

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE GEOLOGIA, MINAS Y PETROLEO



D-6958



06603603

GEOLOGIA EN DETALLE
DE LA
ISLA SANTA CLARA

TESIS DE GRADO
PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE
INGENIERO GEOLOGO

PRESENTADA POR:

RICHARD VERA V.

GUAYAQUIL-ECUADOR
1982

RECONOCIMIENTOS

La presente tesis fue desarrollada gracias al apoyo de la Unidad Ejecutora Golfo de Guayaquil de la Corporación Estatal Petrolera Ecuatoriana, al impulso permanente del Ingeniero - Stalin Benitez, Director de la sección de Geología Regional de la UEGG, quien me oriento además en las técnicas de campo y de laboratorio necesarias para la ejecución del presente - trabajo y al respaldo continuo del Ingeniero Miguel Graetzer Jefe de la División de Exploración de la UEGG.

En la identificación de los fósiles recolectados intervinieron Elba Mora de Baños en los ejemplares de moluscos; y Marta Ordoñez de Fiallos junto al Ing. Miguel Graetzer en foraminíferos.

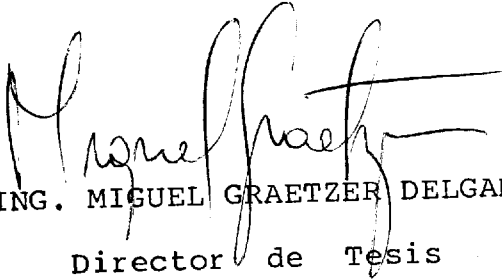
Los ensayos granulométricos y químicos se realizaron en la - sección de Sedimentología del Instituto Nacional de Pesca y las fotografías en microscopio electrónico fueron tomadas en la sección de Microscopía Electrónica del Instituto Nacional de Higiene "Leopoldo Izquieta Perez", con la colaboración del Dr. Jorge Lopez Director de dicha sección.

Mi agradecimiento a todos los profesores de la Escuela Superior Politécnica del Litoral que contribuyeron a mi formación profesional y en especial a los Ings. Alfredo Hincapie, Sergio Aguayo y Jorge Calle dedicados maestros que alimentaron mi interés en la investigación.

DEDICATORIA

A MI MADRE

A MI HERMANA

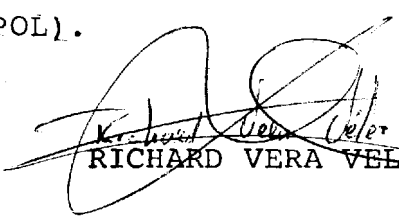


ING. MIGUEL GRAETZER DELGADO
Director de Tesis

DECLARACION EXPRESA

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

(Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la ESPOL).


~~RICHARD VERA VELEZ~~

R E S U M E N

La Isla Santa Clara está ubicada en el Golfo de Guayaquil en el Sur-Oeste del Ecuador. Como accidente geográfico es un punto muy importante, especialmente para quienes realizan operaciones de navegación y pesca en el área. Desde el punto de vista geológico se tenía muy poca información, a pesar de su cercanía con el campo Amistad, unos diez Km al Sur, donde la compañía ADA descubrió importantes cantidades de gas a principios de la década pasada. El reinicio de las labores de exploración por parte de CEPE a través de la UEGG diez años después, hizo necesario realizar un estudio geológico detallado de la isla.

Los trabajos se iniciaron con la elaboración de un mapa topográfico escala 1:1000, que se utilizó de base para la anotación de datos geológicos de campo. Posteriormente se realizaron análisis estratigráficos, sedimentológicos y estructurales a fin de determinar fundamentalmente la edad y ambiente de depositación, y el tipo de esfuerzos tectónicos que actuaron sobre los sedimentos. En la última etapa de este estudio se efectuó una correlación con áreas adyacentes del Golfo de Guayaquil y se establecieron consideraciones geológicas relacionadas a posible presencia de hidrocarburos en la zona.

INDICE GENERAL

	Pag.
RESUMEN	VI
INDICE GENERAL	VII
INDICE DE FIGURAS	IX
INDICE DE FOTOS	X
1. INTRODUCCION	
1.1. Objeto del estudio	1
1.2. Ubicación	2
1.3. Accesibilidad	2
1.4. Clima, flora y fauna	4
1.5. Estudios anteriores	6
1.6. Métodos de estudio	7
2. GEOLOGIA REGIONAL	
2.1. Estratigrafía	9
2.2. Estructuras	16
2.3. Geología histórica	19
3. GEOLOGIA LOCAL	
3.1. Geomorfología	22
3.2. Petrografía	28
3.3. Estratigrafía	35
3.4. Tectónica	54

	Pag.
4. CORRELACIONES	
4.1. Correlación estratigráfica	62
4.2. Correlaciones estructurales	65
4.3. Correlaciones petrográficas	68
4.4. Correlaciones paleontológicas	69
5. POSIBILIDADES HIDROCARBURIFERAS	71
CONCLUSIONES	74
RECOMENDACIONES	76
ANEXOS	
A. Columna estratigráfica escala 1:100	
B. Parámetros granulométricos de las areniscas	
C. Paleontología	
D. Contenido de materia orgánica en lutitas y limolitas	
BIBLIOGRAFIA	

INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°		Pág.
1	Mapa de Ubicación	3
2	Mapa Batimétrico 1:10.000	-
3	Mapa Geológico - Topográfico 1:1.000	-
4	Columna Estratigráfica de la prov. del Guayas	10
5	Mapa de Ubicación de pozos perforados en el Golfo de Guayaquil	13
6	Columna Generalizada de Amistad	14
7	Principales estructuras del Golfo de - Guayaquil	17
8	Zonificación geomorfológica de la Isla	23
9	Distribución de Paleocorriente en histo <u>g</u> grama de barra.	44
10	Histograma circular equi-areal con dis- tribución de las orientaciones de paleo <u>g</u> corrientes	44
11	Columna estratigráfica de la Isla Santa Clara 1:1.000	50
12	Elipse de distribución de esfuerzos	60
13	Columna estratigráfica de pozo Santa - Clara 1	63

FIGURA N°

Pág.

14 Correlación litológica Amistad 2 - Isla Santa Clara - Santa Clara 1

64

15 Correlación estructural Amistad 2 - Isla Santa Clara - Santa Clara 1

67

INDICE DE FOTOS

FOTO		Pag.
1	Fauna	5
2	Flora y Fauna	5
3	Panorámica de la Isla	25
4	Peñones menores del norte	25
5	Plataforma de material derrumbado	27
6	Derrumbe en el peñón principal	27
7	Estratos de areniscas	31
8	Lutitas y Limolitas	31
9	Banco de ostras	34
10	Conglomerado cuarcítico	34
11	Contacto serie verdosa - serie amarilla	37
12	Serie verdosa en el peñón sur	37
13	Variaciones laterales en la serie amarilla	40
14	Estratificación cruzada planar	40
15	Estratificación cruzada en cubeta	41
16	Ondulitas, estratificación ondulada y es - tratificación cruzada	41
17	Restos de vegetales en arenisca	42
18	Bioturbación en limolitas	42
19	Falla gravitacional con cambio de buzamien <u>t</u> to	55
20	Disturbación de estratos por falla gravita <u>t</u> cional	55

FOTO		Pág.
21	Graben en el peñón principal	57
22	Falla inversa en el peñón principal	57
23 y 24	Falla de desplazamiento de rumbo dextral	58

1. INTRODUCCION

Desde la creación de la Unidad Ejecutora Golfo de Guayaquil (UEGG) de la Corporación Estatal Petrolera Ecuatoriana (CEPE), a mediados de 1.980, se delinearón una serie de proyectos destinados a obtener un mejor conocimiento de la Geología de esta área.

Se estableció que algunos de estos proyectos serían llevados a cabo en base a contratos de becas para elaboración de tesis de grado que debía suscribir CEPE con egresados de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) ó de la Universidad de Guayaquil. El presente trabajo se ha realizado dentro del marco descrito desde Noviembre de 1.980.

1.1. OBJETO DEL ESTUDIO

Los propósitos planteados en el estudio geológico de la Isla Santa Clara son:

- a) Confeccionar una carta topográfica;
- b) Elaborar un mapa geológico;
- c) Determinar la estratigrafía de las rocas aflorantes, su petrografía, paleontología, ambientes de depositación; las estructuras presentes, y su historia geológica con el fin de estable-

cer una correlación con las rocas que afloran en el continente, y con las existentes en el subsuelo en el área del Golfo de Guayaquil;

d) Determinar las posibilidades hidrocarburíferas en la perspectiva de encontrar nuevos yacimientos.

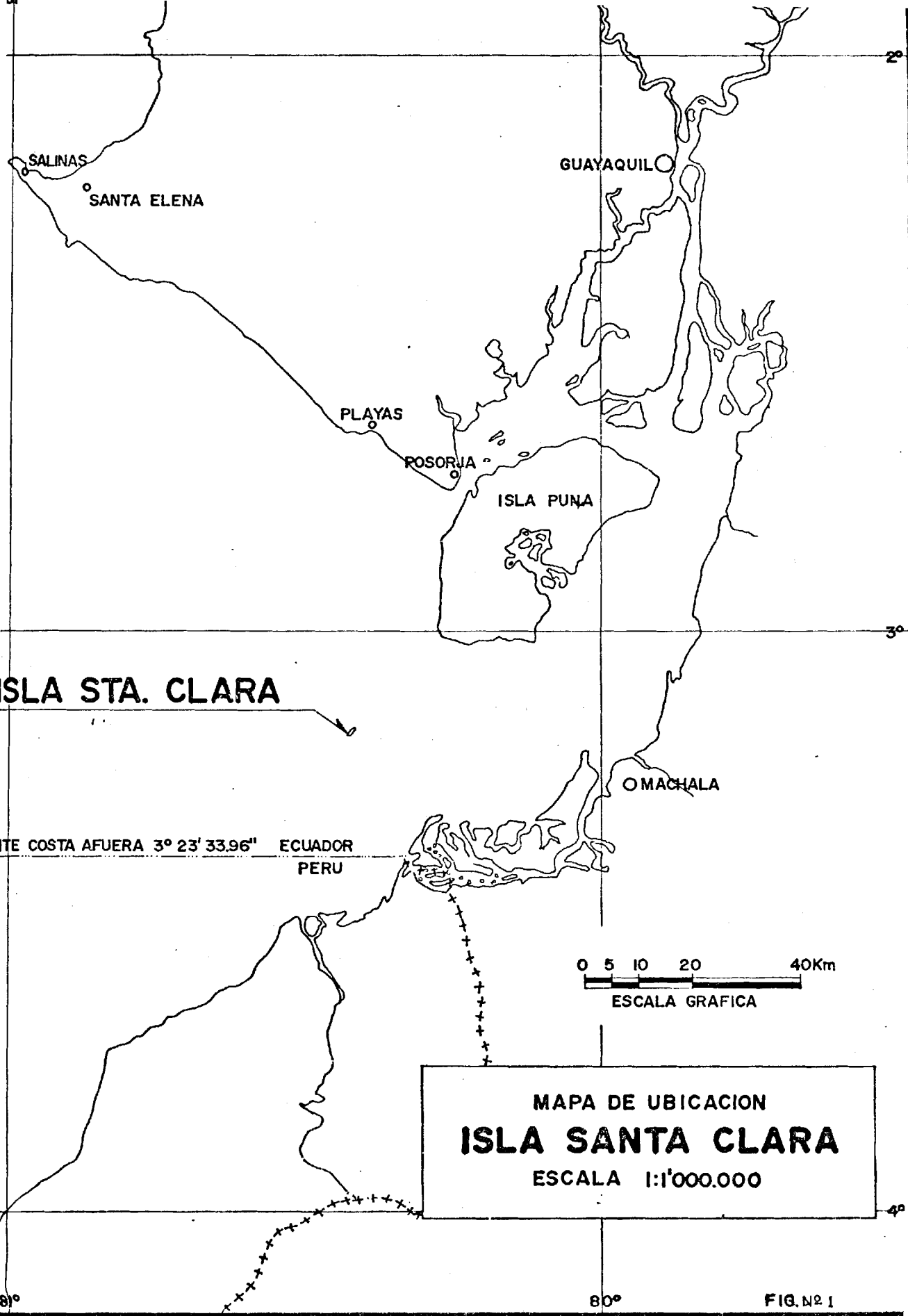
1.2. UBICACION

La Isla "Santa Clara", conocida también como la Isla del Muerto, se encuentra en el Golfo de Guayaquil, al SW del Ecuador, a $03^{\circ} 10' 30''$ de latitud Sur y $80^{\circ} 26' 36''$ de longitud Oeste (Coordenadas del Faro).

Esta ubicada aproximadamente a 125 Km. S 30° W de Guayaquil y a 50 Km. N 75° W de Puerto Bolívar (Figura # 1).

1.3. ACCESIBILIDAD

El acceso a la Isla es posible solamente en helicóptero ó en embarcaciones menores (botes, canoas, etc.) especialmente por el lado SE. En esta parte se obtienen los valores mayores de profundidad con menores distancias a la Isla, lo que permite incluso el fondeo de barcos pesqueros de poco calado que operan en la zona (carta batimétrica, Figura # 2).



SALINAS

SANTA ELENA

GUAYAQUILO

PLAYAS

ROSORJA

ISLA PUNA

ISLA STA. CLARA

OMACHALA

TE COSTA AFUERA 3° 23' 33.96" ECUADOR PERU

0 5 10 20 40Km

ESCALA GRAFICA

MAPA DE UBICACION
ISLA SANTA CLARA

ESCALA 1:1'000.000

80°

FIG. N° 1

1.4. CLIMA, FLORA Y FAUNA

Las condiciones climáticas que prevalecen en la Isla son muy parecidas a las de aridez existente en la Península de Santa Elena, con rasgos semidesérticos que corresponden a un clima seco. Las precipitaciones son escasas en los meses de invierno y están ausentes en los meses de verano.

Los vientos presentan variaciones diarias. En la mañana, hasta las primeras horas de la tarde inclusive tienen una dirección hacia N 80° W; y, en las últimas horas de la tarde su dirección cambia hacia N 45° E.

La flora es muy escasa y existe solamente en el Peñón Mayor. Se presentan, en general, arbustos raquíuticos de especies conocidas vulgarmente como mullo, vinchalla y pitahalla (cactus).

La fauna terrestre, en respuesta a lo limitado de la flora, es también pobre y comprende solamente reptiles (culebras y lagartijas) e insectos. Habitan en cambio en la Isla una gran cantidad de aves exclusivamente marinas en su alimentación: piqueros patas azules, fragatas y pelícanos. En las partes mas bajas se encuentran algunos crustáceos (ermita-



FOTO 1.- Mullullos y cactus, parte de la flora.
Al fondo el Faro de la Isla. Peñón Principal.



FOTO 2.- Aves Marinas: Fragatas y pelícanos anidan
do en vichallas y mullullos en el Peñón Mayor.

ños), y en la zona intertidal viven en cambio moluscos (gasterópodos y pelecípodos principalmente), y en menor cantidad equinodermos (erizo de mar), algas y crustáceos (cangrejos).

1.5. ESTUDIOS ANTERIORES

No se conocen trabajos completos sobre la Isla, pero existe sin embargo un poco de información que se encuentra dispersa en los siguientes mapas e informes:

- Well completion Report Santa Clara # 1, de la California Ecuador Petroleum Company (CALEC) en 1960, incluye datos relacionado al promedio de buzamiento en la Isla.
- Mapa Geológico del Ecuador 1:1'000.000, editado por la Dirección de Geología y Minas en 1969, da a las rocas aflorantes una edad Miocénica.
- "Santa Clara Isla Formation" (Mioceno), Mapa 1:50.000, elaborado por la Northwest en 1976, no recuperado.
- Informes internos de la Unidad Ejecutora Golfo de Guayaquil (S. Benitez, 1980 - 1981).

1.6. METODOS DE ESTUDIO

El estudio comprende las siguientes fases:

- a) Levantamiento topográfico, constituye la fase inicial pues no existía ningún mapa base. El levantamiento en sí mismo se lo realizó con el trazado de dos poligonales: una en la cima del Peñón Mayor y otra en la zona descubierta en marea baja. A partir de los vértices de la poligonal se completaron las observaciones por radiación para elaborar un mapa topográfico 1:1.000 (Figura # 3). Se utilizó un quipo Wild T - 16.
- b) Mapeo geológico, la toma de datos geológicos se la efectuó en su mayor parte en los acantilados en donde fue posible realizar observaciones con suficiente claridad por el menor grado de meteorización de los estratos. La información geológica se completó con otros datos obtenidos en la cima del Peñón Mayor y en la plataforma de abrasión (Mapa geológico, Figura # 3).
- c) Toma de muestra, avanzó paralelamente con la toma de datos de campo, tanto topográficos como geológicos. Los criterios considerados para la recolección fueron accesibilidad, tipo de estu-

dio a realizarse y el grado de preservación.

- }
}
}
- d) Los análisis de laboratorio efectuados son granulométricos, químicos, petrográficos y paleontológicos (micro y macropaleontología).

La fracción disgregada de 18 muestras de areniscas fueron tamizadas a $1/2 \varnothing$, luego analizadas al microscopio estereo para determinaciones petrográficas y separaciones de microfósiles.

De la rocas de grano fino (lutitas y limolitas), 19 muestras fueron tratadas para estudios de contenido porcentual de Materia Orgánica.

Estas mismas muestras fueron disgregadas y tamizadas para análisis petrográficos y micropaleontológicos de la fracción arena contenida en ellas.

