FALLAS INFERIDAS
- PLIEGUES
- CONTACTOS
- CONTACTOS INFERIDOS

LEYENDA

- Deposito Aluvial Holoceno Cuaternario
- Lutitas tobáceas silíceas y finas arenas con limonitas
- Fm. Guayaquil Paleoceno Terciario
- Fm. Cuyo Cretáceo Superior Cretáceo
- Deposito Aluvial Holoceno Cuaternario



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
TESIS DE GRADO
INGENIERIA GEOLOGICA
 FACULTAD DE GEOLOGIA, MINAS Y PETROLEOS
MAPA GEOLOGICO
DE LOS CERROS DE DURAN
 FLOR ALVARADO ESPINOSA
 ESCALA: 1:10 000 ABRIL DE 1988 MAPA N° 1

TESIS DE GRADO

ESPOL

COLUMNA GEOLOGICA DE LA Fm. CAYO DURAN CERRO TRES (3)

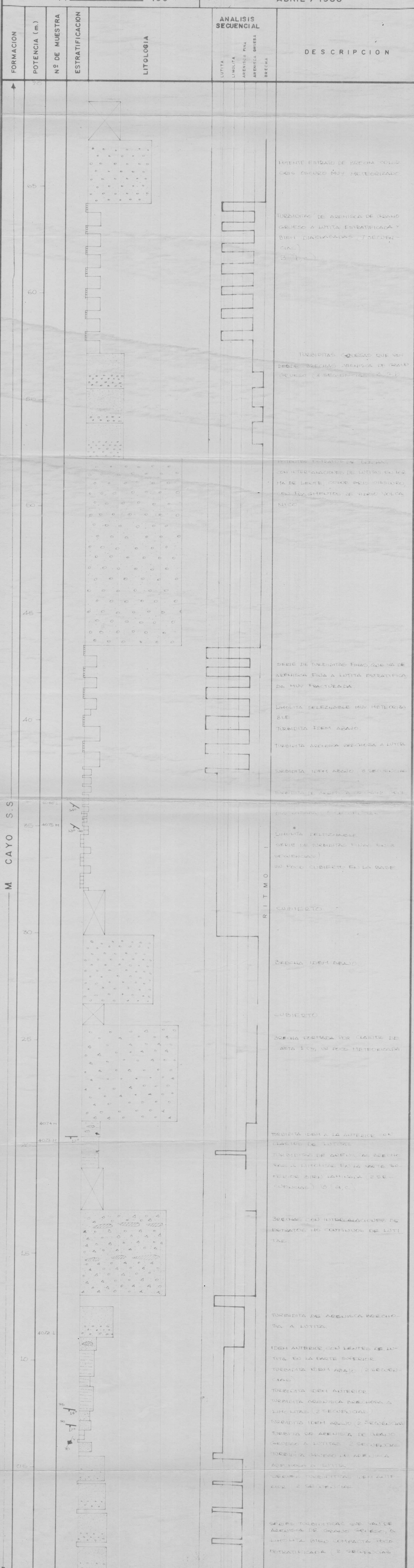
REALIZADO POR **FLOR ALVARADO ESPINOSA**

Fig. 20

COORDENADAS: (9760.150 - 629.350 - 9760.210 - 629.525)

ESCALA 1 : 100

FECHA **ABRIL / 1988**



M. CAYO S.S.

RITMO

4074 L
4073 H
4072 L