Los estudios de macrofósiles se realizaron para todos los ejemplares recolectados en el campo, especialmente macromoluscos.

- e) La interpretación y presentación de resultados
- La etapa final y quizás de mayor importancia del estudio. En esta fase se evaluarán los resultados obtenidos y con ellos se establecieron las correlaciones y conclusiones finales.

2. GEOLOGIA REGIONAL

2.1. ESTRATIGRAFIA

La subcuenca del Graben de Jambelí corresponde a la parte submarina de la Cuenca Progreso y es la zona de mayor subsidencia del Golfo de Guayaquil - (figura # 7). Presenta un potente paquete de sedimentos terciarios que superan los 12 Km. de espesor.

Infrayaciendo a las rocas terciarias se ha inferido por estudios sísmicos y gravimétricos, un "Basamento" conformado por rocas de Edad Cretácica que afloran en la Cordillera de Chongón y Colonche, al N. de la Cuenca Progreso, el mismo que consiste de una secuencia volcánica básica conocida como Formación Piñón sobrepuesta por una serie potente de estratificaciones delgadas a gruesas y conjuntos masivos de areniscas, arcillitas, conglomerados, cherts, tobas y aglomerados volcánicos denominados Fm. Callo (o Cayo)

El Eoceno, como se conoce en la parte Continental, se inicia con la depositación discordante sobre las rocas cretácicas (Figura # 4) de las calizas arre-

**COLUMNA ESTRATIGRAFICA PARA LA
PROVINCIA DEL GUAYAS PROPUESTA POR
BRISTOW Y HOFFSTETTER (1977)**

ERA	SISTEMA		
CUATERNARIO		ALUVION	
		TABLAZO	
TERCIARIO	PLIOCENO	FORMACION PUNA	
		MIEMBRO LECHUZA MIEMBRO PLACER	
	MIOCENO	SUP.	FORMACION PROGRESO
		MED.	FORMACION SUBIBAJA
		INFER.	FORMACION TOSA AGUA
	OLIGOCENO	MIEMBRO S. PEDRO MIEMBRO DOS BOCAS MIEMBRO VILLINGOTA MIEMBRO ZAPOTAL	
	EOCENO	SUPERIOR	COMPLEJO OLITOSTROMICO SANTA ELENA
		MEDIO	FORMACION LAS MASAS FORMACION SAN EDUARDO
		INFERIOR	CALIZA LAS DELICIAS CALIZA JAVITA
		PALEOCENO	CALIZA BELLAVISTA
MESOZOICO	CRETACEO	SUPERIOR	
		INFERIOR	
		MIEMBRO GUAYAQUIL	
		FORMACION CAYO	
		FORMACION PIÑON	

FIG. N° 4

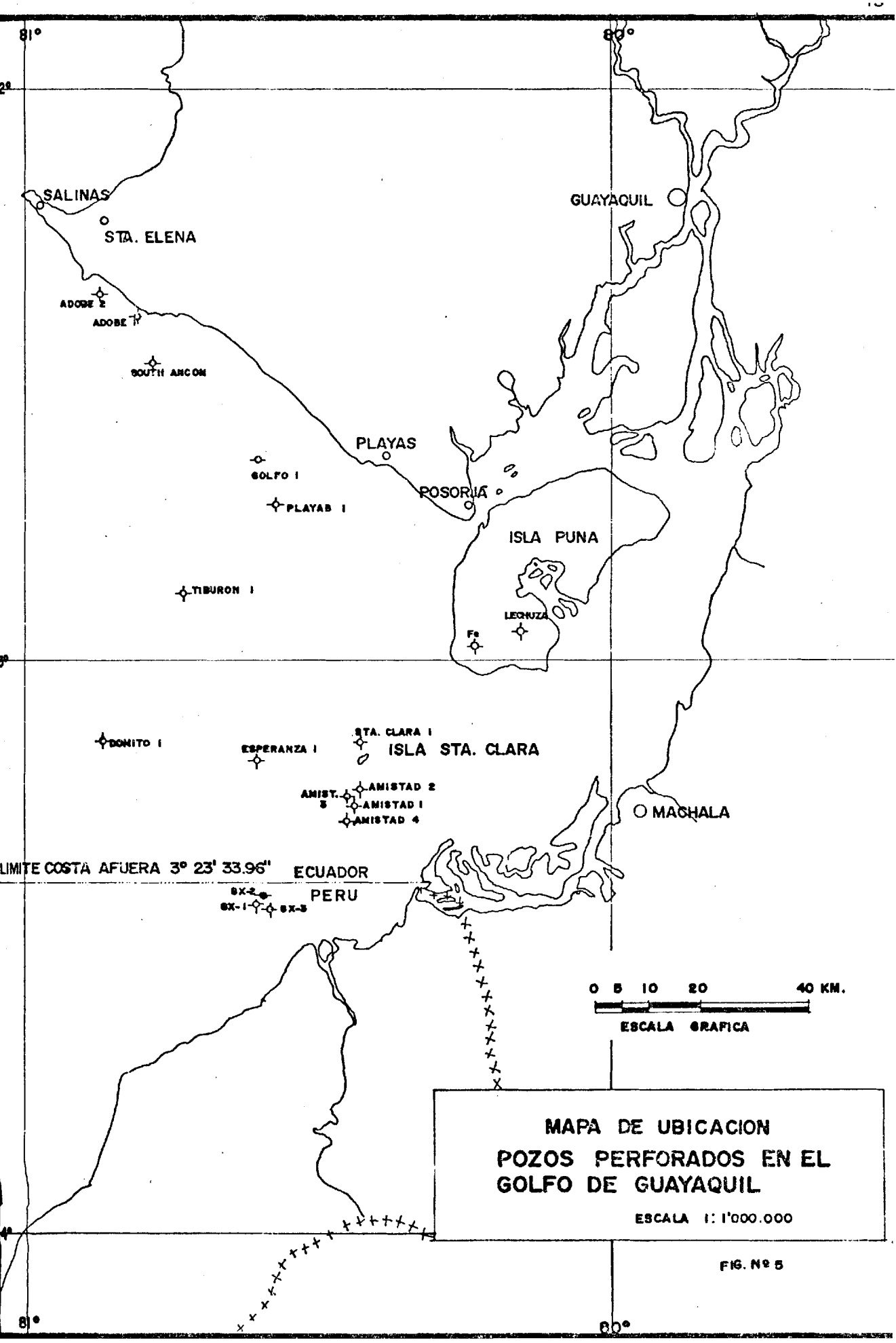
cifales San Eduardo (Eoc. Medio), sobrepuestas - transicionalmente por sedimentos finos, medio du - ros, estratificados llamados Lodolitas Las Masas, que afloran solamente en el borde sur de la Codille - ra de Chongón Colonche y se piensa están ausentes en la parte submarina de la Cuenca Progreso.

Del Eoceno Superior se conoce por afloramientos que ocurren principalmente en la Península de Santa E - lena una secuencia actualmente considerada como a - lóctona denominada Complejo Olitostrómico Santa E - lena (Azad, 1968; Colman, 1970; Bristow et Hoff - tetter, 1977; etc.), compuesta por los olitostromos Wildfish, Azucar y Clay Pebble bed, y con Socorro Slice, Lutitas Seca y Olistolito Arenicas Punta An - cón como unidades finales de emplazamiento tectóni - co.

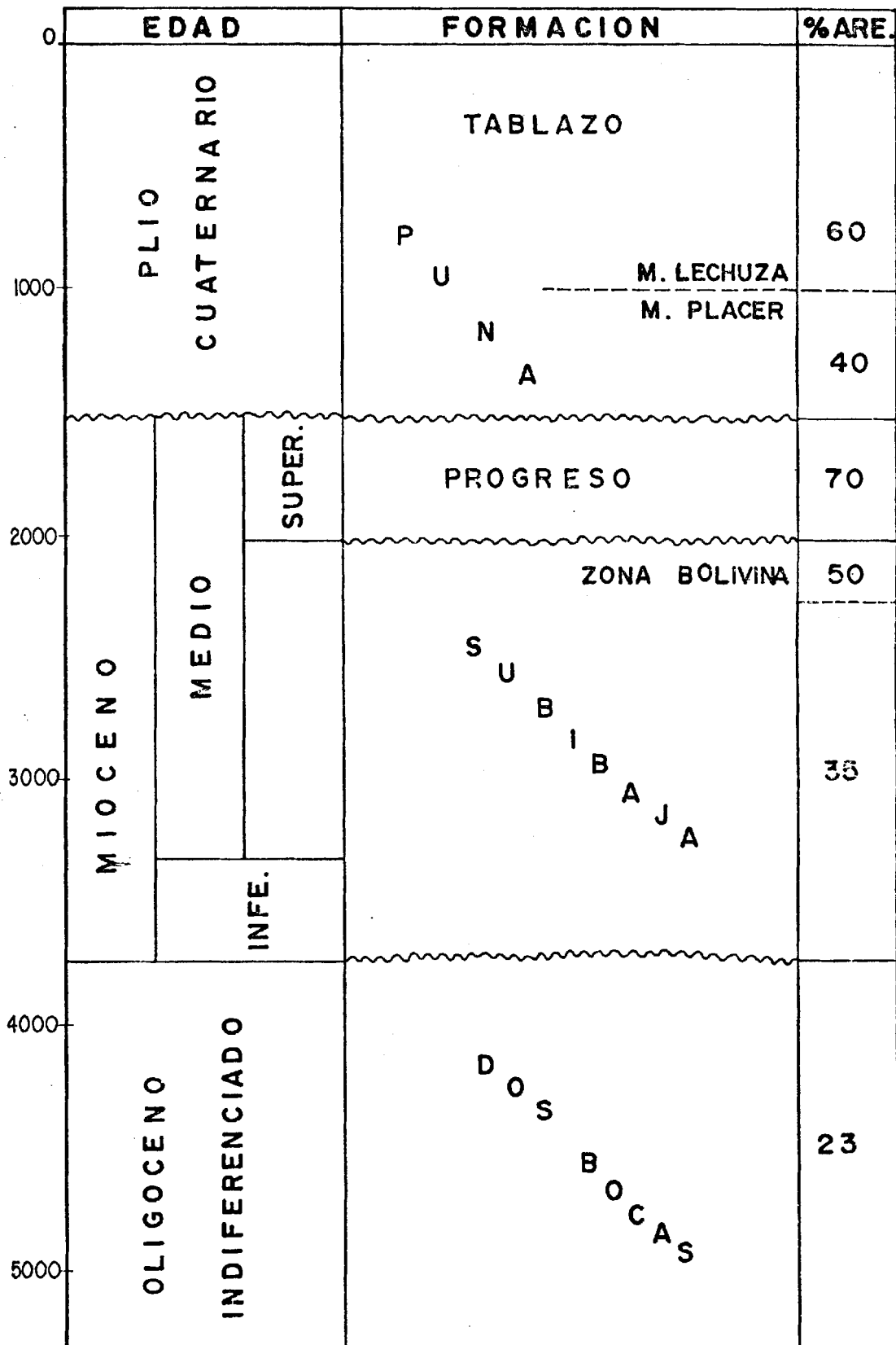
Esta secuencia -cuyo carácter alóctono es aún pue - sto en duda por muchos geólogos, que piensan corres - ponde a una secuencia autóctona depositada en un am - biente general de talud continental o ambiente ba - tial (S. Benitez, Informe inédito, 1981)- descansa discordantemente sobre rocas más antiguas y se cree supera 4.000 m de potencia.

Durante el Oligoceno se inicia el primer ciclo de depositación de la Cuenca Progreso con la Fm. Tosagua, definida en la parte continental como de Edad Oligoceno Superior - Mioceno Medio, y consistente de tres miembros: Los conglomerados y areniscas de Zapotal como Unidad Basal; las lutitas Dos Bocas; y la lutitas laminadas diatomáceas Villingota como - Miembro Superior; que descansan discordantemente sobre el Eoceno. En el Graben de Jambelí la Fm. Tosagua tendría su equivalente en la Fm. Dos Bocas (Figura # 5) denominada por ADA para rocas de Edad Oligoceno encontradas en cuatro pozos. La sección más gruesa atravezada hasta la fecha corresponde al Pozo Amistad # 1, ubicado al sur de Santa Clara (Figura # 6), que perforó 1615 m de esta formación. La serie está compuesta de lutitas de color café oscuro y lutitas laminadas verdes; de calizas y areniscas que se vuelven más gruesas en la parte superior de la sección. La presencia de lignito indica un poco de depositación continental o transicional en una secuencia predominantemente marina (Woodside, 1975).

En el Mioceno Medio en un ambiente marino de poca - profundidad (menor de 200 m; Bristow et Hoffstetter 1977) se deposita una secuencia conocida como Fm. -



**COLUMNA GENERALIZADA DE AMISTAD
CON EDADES PROPUESTAS POR ADA**



ESCALA VERTICAL : 1:25.000

FIG. Nº 6

Subibaja. Esta compuesta en la parte inferior por cantidades iguales de areniscas de grano fino a grueso y lutitas laminadas predominantemente grises y verdes, y localmente carbonosas. En la parte superior los sedimentos son principalmente lutitas laminadas que van de gris al marrón y diversas cantidades de areniscas limitadas en general a la parte más superior. Una disminución del tamaño del grano de los sedimentos hacia el Oeste indica un aporte proveniente desde el Este a Noroeste (Woodside, 1975).

En el Mioceno Medio Superior según la Compañía ADA (Mioc. Sip. - Plioc. (?) según Bristow et Hoffstetter, 1977), se deposita la Fm. Progreso con una ligera discordancia sobre Subibaja presentando en algunos pozos hasta 80% de arenisca (Benítez, Informes UEGG, 1980), revelando condiciones regresivas. La lutitas delgadas intercaladas son de color café y un verde que varía del claro al oscuro. Hacia el Oeste hay una reducción del contenido de arena y presencia de estratos delgados de calizas glauconíticas y dolomíticas (Woodside, 1975).

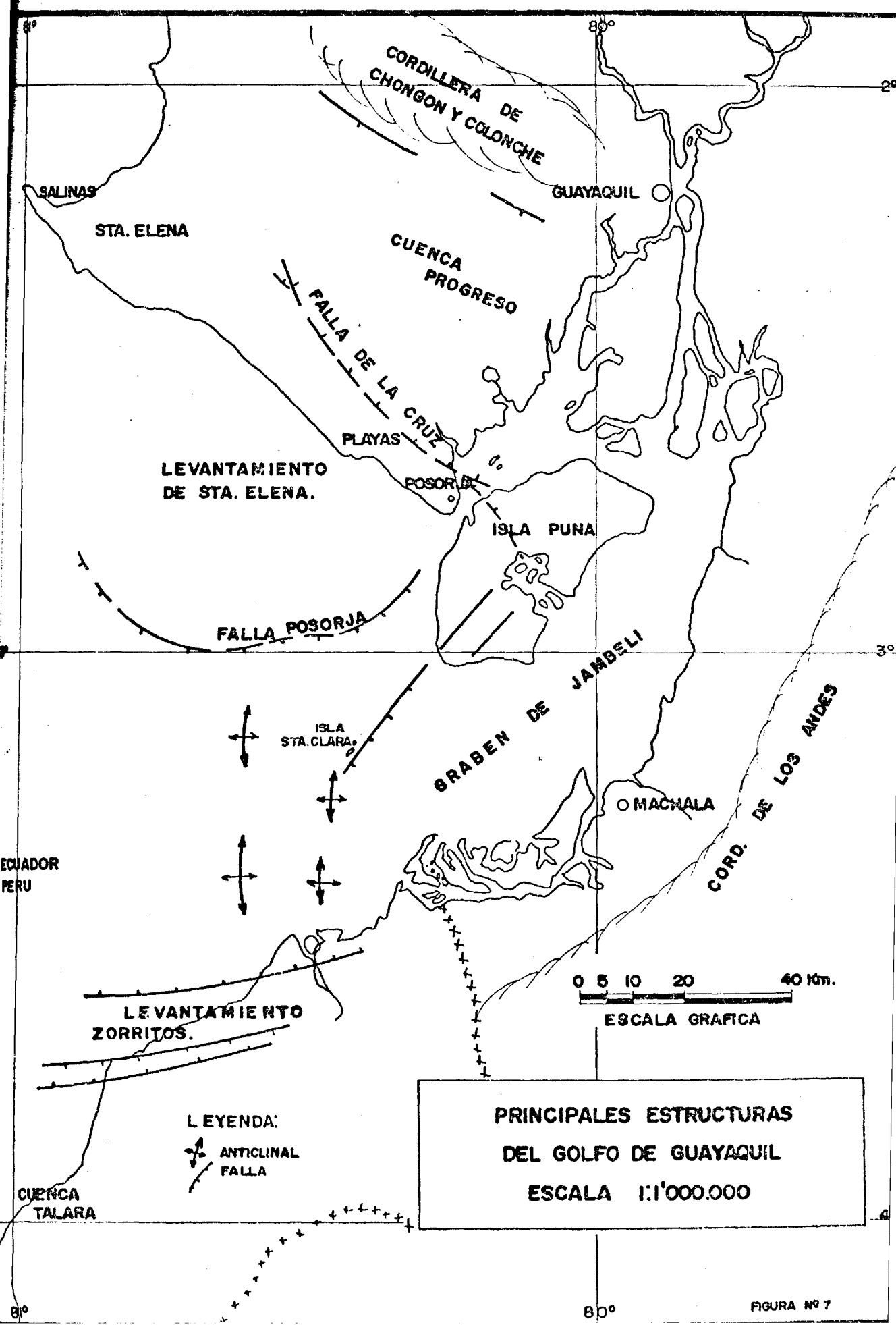
En los estudios de microfósiles de los pozos perforados costa afuera por ADA no se han registrado se

dimentos del Mioceno Superior.

Los sedimentos del Plio. - Pelistoceno se depositan sobre la Fm. Progreso con una leve discordancia angular observada en secciones sísmicas (P. Leyenaar, comunicación personal).. Consisten generalmente en arenas gruesas, conglomerados, lutitas laminadas, calizas dotadas de ricos bancos conchiferos y abundante lignito. Alcanzan un máximo espesor, en la parte costa afuera de 1585 m en Amistad # 2. En el pozo Lechuza # 1 la Fm. Puná equivalente alcanza 1315 m. El ambiente de depositación es principalmente marino de aguas someras, presentando algunos depósitos continentales en el margen de la Cuenca.

2.2. ESTRUCTURAS

Los principales rasgos estructurales del Golfo de Guayaquil son: Levantamientos Península de Santa Elena al Norte, Zorritos al Sur y la Cordillera Occidental de los Andes al Este; y, la subcuenca del Graben de Jambelí con zonas estructuralmente levantadas, las Islas Puná y Santa Clara, y el bloque hundido del Este conformado por el delta-estuario del Rio Guayas. (Figura # 7).



Por otra parte en las secciones sísmicas se observan estructuras asimétricas alargadas orientados N-S aproximadamente, que ocurren generalmente hacia las partes costa afuera del Canal de Jambelí y cuyos ejes mayores son paralelos a la fosa producida por efecto de la subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sur-americana (Borde de placas compresivo).

En el Canal de Jambelí el esquema estructural está impuesto fundamentalmente por dos sistemas de fallas normales de gran ángulo.

El sistema principal de dirección aproximada N 30°E en esencia paralelo al Canal de Jambelí. La falla mas importante de este estilo se inicia al S de Santa Clara aumentando su rechazo hacia el N alcanzando al frente de la Isla, al lado E, un desplazamiento vertical superior a 1300 m. Más hacia el N, en la Isla Puná a la que atravieza, alcanza rechazos del orden de los 2.000 m (hoja Geológica Isla Puná).

Este esquema de fallas gravitacionales, en un borde de placa compresivo es explicable basado en la escasa consolidación y diagénesis de los sedimentos especialmente neógenos y cuaternarios, que tienen -

por tanto poca rigidez, resultando incapaces de absorber los esfuerzos compresionales que existen en la zona, formando fallas normales subverticales y - flujos de arcilla que aparecen con alguna frecuencia especialmente hacia el W (estructura Domito por ejemplo).

A profundidades mayores al aumentar la densidad y - rigidez de las rocas paleógenas y cretácicas, estas fallas normales en la parte más superficial podrían continuar o existir como fallas inversas llegando - inclusive hasta el basamento en algunos casos. De la misma forma se espera que hacia el Oeste, es decir acercándose a la fosa, deben aparecer con mayor intensidad fallas inversas y plegamientos principalmente en las rocas más antiguas.

2.3. GEOLOGIA HISTORICA

La subsidencia de la zona se inicia durante el Cretácico Superior con la depositación desde el Cenomaniano hasta el Maestrichtiano de mas 3.500 m de la Fm. Cayo sobre un basamento constituido por la Fm. Piñón.

El tiempo Paleógeno Temprano (PALEOCENO-EOCENO INFE

RIOR) ocurre un importante levantamiento de la actual cordillera de los Andes correspondiente a la orogenia Laramídica para nuestro país (Campbell, - 1974), lapso en el cual no se ha registrado deposición, por lo menos en áreas actualmente continentales cercanas (Bristow y Hoffstetter, 1977).

Los sedimentos Cretácicos y Eocénicos parece fueron depositados en una cuenca inicial con el depocentro ubicado al Oeste de la Isla "Santa Clara" - presentándose algunos pliegues y fallas que se desarrollaron en asociación con una fase compresional tardía del Eoceno (Woodside, 1975).

Por otra parte los rasgos estructurales que dieron lugar a la Subcuenca del Graben de Jambelí se formaron, según la Compañía Shell, al final del Eoceno, y esto podría haber continuado hasta principios del Oligoceno manifestado con la no depositación - al inicio de este período, (Figura # 4) y como resultado de otro importante levantamiento de la zona andina.

Una subsidencia rápida tuvo lugar durante el período Oligoceno - Mioc. Medio depositándose un potente espesor de sedimentos correspondientes a las Formaciones Dos Bocas, Subibaja y Progreso, (según

las edades de ADA), cuyas facies litológicas son de poca continuidad lateral.

El siguiente período tectónico importante está relacionado con la fase principal de la orogenia andina que se inició en el Mioc. Sup. y se revela con localizadas manifestaciones de discordancia angular que aparece en las secciones sísmicas.

El rejuvenecimiento del área madre es evidente en el Plio-Pleistoceno compuesto por sedimentos clásicos muy gruesos de tipo molasa. Durante este tiempo se desarrollan una gran cantidad de fallas y pliegues. La actividad estructural ha proseguido hasta tiempos actuales con el rejuvenecimiento de las fallas y el levantamiento de las antiguas cadenas del basamento (Woodside, 1975).

3. GEOLOGIA LOCAL

3.1. GEOMORFOLOGIA

La Isla Santa Clara está formada por cinco "Peñones" principales alineados en dirección NE-SW, que en marea baja están comunicados entre sí por una angosta plataforma compuesta por fragmentos de las rocas destruidas de hasta 1 m de diámetro (Figura # 8).

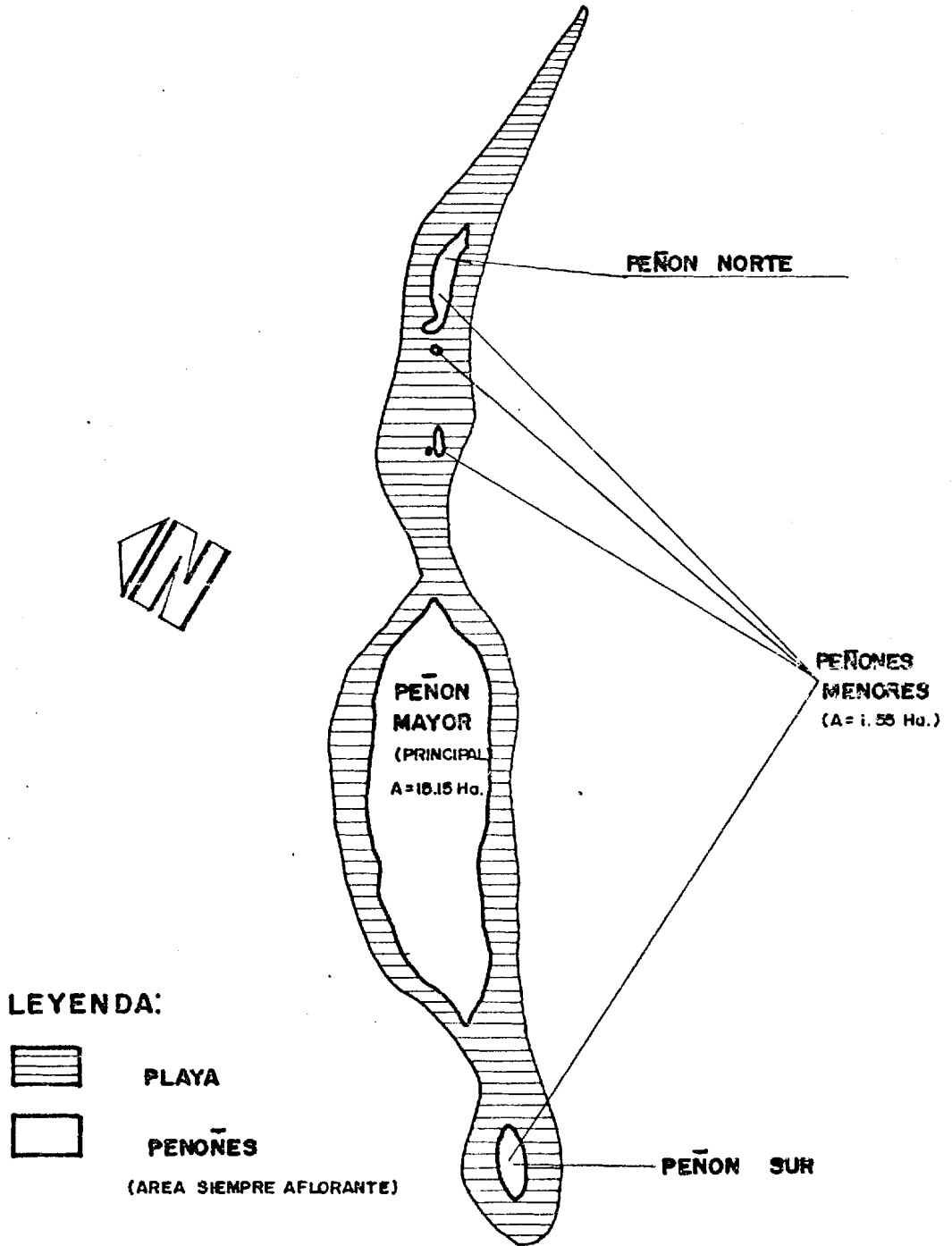
El área máxima aflorante alcanza 0.457 Km^2 ... (457.040 m^2), de la cual el 63.47% (290.080 m^2), comprende a la zona cubierta y descubierta alternadamente por la acción de las mareas (playa) y el 36.53% (116.960 m^2) restante es el área neta de los Peñones, que aflora continuamente.

Los Peñones muestran características diferentes y para efectos de una mejor descripción lo dividiremos en un "Peñón Mayor" y varios "Peñones Menores".

3.1.1. PEÑONES MENORES

Constituyen solamente el 9.27% (15.480 m^2) del área que aflora continuamente. En general tienen muy poca longitud, menor a -

ZONIFICACION GEOMORFOLOGICA DE LA ISLA STA. CLARA.



los 200 m y un ancho inferior a 50 m, todos presentan bordes de acantilados abruptos y no tienen una cima de superficie definida a excepción del peñón del extremo NE que tiene una plataforma construida artificialmente por la compañía Northwest a una altura promedio de 21 m.

La plataforma de abrasión que queda descubierta desde el borde inferior del acantilado hasta la línea de máxima marea baja, varía en amplitud desde aproximadamente unos 35 m hasta 70 m y está constituida por bloques de las rocas desplomadas que han sufrido una calcificación secundaria, ó por estratos erosionados que ocurren principalmente en el lado N del Peñón Norte.

Una extensa barra de arena aflora a continuación del Peñón Norte. Esta barra, de orientación E-W, tiene aproximadamente 500 m de largo y queda sumergida totalmente en marea alta.



FOTO 3.- Panorámica de la Isla Santa Clara. El Peñón Sur está ocultado por el Peñón Mayor. El norte hacia el observador.



FOTO 4.- Plataforma que comunica los Peñones en marea baja. Nótese los bordes cortados y muy empinados en los Peñones Menores del NE.

3.1.2. PEÑON MAYOR

Constituye la parte principal de la Isla. Su área es el 33.14% (151.480 m²) del total considerado en máxima marea baja; y comprende el 90.73% del área aflorante en máxima marea alta (área siempre aflorante).

Sus mayores dimensiones son aproximadamente, de 850 m (en dirección NE-SW) por 250 m (en dirección NW-SE).

Presenta al igual que los Peñones Menores bordes abruptos de acantilados y además dos circos claros de derrumbe (Foto 5) que cubren un área importante hacia el centro de los lados NW y SE.

En la cima, que alcanza hasta 70 m de cota aproximadamente, se observan especies de plataformas formadas por los estratos más resistentes, separadas por líneas formadas por acequias de dirección generalmente hacia el SE, a veces profundas.

La cota promedio en las dos zonas de derrumbes es del orden de 10-15 m. Sus playas



FOTO 5.- Extensa plataforma de material derrumbado en el lado SE del Peñón Principal. La carpa al centro sirve de escala.



FOTO 6.- Nube de polvo ocasionado por un derrumbe que oculta el Peñón SW. En la playa bloques de material derrumbado anteriormente.

descubiertas en las mareas bajas tienen un ancho promedio de 60 m aproximadamente y están en su gran mayoría conformadas por bloques desplomados desde cotas superiores al incidir de forma continua la acción abrasiva del mar en los bordes del acantilado formando taludes inestables, que ocasionan derrumbes continuamente (Foto 6).

3.2. PETROGRAFIA

De las rocas aflorantes en la Isla, las areniscas constituyen el tipo más abundante, con cantidades menores de limolitas y lutitas, muy poco de calizas (incluido banco de ostras) y menos aún de conglomerado.

3.2.1. ARENISCAS

Se presentan en los estratos superiores comúnmente de color café amarillento como producto de meteorización, pero cuando frescas tienen colores claros, un tanto café o a veces grises; y, en los estratos inferiores son preferencialmente gris-verdosas.

En promedio son finas aunque varían normalmente entre medias a muy finas y escasamente son gruesas o muy gruesas. Generalmente son de granos sub-angulares y rara vez sub-redondeados.

Tienen en promedio un contenido de matriz arcillosa de aproximadamente 8% (moderadamente sucias), y no exceden del 20% (sucias) aunque a veces son muy limpias (1% de matriz arcillosa). Varían desde moderadamente friables a extremadamente friables (2-3% de aglutinados) y el cemento es calcáreo cuando está presente.

El espesor varía desde unos pocos centímetros cuando se presentan en intercalaciones con sedimentos finos, hasta estratos potentes de cerca de 10 m.

La fracción Cuarzo-Feldespatos ($Qz/F = 2$) - constituye en la parte superior de la columna aproximadamente el 70% del total de los granos. Los líticos, principalmente volcánicos y chert, alcanzan alrededor del 25% y el 5% restante está constituido por

calcáreos, micas, minerales máficos y otros. En los estratos inferiores en cambio, el porcentaje de fragmentos de roca aumenta considerablemente dominando incluso a la fracción Cuarzo-Feldespatos, contribuyendo a acentuar una coloración verdosa en los sedimentos.

En las clases granulométricas de mayor diámetro en cada una de las muestras, los calcáreos aumentan su frecuencia sea como restos de conchas o como restos de organismos en general, mostrando los fragmentos de rocas y a veces la mica un comportamiento similar. El Cuarzo en estos tamaños es tanto lechoso como hialino y los granos son más bien sub-redondeados.

En las fracciones granulométricas de menor diámetro aparecen pellets fecales especialmente en los estratos superiores. Cristales de Cuarzo bipiramidal-bihexagonal se observan frecuentemente aunque nunca alcanzan un valor porcentual considerable. Hornblenda verde y café muy angular (cristales subhedrales) aparecen al nivel de trazas.

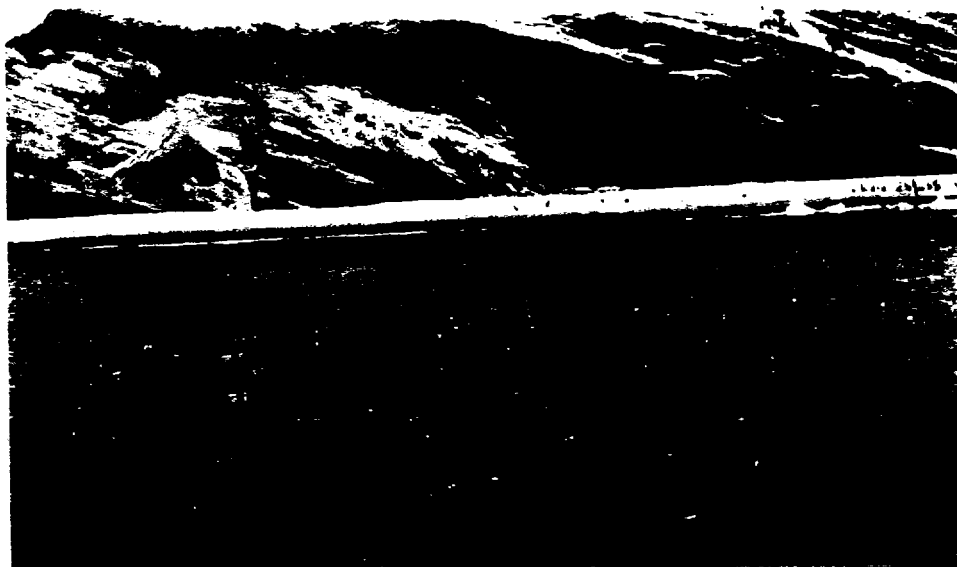


FOTO 7.- Estratos de areniscas café-amarillentas en el Peñón del extremo NE. El buzamiento es 25° NE.



FOTO 8.- Estratos limolíticos y lutíticos de color verdoso con intercalaciones de areniscas en la parte inferior. Lado SW del Peñón Principal.

3.2.2. LUTITAS Y LIMOLITAS

Las limolitas se presentan en colores verdosos o gris-verdoso, en general menos obscuras que las lutitas y con apariencia un tanto masiva. A menudo contienen fósiles, especialmente pelecípodos y gasterópodos, y frecuentemente son arenosas. Su espesor máximo ocurre en los estratos superiores de la columna donde presentan hasta 14 m.

Las lutitas en cambio varían de colores gris obscuro a gris-verdoso obscuro y están casi siempre cubiertas por una pátina amarilla o rojiza producidas probablemente por circulación a través de sus fisuras de soluciones sulfatadas que a veces producen vetillas de yeso de pocos milímetros. Normalmente presentan una laminación más fina *y alcanzan hasta 4 m de potencia.*

Los fragmentos del tamaño arena contenido en las limolitas y lutitas, están constituidos por minerales terrígenos principalmente y por fragmentos de conchas y calcáreos muy finos. Algunas muestras presen-

tan carbón y unas pocas pirita secundaria.

3.2.3. CALIZAS

Ocurren intercaladas a lo largo de toda la sección en dos formas distintas: de precipitación y como coquinas.

Las del primer tipo ocurren en una proporción baja y son delgados estratos arriñonados o banda nodulares con espesores medios de 30 cm.

Las coquinas se presentan principalmente - como bancos de ostras y son frecuentes en la parte superior de la columna. Están - constituidas por ostras gigantes de hasta 50 cm (Foto 9), y en menor cantidad por otras conchas o restos de ellas (Pecten, etc.).

Estos bancos no son contínuos lateralmente y pasan a limolitas o areniscas finas. En promedio su espesor es de 1 m alcanzando hasta 2 m de potencia.

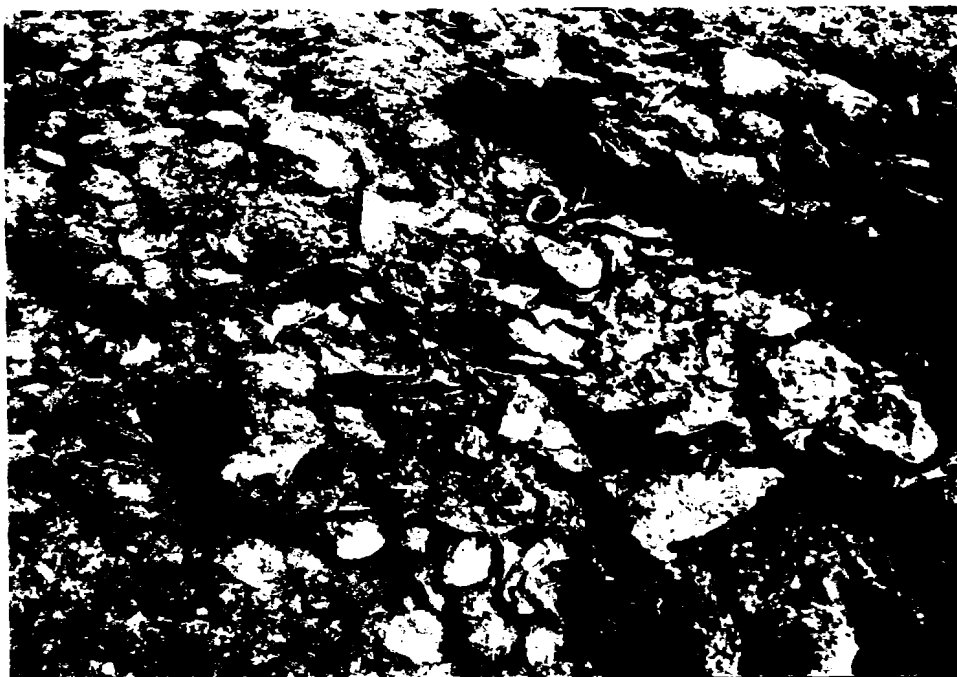


FOTO 9.- Bancos de ostras gigantes (hasta 50 cm)
Se presentan regularmente en la parte superior de
la columna.



FOTO 10.- Estrato continuo de conglomerado cuarcí
tico con matriz arenosa de 80 cm de potencia. Aflo
ra en el Peñón Mayor.

3.2.4. CONGLOMERADOS

Son muy escasos, generalmente pocos potentes (pocos centímetros) y discontinuos. Se presentan en su mayoría como parte basal de los estratos arenosos.

El nivel más importante de aproximadamente 80 cm de potencia aflora en el Peñón Mayor (Foto 10) y está compuesto por clastos que varían entre 5 cm a 2 mm con un tamaño promedio de 1 cm. Presenta buena redondez (0.7 - 0.9) y buena esfericidad (0.7), según la clasificación de Krumbein. Los cantos están compuestos principalmente por Cuarzo lechoso probablemente de veta, calcedonia, ortocuarzitas, pedernal bandeado, pocos fragmentos andesíticos y raros restos de conchas. La matriz es arenosa y constituye más del 50%.

3.3. ESTRATIGRAFIA

De los afloramientos existentes tanto en los Peñones como en la plataforma de abrasión descubierta en bajamar, se han medido más de 290 m de columna

estratigráfica, descontinuada en la zona comprendida entre el Peñón principal y el Peñón más inmediato del norte. Esta zona representaría por interpolación de los datos estructurales existentes aproximadamente 55 m más de espesor.

La representación gráfica de la columna en la escala 1:100 (Anexo # 1), muestra principalmente características generales de litología, estructuras sedimentarias y tamaño granulométrico medio.

Con el análisis de litología, geometría de los estratos, estructuras sedimentarias, paleocorrientes y asociación de fósiles intentaremos a continuación definir las unidades estratigráficas, su ambiente y edad de depositación.

3.3.1. LITOLOGIA

Del estudio de la columna estratigráfica y de observaciones de campo es posible diferenciar dos unidades litológicas (Foto 11):

- La unidad inferior, denominada SERIE VERDOSA (Foto 12), en donde las rocas de grano fino, lutitas y limolitas predominan sobre las areniscas que constituyen



FOTO 11.- Contacto entre la SERIE VERDOSA (Unidad inferior) y la SERIE AMARILLA (Unidad superior) en el Peñón Principal.

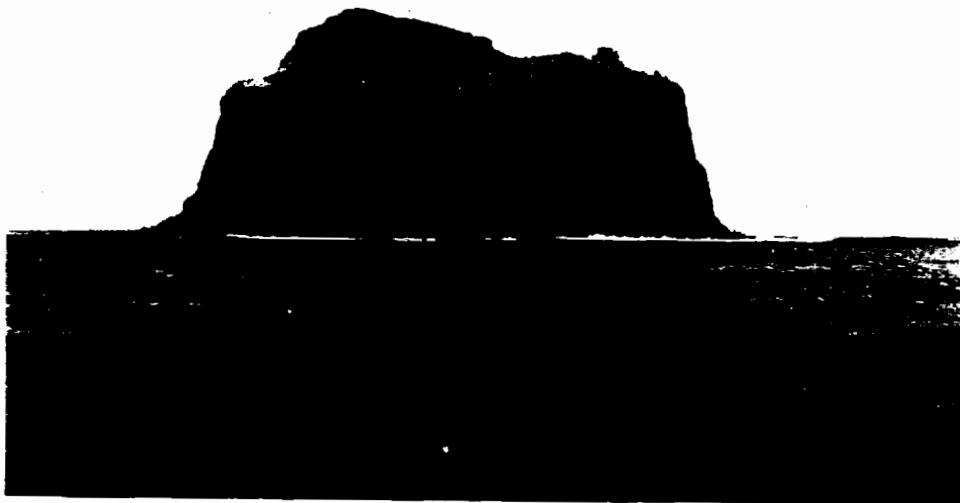


FOTO 12.- SERIE VERDOSA: Lutitas y limolitas con areniscas en el Peñón Sur.

el 42% de la unidad contra el 57% de - las primeras, con el 1% correspondiente a los calcáreos que son solamente estratos delgados y discontinuos productos de precipitación directa; y,

- El miembro superior, la SERIE AMARILLA, en donde predominan las areniscas que le dan a la unidad una coloración café amarillenta. Las areniscas comprenden aquí el 68% contra solamente 27% de lutitas y limolitas. El 5% restante corresponde a bancos de ostras y calizas de precipitación directa; y, del único horizonte más o menos continuo de conglomerado existente de aproximadamente 1 m de potencia, que ocurre cerca de la base de la unidad.

3.3.2. GEOMETRIA DE LOS ESTRATOS

Los estratos en la Serie Verdosa se presentan tanto en forma de láminas o mantos, principalmente en lutitas y limolitas, o con cambios laterales marcados producidos por rellenos de estructuras de canal.

En las areniscas es común observar formas lenticulares o acuñadas conformando un mismo estrato con apariencia general de mayor continuidad (Foto 17).

En la Serie Amarilla las capas presentan mayor continuidad lateral que en la Serie Verdosa inferior, resultando mantos o cuerpos laminares. Los cambios laterales cuando se observan están relacionados casi siempre con bancos de ostras (Foto 13) o con canales centimétricos. En esta serie los estratos de areniscas generalmente potentes (hasta 10 m), muestran varios ciclos de depositación superpuestos evidenciados principalmente con estratificación cruzada, además de laminación y gradación.

3.3.3. ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS

Las estructuras más comúnmente observadas en las areniscas, tanto en la Serie Amarilla como en la Serie Verdosa es la estratificación cruzada en forma de cubeta (Foto 15 y 16), aunque también aparece con



FOTO 13.- Cambios laterales en estratos de la SE
RIE AMARILLA. Peñón Central, lado NE.

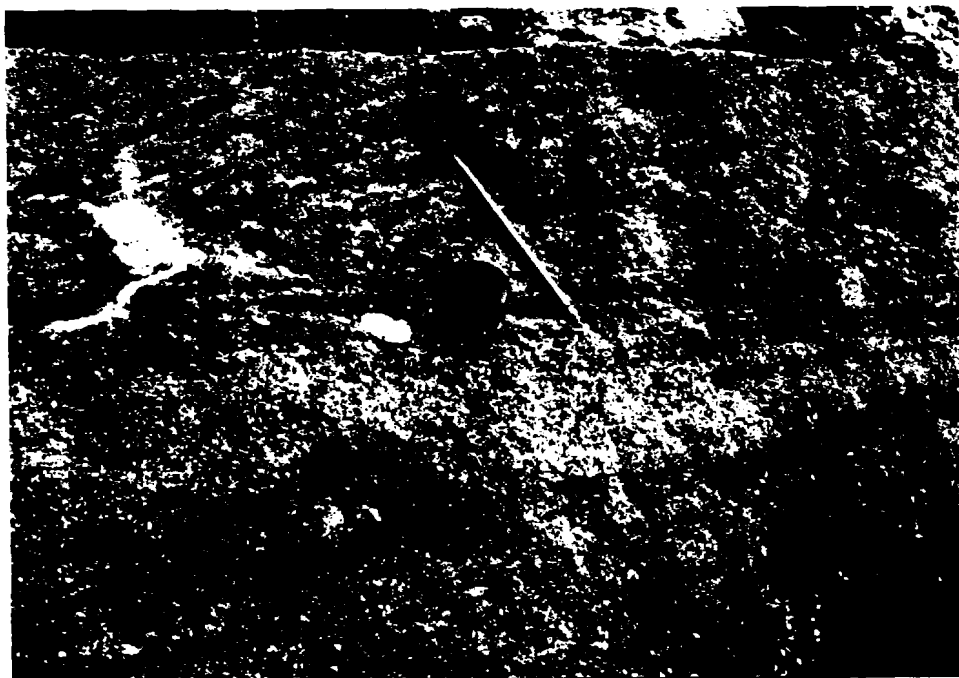


FOTO 14.- Bloque de arenisca coquinoidea con es -
tratificación cruzada planar decimétrica, caído de
un Peñón Menor al Norte.

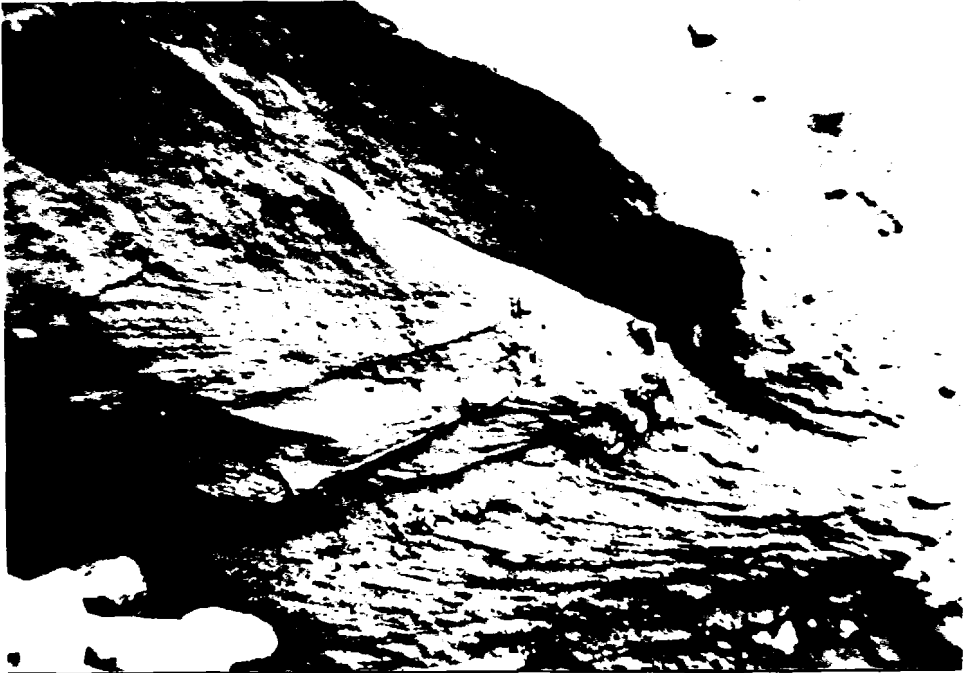


FOTO 15.- Diversos juegos de estratificación cruzada en forma de cubeta en un estrato de arenisca del Peñón Norte (SERIE AMARILLA).

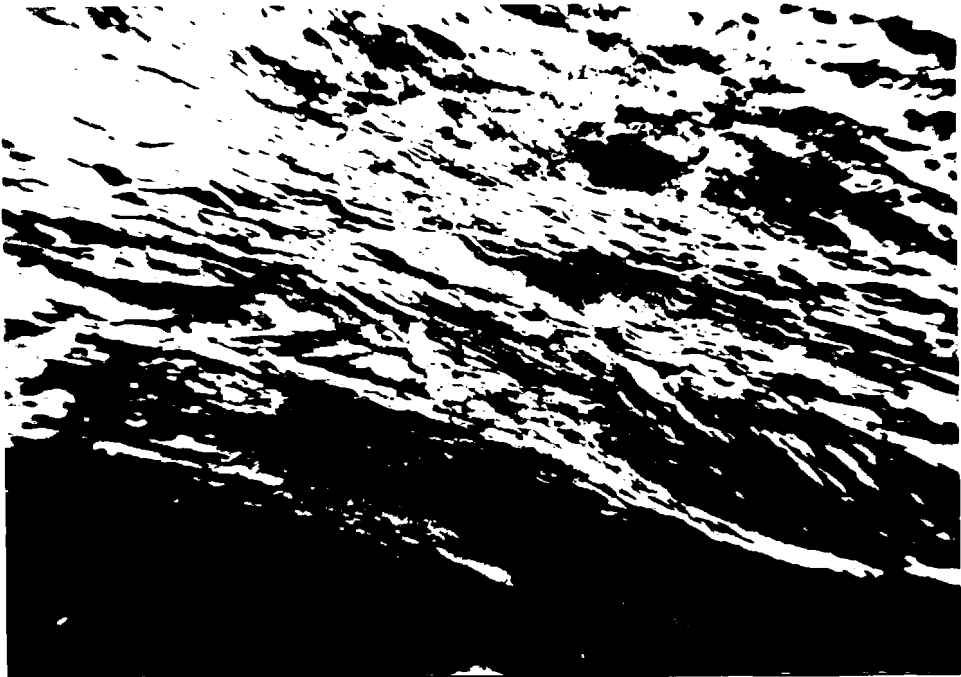


FOTO 16.- Ondulitas, estratificación ondulada y estratificación cruzada en dos direcciones, en intercalaciones de arenisca-lutita en el Peñón Mayor, SERIE AMARILLA.



FOTO 17.- In-
crustación -
de restos ve-
getales y for-
mas lenticu-
lares en un
estrato de a-
renisca de -
la SERIE VFR
DOSA, en el
Peñón Princi-
pal.



FOTO 18.- Bu-
rrows y hue-
llas de litó-
fagos en Li-
molita fosi-
lífera de la
SERIE AMARI-
LLA.

bastante frecuencia la laminación paralela. La estratificación cruzada planar u oblicua ocurre en la Serie Amarilla (Foto 14). Menos frecuentes son la gradación y la bioturbación (burrows) (Foto 18).

En las intercalaciones lutita-limolita o curren principalmente ondulitas y laminación paralela. Laminación ondulada aparece pocas veces (Foto 16).

En las limolitas la bioturbación es el ca rácter más frecuente en la Serie Amarilla; y calcos de surco (Groove cast) se obser varon en un estrato de la Serie Verdosa - en donde prevalece la laminación paralela.

Las superficies de erosión son comunes es pecialmente en las areniscas de la Serie Verdosa presentando a veces formas acanaladas con hasta 2 m de profundidad. El re lleno de los canales comienza con una fina capa conglomerática de clastos o restos de conchas, y ocasionalmente contienen - guijarros arcillosos (en arenisca de la - Serie Verdosa).

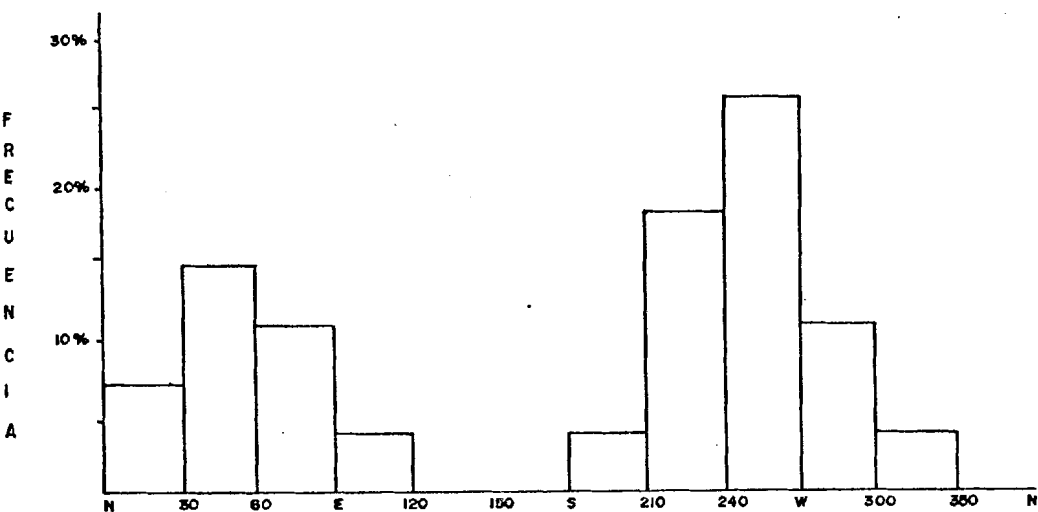


FIGURA # 9.- Distribución de sentido de paleocorrientes graficado en histograma de barras.

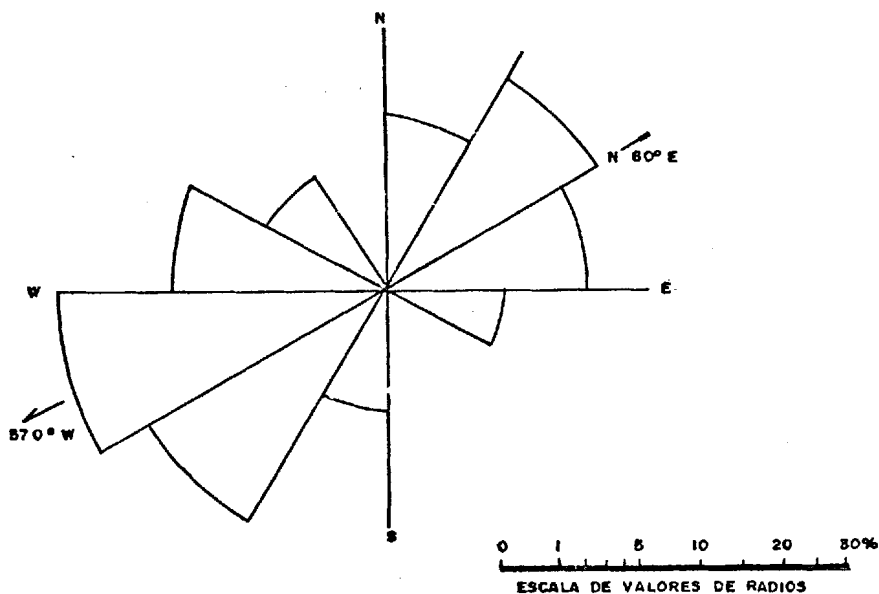


FIGURA # 10.- Histograma circular equi-areal con distribución de las orientaciones de las paleocorrientes medidas en la Isla Santa Clara.

3.3.4. PALEOCORRIENTES

Las medidas de dirección de corrientes tomadas a partir de las diferentes estructuras sedimentarias observables en afloramientos tales como estratificación cruzada, orientación de los clastos en conglomerados, calcos de surcos, etc. muestran un patrón de flujo bidireccional (figura # 9 y 10).

El sentido preferencial está orientado hacia el WSW, con valor promedio $S70^{\circ}W$; el otro sentido hacia NE, tiene de promedio $N60^{\circ}E$.

Los sentidos indicados aproximadamente a 180° sugieren corrientes de marea (Elliot, 1.980; Johnson, 1980) y la dirección NE-SW es por otro lado cercanamente paralela al actual Canal de Jambelí, un estuario típico.

3.3.5. FOSILES

Una abundancia de moluscos puede estable-

cerse en toda la columna aflorante, especialmente de pelecípodos y gasterópodos. Además, aunque en menor proporción existen en la serie amarilla foraminíferos principalmente bentónicos, ostrácodos, restos de equinodermos, dientes y escamas de peces, briozoos, trazas de espículas de esponjas, pocos radiolarios y un género de los cirrópodos (crustáceos); balanus.

En la serie verdosa se observan restos (Foto 17) de troncos o ramas de árboles tanto en areniscas como en lutitas.

El buen estado de la mayoría de las "Conchas" de los pelecípodos y gasterópodos ha permitido la identificación de ellos a nivel de género y subgénero y en algunos casos hasta especie, generalmente en los pelecípodos conocidos en el reciente.

Las especies de pelecípodos identificados son: Anadara (scapharca) obesa, Ostrea (Alectryonia) megodón, Chione (Chionopsis) amathusia (?), Ch. (Chionopsis) jamaniana, Dosinia (Dosinidia) ponderosa, Megapitaria

scualida, Harvella elegans, Anodontia (Loripinus) spherica y Periglipta multicostata.

Los ejemplares de pelecípodos identificados hasta el nivel de género o sub-género comprenden: Anadara (larkinia), A. (cunearca), Ostrea (Crassostrea), Chlamys (argopecten), Ch. (pacipecten), Anomia, Placunomia, Lopha, Pinna, Cyrtopleura (scobinopholas), Panopea, Mactrellona, Pitar (pitarrella), Tellina (eurytellina), Mytilus.

Un ostroideo típico de ambiente estuarino (Elba Mora, comunicación personal), no fue posible identificarlo al nivel de género.

En los gasterópodos, las especies identificadas son: Turritella broderipiana y Cancellaria cassidiformis. Los otros ejemplares hasta el momento identificados al nivel de género comprenden: Conus, Strioterebrum, Cancellaria, Polinices, Strombina, Caliptraea, Oliva, Northia y Hanetia.

De los foraminíferos, que son en general e

jemplares pequeños y muy escasos, y casi siempre mal conservados se han identificados entre los ejemplares bentónicos a los siguientes géneros: *Ammonia*, *Textularia*, *Bulliminella*, *Bolivina*, *Bulimina*, *Hanzawania*, *Nonionella*, *Anomalina*, *Quinqueloculina*, *Miliolinella*, *Elphidium*, *Haplophragmoides*, *Rotalia*, *Florilus* y *Cyclamina*.

Del género *Bulliminella* la especie que se presenta corresponde a *B. elegantissima* y de *Ammonia* la especie correspondiente es *A. beccarii*.

Entre los plantónicos ocurren solamente los géneros globigerina y globigerinoides, identificándose a nivel de especie a *Globigerina bulloides* y *Globigerinoides obliquus*.

3.3.6. UNIDADES ESTRATIGRAFICAS Y AMBIENTES DE DEPOSITACION

Dos unidades con características deposicionales diferentes pueden definirse (Figura # 11) en base de las consideraciones de los parámetros anteriormente definidos (3.3.1 a 3.3.5):

- La unidad inferior denominada SERIE VERDOSA, en la cual las lutitas y limolitas en conjunto prevalecen sobre las areniscas; los cambios laterales y la presencia de cuerpos lenticulares pueden observarse con bastante frecuencia; se presentan superficies erosivas algunas con formas de canales, y calcos de surco (Groove cast); las direcciones de corriente indican un flujo bidireccional; y, donde los fósiles comunes son ciertos moluscos, algunos típicos de ambiente de estuario y restos de vegetales.

Esta serie fue depositada en una asociación de facies estuarinas, de canales y de llanos de marea, alcanzando facies de transición al ambiente marino somero de plataforma interior.

- La unidad superior, denominada SERIE AMARILLA, que presenta las siguientes características: Las areniscas contribuyen el 68% de la columna; existe un nivel continuo de conglomerado; los bios-

COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA ISLA STA. CLARA

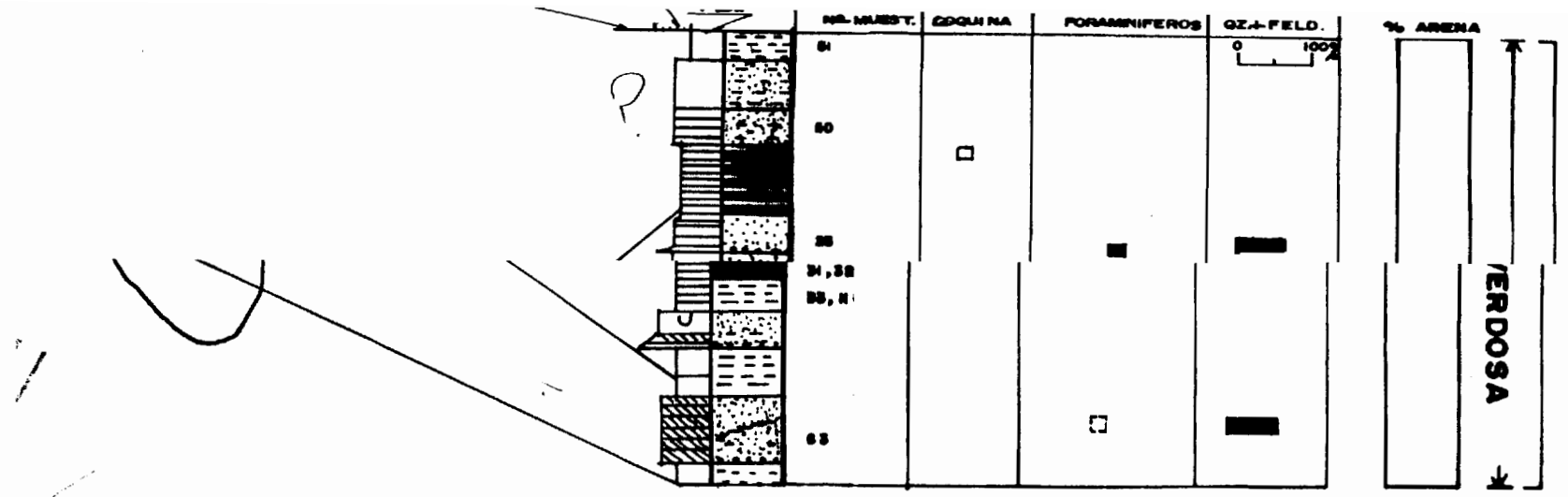


FIG. Nº 11

HORZ. 1: 8275
 ESC. VERTIC. 1: 1000

tromos (bancos de ostras) son frecuentes; los estratos tienen en general continuidad lateral; la bioturbación es un carácter común en las limolitas y areniscas finas; las superficies erosivas son de bajo ángulo; las direcciones de flujo indican bidireccionalidad; se presentan foraminíferos y ostrácodos a más de moluscos; espículas de equinodermos son constituyentes comunes en los sedimentos; y, se observan dientes y esca-mas de peces además de trazas de radiolarios y espículas de esponjas.

Los sedimentos de la SERIE AMARILLA fueron depositados en un ambiente marino somero o propiamente de plataforma interior dominados por corrientes de mareas, e influenciados en menor grado por una actividad de corrientes derivadas de vientos y olas.

3.3.7. EDAD DE LOS SEDIMENTOS

Tomando en consideración los rangos estra-

tigráficos de los géneros de los pelecípodos identificados (Anexo # 2) se definiría por la presencia de *Megapitaria* y *Mytilus* que los sedimentos fueron depositados en época posterior al Mioceno, esto es entre el Plioceno al Reciente, basándose en las edades dadas por Cox et al (1969-1971).

Sin embargo en el Ecuador ha sido reportada *Megapitaria olssoni* en la parte baja de la Fm. Progreso (Marks, 1951), actualmente atribuida al Mioceno Superior (Bristow et Hoffstetter, 1977), aunque la especie encontrada en Santa Clara es *Megapitaria scuá* lida y como tal mejor conocida en el Reciente.

La presencia de otras especies de moluscos como *Anadara obessa*, *Periglypta multico* sta, *Dosinia ponderosa*, *Ostrea megodon*, *Har* vella *elegans*, *Anodontia spherica*, *Chione amathusia* (?), *Ch. jamaniana*, *Turritella broderipiana* y *Cancellaria cassidiformis* sugieren una fauna asociada cercanamente al reciente.

Anodontia spherica es además reportada como fósil en la Fm. Canoa atribuida al Plioceno y en las Islas Galápagos, en sedimentos considerados de edad Pliocénica y en los que dataciones radiométricas sólo le asignan 1.47 m.a. a 1.37 m.s. (Bristow et Hoffstetter, 1977).

Bulliminella elegantísima, existente en la actualidad en la plataforma de Esmeraldas, es también conocida tan sólo desde el Plioceno (Bermúdez, 1963).

La presencia de globigerina bulloides (Mioceno Med. Sup-Rec.) y globigerinoides obliquus (Mioc. Sup-Rec.), foraminíferos planctónicos que son en general mejores indicadores estratigráficos, indican además una edad más joven que Mioceno considerando que trabajos anteriores determinan la no existencia del Mioceno Superior en el Graben de Jambelí (Woodside, 1975).

En conjunto las indicaciones paleontológicas y la ausencia de los sedimentos pleistocénicos característicos de la Fm. Tabla

zo le asignan a las rocas aflorantes en la Isla Santa Clara una edad Plioceno, y quizás Plioceno Medio por posición estratigráfica como se demostrará en el Capítulo 4 (Figura # 14), en contraposición con la edad Miocena establecida en el Mapa Geológico del Ecuador 1:1'000.000 (1969).

3.4. TECTONICA

La principal estructura existente en la Isla es una falla gravitacional de gran ángulo (casi vertical), de rumbo N35°E, que cruza el Peñón Mayor (Fotos 19 y 20) alcanzando un desplazamiento neto visible en el lado SE (Foto 19) de aproximadamente 6 m. En este lado la falla cambia el buzamiento de los estratos, en general de 7-10° en el lado levantado (en la parte SW de la Isla), a valores entre 23°-28° en el bloque hundido (parte NE de la Isla), manteniéndose siempre el buzamiento al NE y con el rumbo más o menos constante entre N30°W a N60°W. En el lado NE de este Peñón la falla aparece en cambio disturbando los estratos del lado hundido (Foto 20).

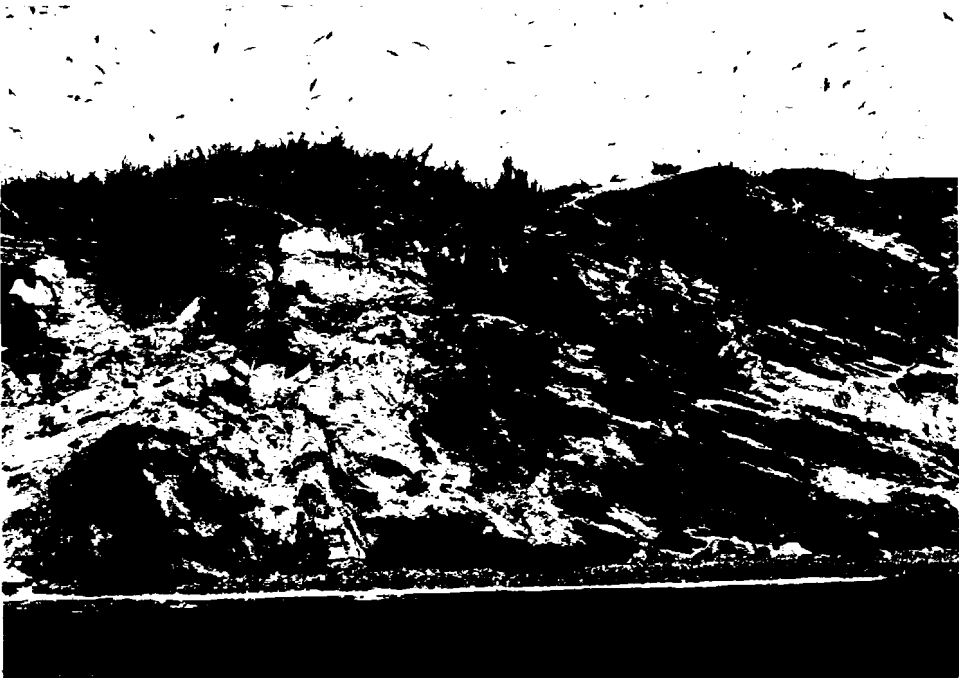


FOTO 19.- Cambio de buzamiento por efecto de una falla gravitacional con rumbo $N35^{\circ}E$ en el lado ESE del Peñón Principal.



FOTO 20.- Falla de la Foto anterior, disturbando los estratos del lado hundido (a la izquierda de la Foto) en el lado ENE del Peñón Principal.

Dos fallas secundarias gravitacionales con rumbo a proximado $N45^{\circ}E$, aparentemente cortándose en la falla principal forman en el bloque hundido un pequeño graben con desplazamiento de 1 y 2 m (Foto 21).

Un segundo grupo de estructuras corresponden a fallas de desplazamiento de rumbo (Fallas de dirección) que son observadas en la plataforma de abrasión. La falla más importante de este tipo es una falla dextral (Fotos 23 y 24) de rumbo $N65^{\circ}E$, observada en condiciones de máxima bajamar, al norte del Peñón del extremo NE. El desplazamiento sin embargo no fue posible determinarlo por las condiciones de los afloramientos.

Una segunda falla de rumbo sinistral, también de poco desplazamiento, aparece en la plataforma del Peñón Mayor, en el lado SE del extremo NE. Su rumbo inicialmente $N70^{\circ}E$ cambia progresivamente hasta alcanzar una dirección $N30^{\circ}E$.

Fallas de tipo inverso ocurren solamente en micro escala. La falla más importante de este sistema de actitud $N70^{\circ}E/70^{\circ}S$, es visible en el Peñón principal, en el bloque hundido, lado SE, donde se observa un desplazamiento de 1 m (Foto 22). Hacia la

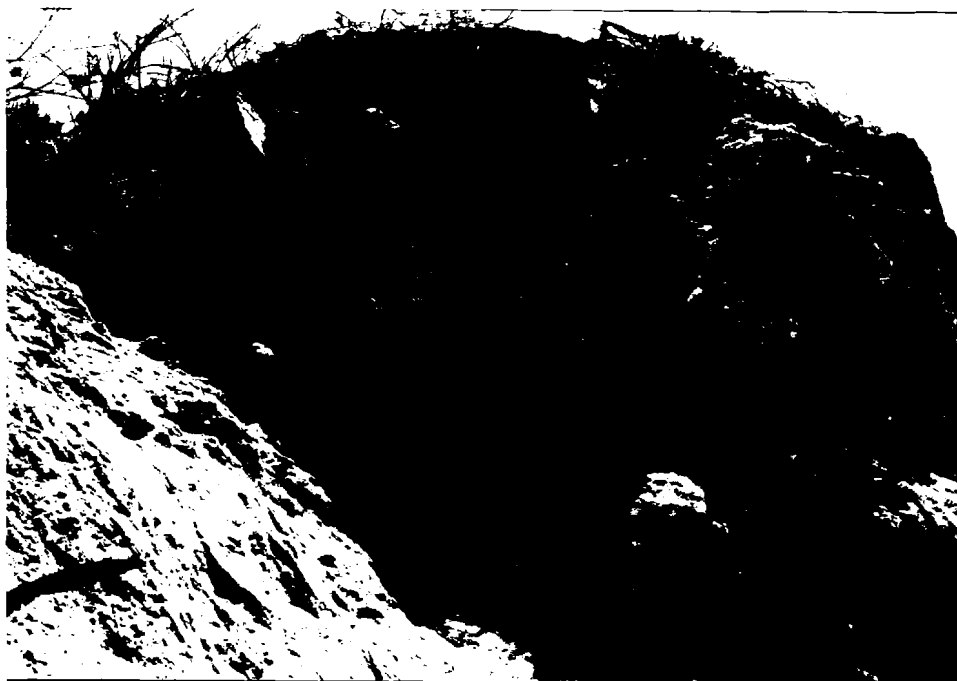
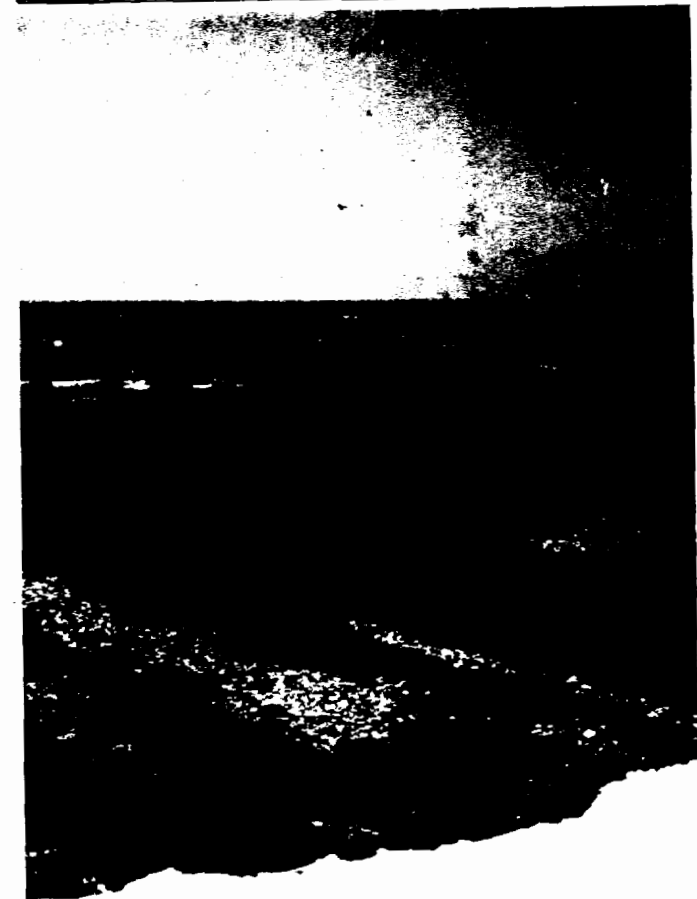


FOTO 21.- Pequeño graben formado en el Peñón Mayor en el bloque hundido. Los desplazamientos son 2 y 1 m a la izquierda y derecha respectivamente.



FOTO 22.- Fallamiento inverso de pequeña magnitud (1 m de desplazamiento), que ocurre también en el Peñón Principal.



FOTOS 23 y 24.

Falla de desplazamiento de rumbo tipo dextral en la parte Norte de la plataforma del Peñón Norte. El carácter de la falla está indicado por la flexión nítida de los estratos.

playa el buzamiento de plano de falla se aumenta haciéndose casi vertical.

Las diaclasas por otra parte se presentan en tres familias diferentes:

El primer juego de rumbo promedio $N65^{\circ}-70^{\circ}E$ tienen buzamientos muy fuertes al S o son casi verticales. Esta dirección corresponde al alineamiento general entre los distintos peñones y se nota con mayor intensidad desde el extremo NE del Peñón Mayor hacia los Peñones Menores del NE, donde la plataforma de abrasión permite mejores observaciones;

La segunda familia, con rumbo promedio $N70^{\circ}-75^{\circ}W$ casi verticales o con buzamiento muy fuertes al S o al N; y,

Una tercera dirección de diaclasamiento, con valores de rumbo entre $N20^{\circ}E$ a $N40^{\circ}E$, casi verticales. Son paralelas al sistema de fallamiento principal.

Estas diaclasas observadas en la plataforma en la parte NE de la Isla, están a menudo rellenas de carbonato de calcio, dando a veces un enrejado tipo "panal de abejas".

Las estructuras de dirección ENE-WSW y WNW-ESE - pueden interpretarse como sistemas conjugados producidos por esfuerzos compresivos (σ_1) actuando en dirección E-W o ligeramente ENE-WSW, que corresponde a la dirección de subsidencia de la placa de Nazca bajo la placa suarmericana; teniendo a la dirección de mínimo esfuerzo (σ_3) en dirección N-S y la dirección de esfuerzo intermedio (σ_2) en posición vertical.

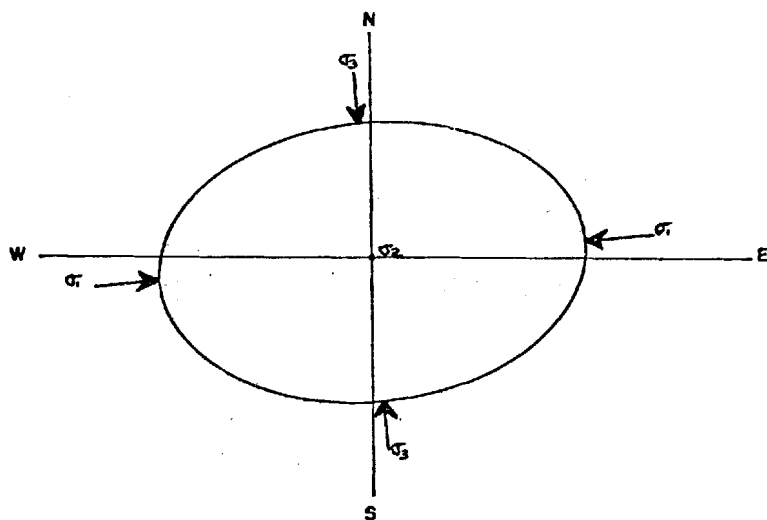


FIGURA # 12.- Elipse de distribución de esfuerzos en la Isla Santa Clara.

Esta distribución de esfuerzos (Figura # 12) explica el desarrollo de fallas de desplazamiento de rumbo como las estructuras principales de este sistema.

Las fallas inversas pueden explicarse considerando que las fallas de desplazamiento de rumbo no son forzosamente verticales, y que las fallas inversas observadas en micro escala pueden corresponder a fallas de desplazamiento de rumbo o dirección (Mattaer, 1973).

Las estructuras con orientación $N30^{\circ}-35^{\circ}E$ corresponden a un sistema tectónico diferente, gravitacional, producida quizás por la reactivación de una zona de debilidad más antigua, cuyas tendencias coinciden con la dirección propuesta por varios autores para la falla Guayaquil (Bellizia, Faucher et savoyat, Campbell, etc.).

4. CORRELACIONES

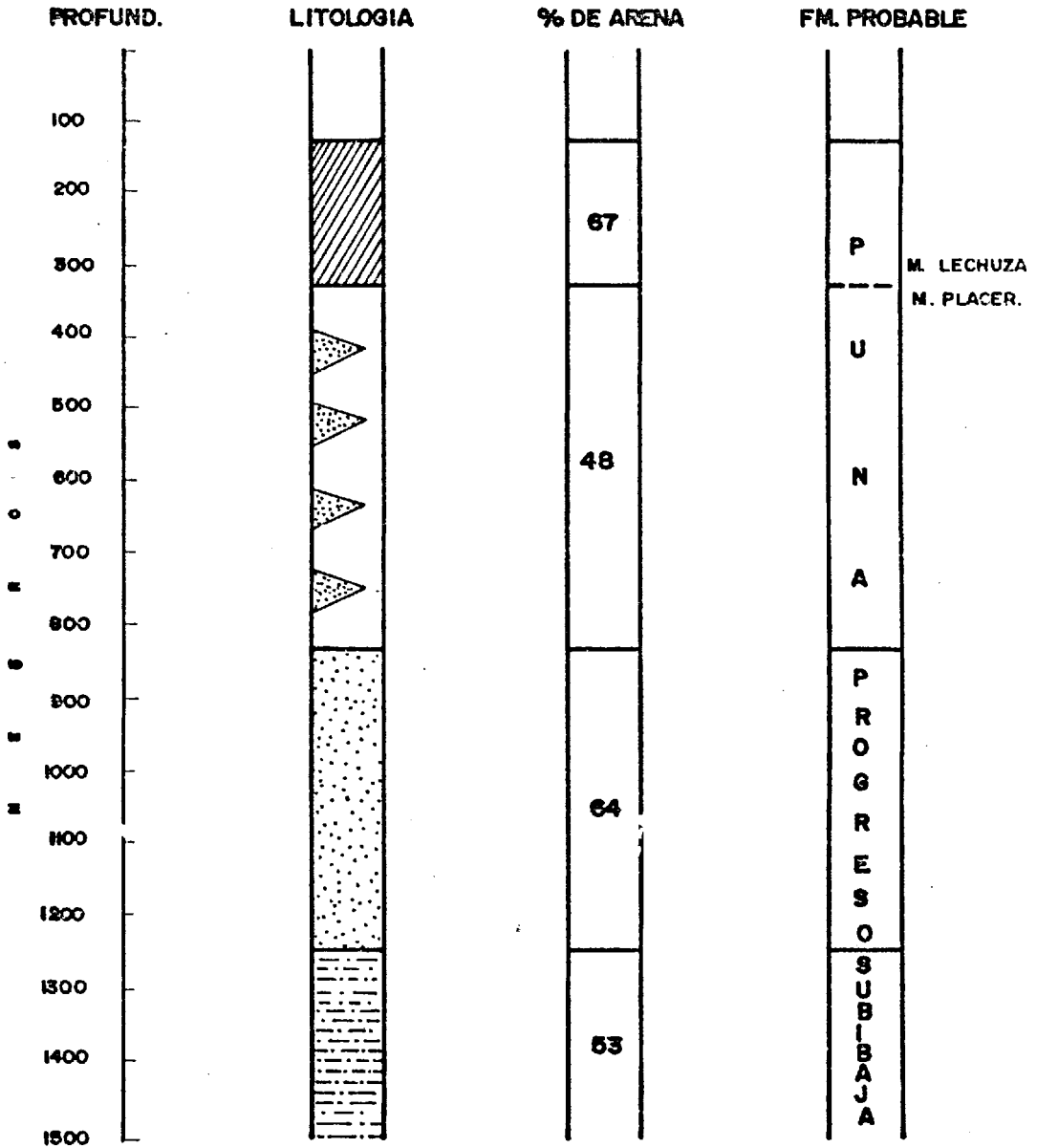
Los datos geológicos existentes sobre el Golfo de Guayaquil son muy pocos y se encuentran en su mayoría en informes y reportes privados. Las descripciones detalladas de los estratos atravezados por los pozos perforados han sido centrados a las zonas de interés hidrocarbúfero, dándole a las rocas y sedimentos suprayacentes a estas formaciones descripciones someras y por lo general incompletas. Además, por la presencia de un fondo rocoso poco profundo alrededor de la Isla, el trazado de las líneas sísmicas no ha sido posible realizarlo con los programas de aguas profundas efectuados hasta la fecha.

Sin embargo, una correlación discreta es posible con la información existente.

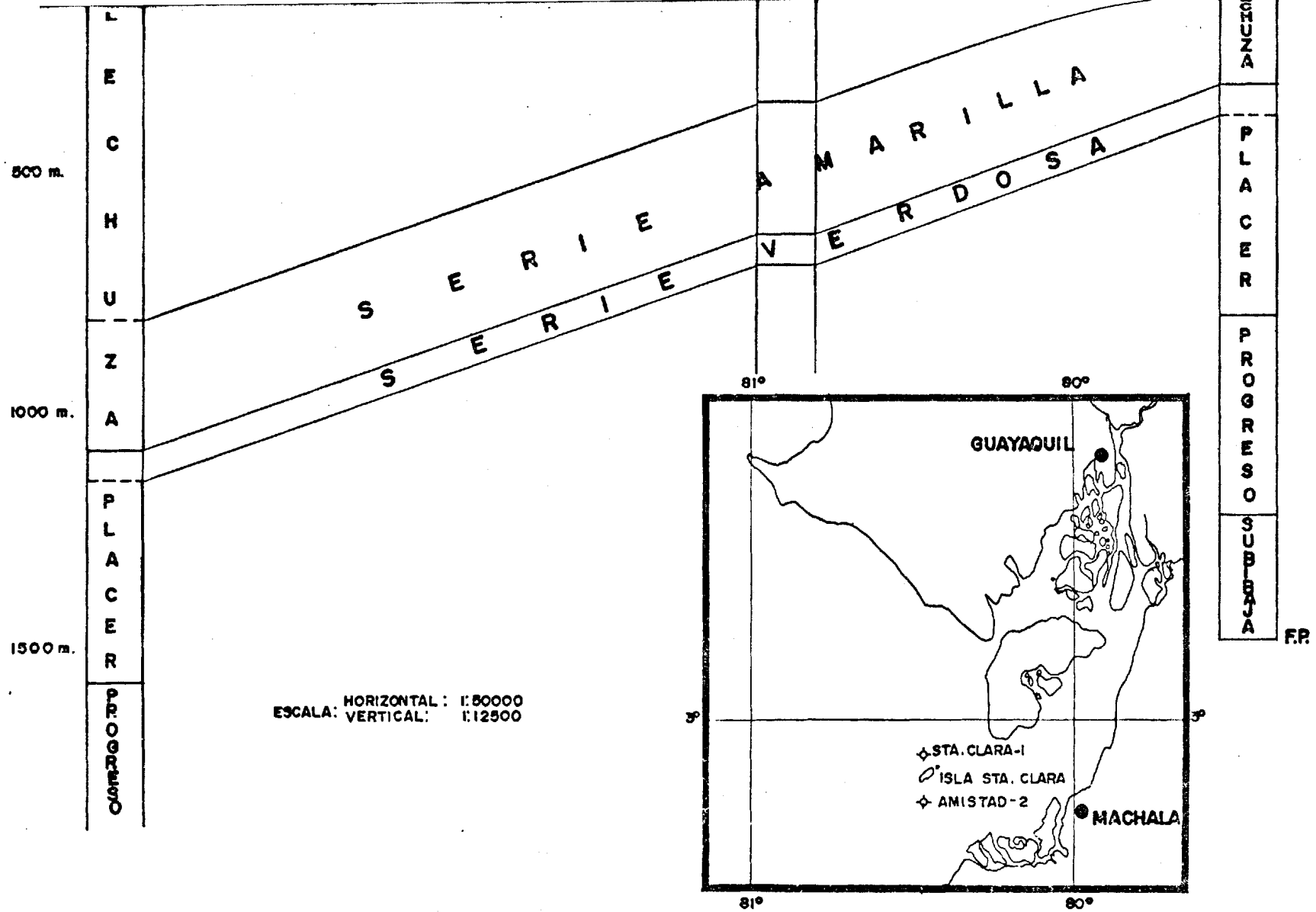
4.1. CORRELACION ESTRATIGRAFICA

Del análisis de los porcentajes de arenisca tanto en la SERIE AMARILLA como en la SERIE VERDOSA a partir de la columna estratigráfica, se obtienen valores de 68% y 42% respectivamente, que son comparables a los datos litológicos obtenidos a partir de registros eléctricos para el campo Amistad

COLUMNA ESTRATIGRAFICA DEL POZO STA. CLARA-I



ESCALA VERTICAL 1:10.000



CORRELACION LITOLÓGICA BASADA EN % DE ARENISCAS AMISTAD-2, ISLA STA. CLARA, STA. CLARA-1

ubicado entre 6 y 10 Km al sur, y del pozo Santa Clara # 1 (Figura # 13) aproximadamente a 4 Km al norte de la Isla.

En la columna estratigráfica generalizada del campo Amistad, existe inferido dentro de la zona denominada "Plio-Pleistoceno indiferenciado" un contacto en donde la sección superior presenta 60% de arenisca contra 40% interpretado para la sección inmediata subyacente (Informes inéditos, UEGG).

En el pozo Santa Clara # 1 (Figura # 13) es posible igualmente ubicar este contacto obteniéndose valores de 67% y 48% de arenisca para las secciones superior e inferior respectivamente, correspondientes a la Fm. Puná de acuerdo a la California Ecuador Petroleum Company (CALEC).

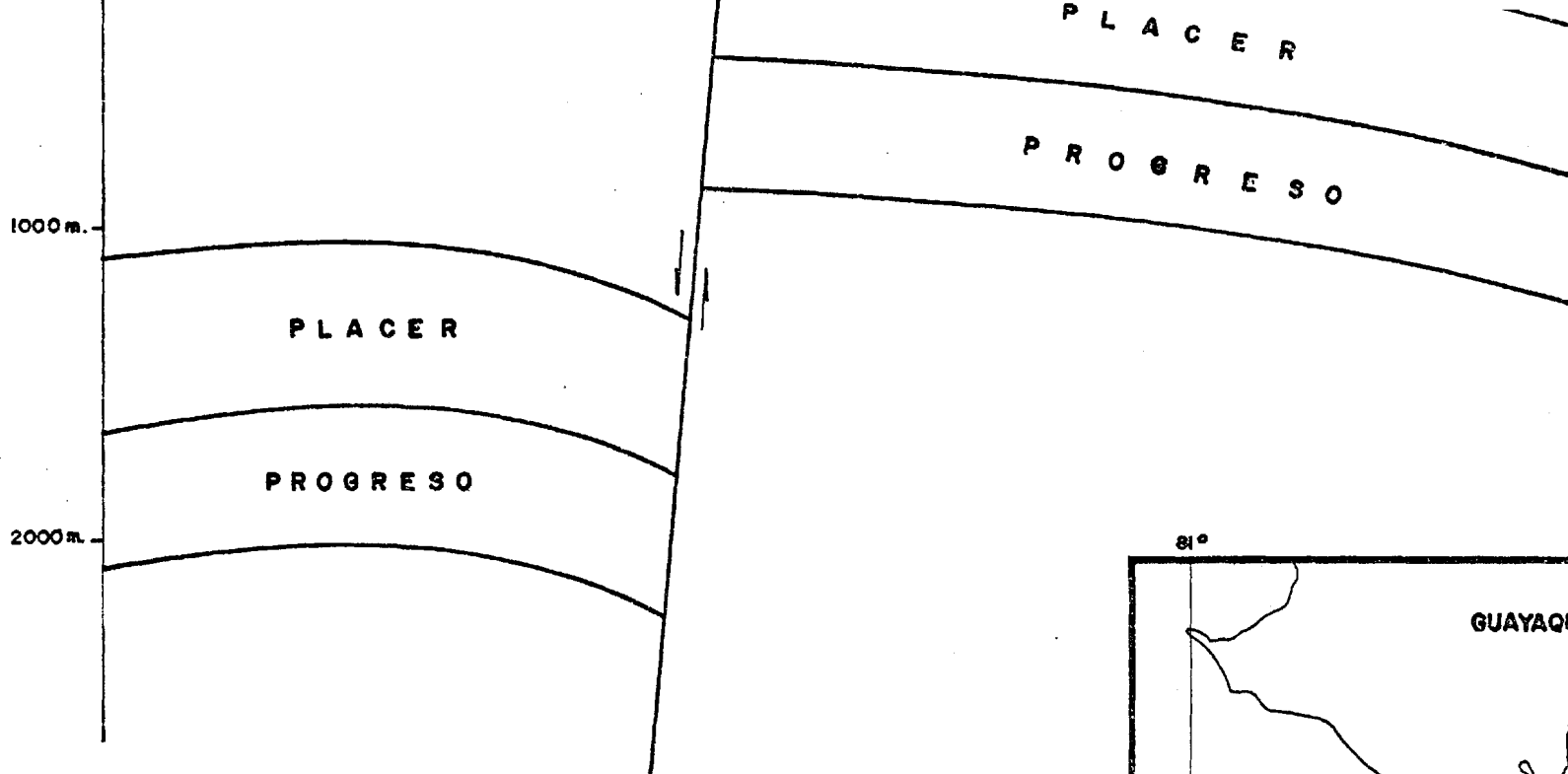
La Figura # 14 ilustra una correlación litológica de los pozos Amistad 2 y Santa Clara 1, con la sección medida en la Isla Santa Clara.

4.2. CORRELACIONES ESTRUCTURALES

Un anticlinal cuyo eje está orientado aproximadamente NS, mostrado en las secciones sísmicas, al-

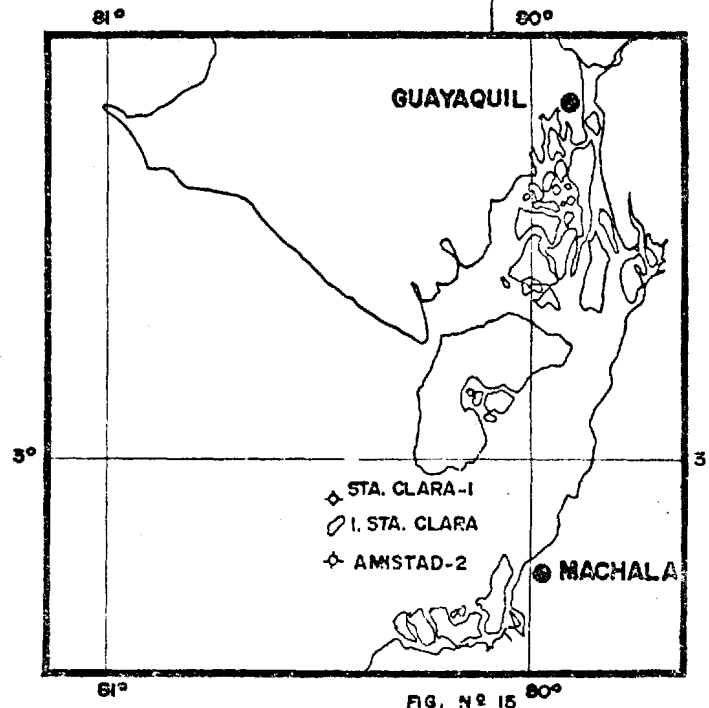
canza su mayor amplitud muy cerca de la Isla Santa Clara, pocos Km al SW. Este pliegue junto a la falla de carácter regional mencionada en la sección 2.4., que alcanza al frente de la Isla un rechazo vertical de aproximadamente 1500 m dejándola a ésta en el lado levantado, explicaría la correlación anterior (4.1.) en la parte relacionada con el campo Amistad, presentada en la Figura # 14, en donde este contacto aparece en profundidad del orden de 1200 m, puesto que estos pozos (Amistad) están perforados en la parte baja sur del anticlinal, al sur de la Isla.

En la correlación estructural con el pozo Santa Clara # 1 (Figura # 15), ubicado también en el lado levantado tanto en la falla regional como de la falla que aparece en la Isla se muestra un contacto similar al SERIE VERDOSA-SERIE AMARILLA a sólo 350 m de profundidad (Figura # 13). El rumbo de los estratos y el buzamiento medido en la Isla proyectados hacia el pozo Santa Clara # 1, hacen esperar este contacto a aproximadamente 360 m de profundidad manteniendo una actitud promedio $N40^{\circ}W/10^{\circ}N$ hasta el pozo, coincidiendo con la interpretación litológica del pozo.



**CORRELACION ESTRUCTURAL:
AMISTAD-2, I. STA. CLARA, STA. CLARA-1**

ESCALA: VERTICAL 1: 25000
HORIZONTAL 1: 50000



Por otra parte una extrapolación sísmica, realoza-
da con las líneas trazadas al oeste (Lado levanta-
do; flanco W del anticlinal) con puntos de latitud
igual, sugieren hacia la Isla el afloramiento de
un horizonte post-mioceno y probablemente plioceno.

4.3. CORRELACIONES PETROGRAFICAS

Con las incompletas descripciones existentes de los
sedimentos más superiores del paquete sedimentario
terciario es bastante difícil establecer una corre-
lación petrográfica; sin embargo se reporta es es-
tos sedimentos una notable cantidad de fragmentos
de conchas, principalmente desde la Fm. Progreso
aumentando en proporción hasta el reciente, tanto
en los pozos perforados en la parte costa afuera -
como en los perforados en la Isla Puná. En los a-
floramientos de Santa Clara existen también canti-
dades notables de moluscos, que podrían correspon-
der a cualquiera de estas zonas.

Quizás un parecido mayor puede existir consideran-
do el carácter lítico de las areniscas de la SERIE
VERDOSA, similar a las que afloran al NE de la Is-
la Puná correspondiente al miembro Placer, pero és-
tas tienen en Puná un tamaño más grueso.

4.4. CORRELACIONES PALEONTOLOGICAS

El trabajo realizado por Pilsbry y Olsson en 1941: "A Pliocene Fauna From Western Ecuador", no ha sido posible tenerlo como referencia bibliográfica, pero se reporta la presencia de los géneros Tellina y Pecten en el miembro Placer de la Fm. Puná en el Léxico Estratigráfico (Bristow et Hoffstetter, 1977), ambos géneros ocurren en la SERIE VERDOSA y Pecten también en la SERIE AMARILLA.

Mayores similitudes en cuanto a ocurrencia de géneros se presentan con la Fm. Progreso tanto en moluscos como en los foraminíferos y aún en la presencia de Balanus y de ostras en bancos, pero las especies identificadas en Santa Clara son diferentes a las reportadas en Progreso en la parte Continental (Mioc. Sup.-(?) Plioceno).

Relaciones más cercanas de similitud en cuanto a especies de moluscos ocurren con formaciones definidas más al norte en las provincias de Manabí y Esmeraldas: La Fm. Canoa (Plioceno), Fm. Onzole en el miembro Punta Gorda (Plioceno), la Fm. Borbón (Mioc. Sup.-Plioceno) y la Fm. Jama (Mioc. Sup. Plioceno inferior). En Canoa por ejemplo se ha

reportado *Dosinia ponderosa*, *Ostrea megodón* y *Anodontia spherica*. En Punta Gorda en cambio sólo *Ostrea megodón* y *Dosinia ponderosa*. En la Fm. Borbón se han reportado de las especies de Santa Clara: *Dosinia ponderosa* y *Harvella elegans*. En la Fm. Jama ocurre *Harvella elegans*.

Por otro lado, de entre los foraminíferos *Globigerina bulloides* es reportado tanto en la Fm. Canoa como en el miembro Punta Gorda; en este último ocurre también *Globigerinoides obliquus*. Tanto Canoa como Punta Gorda son atribuidas actualmente al Plioceno.

5. POSIBILIDADES HIDROCARBURIFERAS

La serie de estratos observados en superficie son en general de buena calidad como reservorio de hidrocarburo dada la gran porosidad de las areniscas, las cuales son moderadamente bien clasificadas, de poca cantidad de matriz arcillosa y de bajo grado de cementación y compactación.

Las rocas de grano fino (Lutitas y Limolitas) presentan por otra parte resultados excelentes de contenido de materia orgánica, alcanzando en promedio valores aproximados al 5%, lo que las convierte indudablemente en rocas madres potenciales muy buenas.

A pesar de la buena calidad de roca madre y reservorio, en los pozos perforados, hasta ahora los estratos del Plioceno han dado pocos indicios de presencia de hidrocarburos, especialmente en Amistad.

Las principales posibilidades hidrocarburíferas de la Isla están dadas entonces por sus condiciones estructurales considerando la presencia de gas probada en los pozos Amistad al sur.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo muestran la seguridad de la existencia de un alto estructural muy

importante en Santa Clara y en la zona alrededor de ella. Este alto podría representar una continuación de la estructura conocida más al sur como productiva -Amistad- un anticlinal alargado que alcanzaría su máxima plenitud unos pocos kilómetros al SW de la Isla.

La existencia de la falla regional de dirección aproximada N30°E definida anteriormente, con actividad posterior al desarrollo del anticlinal y por encontrarse en un flanco de éste proveería de un mecanismo adicional para el emtrampamiento de hidrocarburos.

El área alrededor de la Isla ha sido considerada desde hace muchos años como estructuralmente favorable para la acumulación de hidrocarburos. En 1960 la California Ecuador Petroleum Company (CALEC) perforó 1520 m aproximadamente a 4 Km (2.21 millas náuticas) a 354° de la Isla en el pozo denominado Santa Clara # 1 (3° 08' 18" lat. Sur, 80° 26' 50" long. Oeste), buscando petróleo, pero sin obtener resultados positivos debido a que los horizontes conocidos como productores en Amistad no fueron alcanzados en la perforación del Santa Clara # 1 que debió haber superado 2500 m para lograrlo.

Una perforación en el área al SW o al WSW de la Isla y aún en el borde SW de ésta, lograrían disminuir la pro

fundidad de perforación de "Amistad" en aproximadamente 400 m (para Amistad # 3). La sección "productiva" sería alcanzada en esta área a aproximadamente 2200 m de profundidad.

C O N C L U S I O N E S

1. Los estratos aflorantes en la Isla Santa Clara corresponden a una serie predominantemente detrítica con dos miembros: El inferior o "SERIE VERDOSA" y el superior o "SERIE AMARILLA".
2. La "SERIE VERDOSA" es una secuencia depositada en un ambiente estuarino de canales y de llanos de marea que alcanzan fases transicionales hacia ambiente marino de plataforma interior. Los sedimentos finos son predominantes en esta Serie.
3. La "SERIE AMARILLA" corresponde a una secuencia depositada en un ambiente marino de plataforma interior (infralitoral), dominado por corrientes de mareas y poco influenciado por corrientes derivadas de vientos y olas. Las areniscas predominan marcadamente en esta serie sobre los otros sedimentos.
4. Los sedimentos, tanto en la "SERIE VERDOSA" como de la "SERIE AMARILLA", fueron depositados en el Plioceno y probablemente en el Plioceno Medio.

5. La "SERIE VERDOSA" y la "SERIE AMARILLA" corresponderían a los miembros Placer y Lechuza respectivamente, definidos en pozos y en afloramientos en la Isla Puná, y pertenecientes a la Formación del mismo nombre.
6. Los sedimentos fueron aportados desde el E o NE y acarreados y retrabajados por corrientes de marea principalmente de sentido NE y SW, dirección paralela al canal existente actualmente.
7. Las principales estructuras son fallas gravitacionales de orientación $N30^{\circ}-45^{\circ}E$ y corresponden a una tectónica de desplome o hundimiento de bloques cuya dirección es paralela al sistema principal conocido en el área del Graben de Jambelí.
8. Evidencias estructurales superficiales y de extrapolación sísmicas, tanto como estratigráficas, muestran el área al SW de la Isla como estructuralmente más favorable en la búsqueda de horizontes probados al Sur, en Amistad, como productores de gas y de otros horizontes prospectivos más profundos, puesto que el anticlinal que contiene "Amistad" alcanzaría su plenitud en esta área.

RECOMENDACIONES

1. El estudio petrográfico especialmente y estratigráfico en general de los sedimentos más superiores de la columna (post-Progreso), debe realizarse con mayor detalle a fin de tener una idea exacta del área de aporte de los sedimentos, de la naturaleza de la roca madre y de otros factores geológicos dominantes en este tiempo.

Es necesario también establecer con mayor precisión la correlación de las rocas existentes en el Graben de Jambelí con las rocas aflorantes en áreas continentales adyacentes, especialmente en la Cuenca de Progreso.
2. La prospectividad inicial del área aledaña a la Isla - requiere de la realización de programas de líneas sísmicas en aguas pocas profundas que se complementan con los trazados sísmicos existentes con el propósito de delimitar localmente la estructura presente en la zona y localizar con mayor precisión los sitios más convenientes para la exploración de pozos exploratorios de hidrocarburos.

A N E X O S

ANEXO A

COLUMNA ESTRATIGRAFICA ESCALA 1:100

ANEXO B

PARAMETROS GRANULOMÉTRICOS (DE FOLK)
PARA LAS ARENISCAS

PARAMETROS GRANULOMETRICOS DE FOLK

- MEDIDA DE TAMAÑO

$$\text{Promedio gráfico (Mz)} = (\emptyset 16 + \emptyset 50 + \emptyset 84)/3$$

- MEDIDA DE UNIFORMIDAD

Desviación standard inclusiva

$$\sigma_I = \frac{\emptyset 84 - \emptyset 16}{4} + \frac{\emptyset 95 - \emptyset 5}{6.6}$$

- MEDIDA DE ASIMETRIA

Grado de asimetria gráfica inclusiva (SK_I)

$$SK_I = \frac{\emptyset 16 + \emptyset 84 - 2\emptyset 50}{2(\emptyset 84 - \emptyset 16)} + \frac{\emptyset 5 + \emptyset 95 - 2\emptyset 50}{2(\emptyset 95 - \emptyset 5)}$$

- MEDIDA DE CURTOSIS

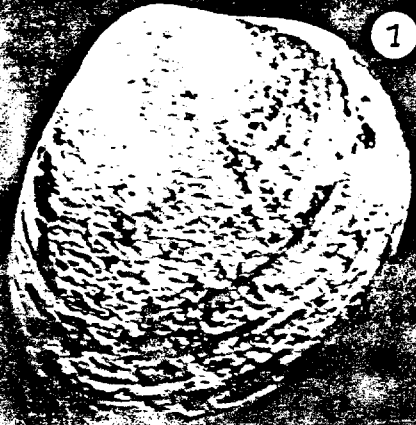
$$\text{Curtosis gráfica (K}_G) = \frac{\emptyset 95 - \emptyset 5}{2.44(\emptyset 75 - \emptyset 25)}$$

ANEXO C

PALEONTOLOGIA

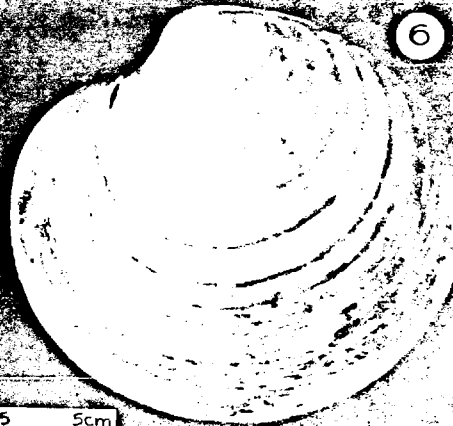
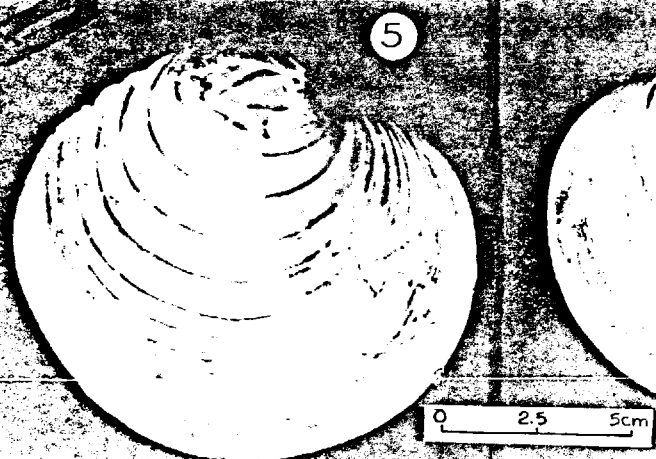
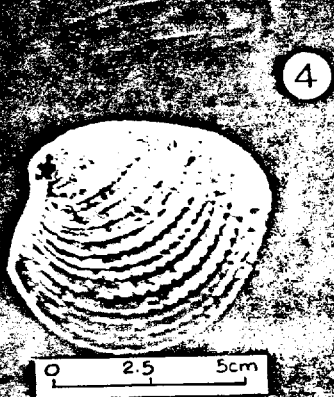
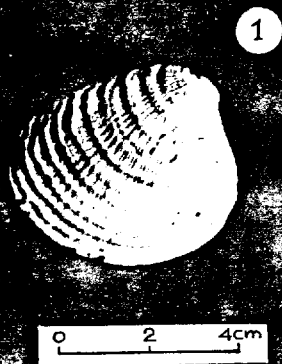
L A M I N A I

- 1 y 2. *Megapitaria scualida* Sowerby
3. *Anodontia spherica* Dall & Ochner
4. *Periglypta multicostata* Sowerby
5. *Harvella elegans* sowerby
6. *Anadara obesa* sowerby



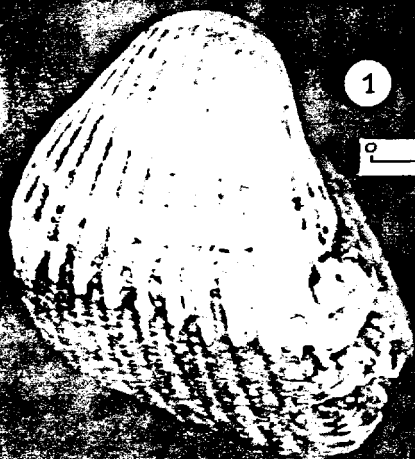
L A M I N A II

- 1 y 2. *Chione amathusia* Philippi
3. *Chione jamaniana* Pilsbry & Olsson
4. *Ostrea Megodon* Hanley
- 5 y 6. *Dosinia ponderosa* Gray

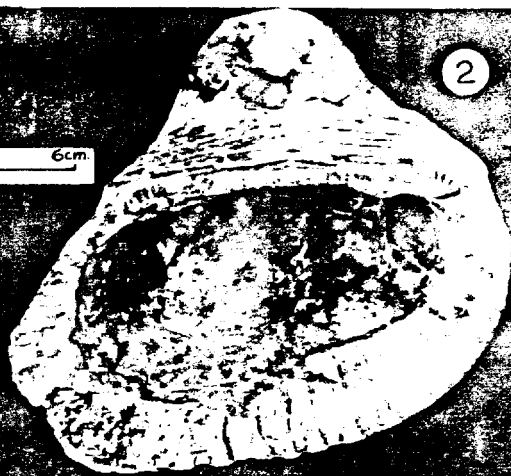
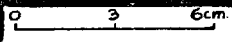


L A M I N A III

- 1 y 2. *Anadara* cf. *A grandis* Broderip & sowerby
- 3. *Mactrellona* cf. *M subalata* Morch
- 4 y 5. *Turritella broderipiana* D' Orbigny
- 6 y 7. *Cancellaria cassidiformis* sowerby



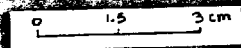
1



2



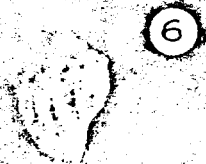
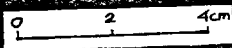
3



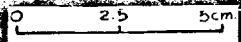
4



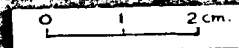
5



6



7



FORAMINIFEROS



11114 15KV 50U

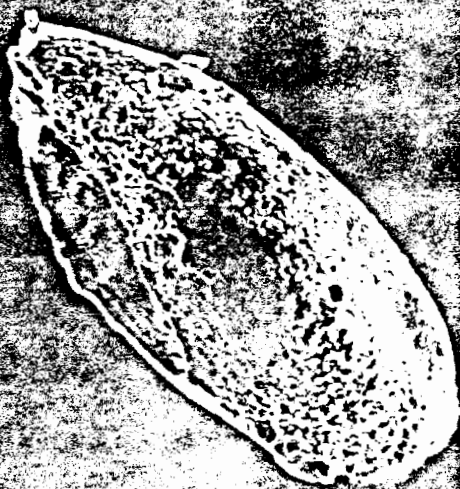


11291 15KV 50U

Ammonia beccarii Linné

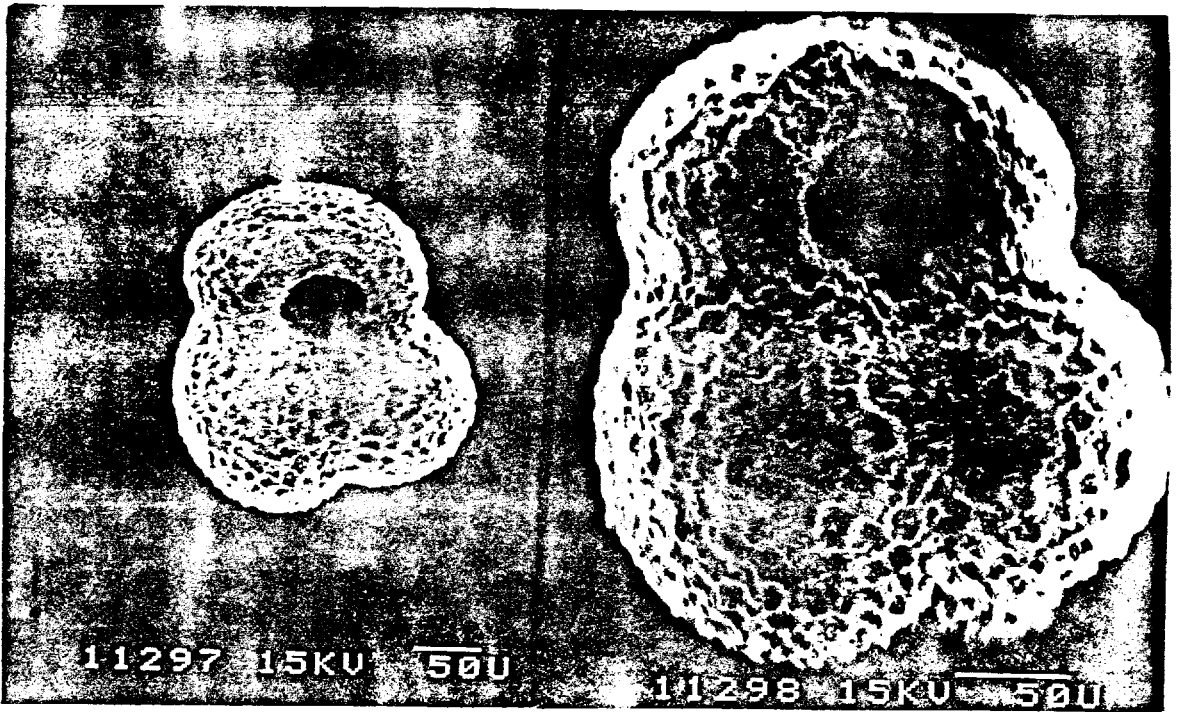


11223 15KV 50U



11224 15KV 50U

Buliminella elegantissima D'orbigny



Globigerinoides obliquus Bolli



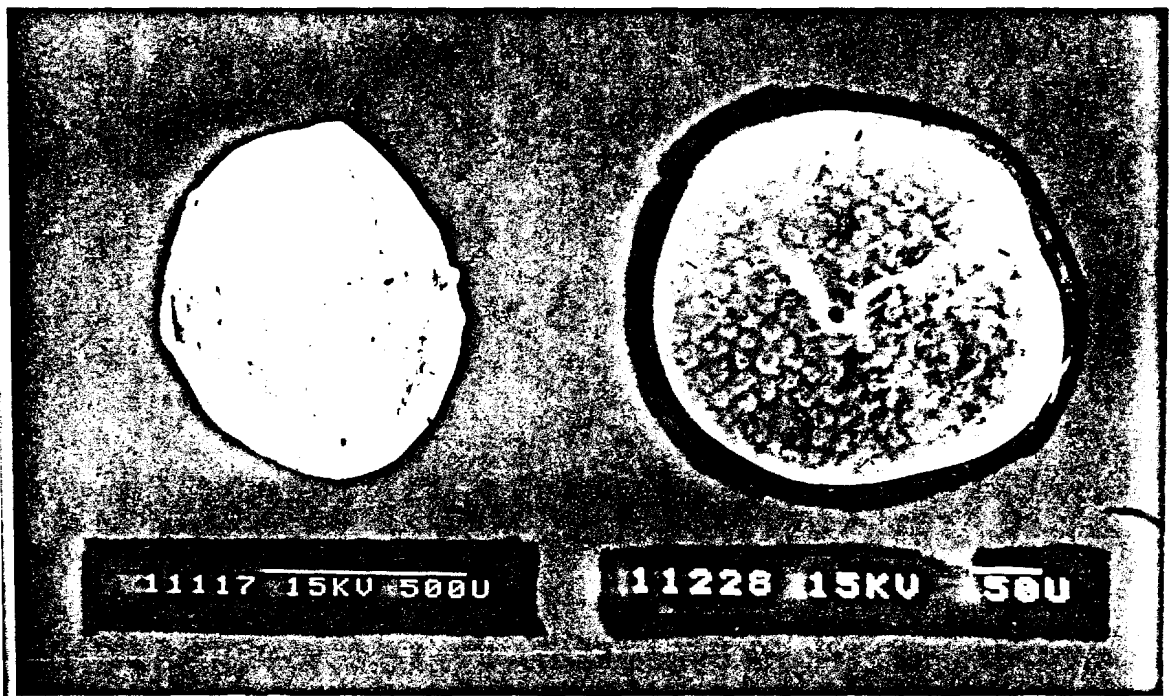
Hanzawaia sp.



Globigerina sp.



Bolivina sp.



Quinqueloculina sp.



Rotalia sp.

ANEXO D

CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA EN LUTITAS
Y LIMOLITAS

CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA DE MUESTRAS DE SANTA CLARA

SERIE	MUESTRA	PORCENTAJE
V E R D O S A	3	3.62
	10	7.28
	11	3.97
	58	4.21
	59	1.33
	61	6.05
	32	7.22
	33	5.25
A M A R I L L A	2	14.38
	20	4.76
	21	9.44
	22	6.92
	25	6.90
	28	5.60
	37	2.04
	40	1.98
	41	3.37
	52	6.41
57	3.62	

B I B L I O G R A F I A

1. ASSEEZ, 1972, Triangular presentation of textural data in the interpretation of depositional environment, Journal of Sedimentary Petrology, vol. 42, No. 3, P. 729-731, Oklahoma, U.S.A.
2. AZAD, JIMMY, 1968, Report # 10: Geology and Petroleum Prospects of the Santa Elena Península, Anglo Ecuadorian Oilfields Limited, inédito.
3. BENITEZ, STALIN, 1975, Tesis de Grado, ESPOL, Guayaquil.
4. BENITEZ, STALIN, 1980-1981, Informe U.E.G.G., inéditos.
5. BERMUDEZ, PEDRO J. y SEIGLIE, GEORGE A., 1963, Estudio sistemático del Golfo de Cariaco, Boletín del Instituto Oceanográfico de la Universidad de Oriente, vol. II, número II, Cumaná-Venezuela.
6. BOLTOVSKOY, ESTEBAN, 1965, Los foraminíferos recientes, Editorial Universitaria de Buenos Aires.
7. BRISTOW, C.R., 1975, On the Age of the Zapotal Sands of Southwest Ecuador, Newletters Stratigr., 4(2), P. 119-134, Berlín, Stuttgart.

8. BRISTOW, C.R. et Hoffstetter, R., 1977, Lexique Stratigraphique International, Volume V, America Latine, Ecuador, Centro National de la Recherche Scientifique, Francia.
9. CALEC, 1960, Well Completion Report Santa Clara # 1, inédito.
10. CAMPBELL, C.J., 1974, Ecuadorian Andes, In: Mesozoic-Cenozoic Orogenic belts; Data for Orogenic Studies; Circum-Pacific and Caribbean orogens. Geol. Soc. Lond. Spec. Publ., No. 4, P. 725-732.
11. CANFIELD, R., 1966, Reporte Geológico de la Costa Ecuatoriana, Ministerio de Industrias y Comercio, Quito.
12. COLMAN, J.A.R., 1970, Guide Book to the Geology of Santa Elena Península, Ecuadorian Geological and Geophysical Society, Quito.
13. COX, L.R. et AL, 1969-1971, Bivalvia, en Treatise of Invertebrate Paleontology (ed. R.C. Moore), parte "N", Mollusca 6, vols. 1, 2 y 3, the University of Kansas Press and the Geological Society of America, U.S.A.
14. ELLIOT, T., 1980, Clastic Shorelines, en "Sedimentary environments and Facies" (ed. H.G. Reading), P. 143-177, Reprinted, Elsevier-New York.

15. FAUCHER, B., SAVOYAT, E., 1973, Esquema Geológico de los Andes Ecuatorianos, Traducción, Fegmpe, Guayaquil.
16. FOLK, ROBERT, 1977, Petrología Sedimentaria, Reimpresión de Traducción de UNAM, ESPOL, Guayaquil.
17. JOHNSON, H.D., 1980, Shallow Siliclastic Seas, en "Sedimentary Enviroments and Facies" (ed. H.G. Reading), P. 207-258, Reprinted, Elsevier-New York.
18. HOJAS GEOLOGICAS, 1:100.000, Dirección General de Geología y Minas, Quito.
19. KEEN, MIRA, 1971, Sea Shells of Tropical West American, Second edition, Stanford University, Stanford.
20. LOEBLICH, ALFRED JR., and TAPAN, HELEN, 1980, Sarcodina, "Chiefly -Thecamoebians- and Foraminiferida", en Treatise of Invertebrate Paleontology (ed. R.C. Moore), Part "C", Protista 2, volúmenes 1 y 2, Fourth printing, the University of Kansas Press and the Geological Society of America, U.S.A.
21. LONSDALE, P., 1978, Ecuadorian Subduction Systems, AAPG Bull., Vol. 62/12, P. 2454-2477, Oklahoma, U.S.A.

22. MAPA GEOLOGICO DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR, 1:1'000.000, 1969, Servicio Nacional de Geología y Minas, Quito.
23. MATTAUER, M., 1973, Les Déformations Des Matériaux De L'écorce Terrestre, Hermann, Paris.
24. MILLIMAN, J.D., 1974, Marine Carbonates, Springer-Verlag, Berlín, Heidelberg, New York.
25. OLSSON, A., 1961, Mollusks of the Tropical Eastern Pacific, Paleontological Research Institution, Ithaca-New York.
26. OLSSON, A.A., 1964, Neogene Mollusks from Northwestern Ecuador, Paleontological Research Institution, Ithaca-New York.
27. PADULA, E., 1974, Informe Geológico de la Costa Ecuatoriana, CEPE, inédito.
28. PARFENOFF, A., POMEROL, C., TOURENO, J., 1970, Les Minéraux en Grains, Masson et Cie, Francia.
29. SELLEY, R.C., 1978, Ancient Sedimentary Environments, Second Edition, Cornell University Press, New York, USA.
30. THOMPSON, T.L., 1977, Plate Tectonics in Oil and Gas Exploration of Continental Margins, AAPG, Bull., Vol. 61, P. 1463-1468, Oklahoma, USA.

31. WALLACE, G. DOW, 1976, Kerogen Studies and Geological Interpretations, Journal of Geochemical Exploration, 7(1977) 79-99, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam.

32. WOODSIDE, PHILIP, 1975, Evaluación de las posibilidades Petrolíferas del Golfo de Guayaquil, Dirección General de Hidrocarburos, inédito.