

7
551.36866
N°321
E.2

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



"ESTUDIO ESTRATIGRAFICO DE LA FORMACION SAN MATEO
EN EL CORTE PUERTO LOPEZ-SALANGO"

COORDENADAS: LONG. OESTE 80°48'53"-LAT. SUR 1°33'36"
LONG. OESTE 80°50'22"-LAT. SUR 1°35'03"

TESIS DE GRADO

PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE :

INGENIERO GEOLOGO

PRESENTADA POR :

EDISON MANUEL NAVARRETE CUESTA



GUAYAQUIL-ECUADOR

1985

AGRADECIMIENTO

Hago público mi agradecimiento al Proyecto de Investigación Geológica ESPOL-ORSTOM, por la oportunidad que se me brindó para obtener una especialización en Micropaleontología, mediante una beca de estudios en Francia, y por los conocimientos adquiridos a través del trabajo de campo, como Ayudante de Investigación; experiencias en conjunto que fueron válidas para el desarrollo y conclusión del presente estudio. Agradezco en especial a los coordinadores del proyecto Ing. Fernando Repetto, Ing. Jorge Calle e Ing. Eugenio Núñez del Arco; a los colaboradores franceses Dr. Bernard Labrousse y Dr. Francois Dugas; y a mis compañeros de trabajo Ing. Hugo Eguez, Srta. Coralia de la Cadena, Srta. Mariana Lascano y Srta. Marcia Vítores.

Mi agradecimiento al equipo humano que trabaja en el Laboratorio de Microscopía Electrónica del Instituto Nacional de Higiene y Medicina Tropical, encabezado por el Dr. Gustavo Rubio, por su colaboración técnica en la finalización de este trabajo.

DEDICATORIA

Mientras la ciencia a descubrir no alcance
las fuentes de la vida,
y en el mar o en el cielo haya un abismo
que el cálculo resista;
mientras la Humanidad, siempre avanzando,
no sepa a dó camina;
mientras haya un misterio para el hombre,
¡habrá poesía!

G. A. Bécquer

A MI MADRE

A MI PADRE

.....
Ing. Daniel Tapia F.
DECANO
FACULTAD DE IGMP

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

.....
Ing. Jorge Calle G.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....
Ing. Miguel Graetzer
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

RESUMEN

Los afloramientos de la fm. San Mateo, expuestos entre las poblaciones de Pto. López y Salango y constituídos por secuencias de lutitas, secuencias de conglomerados con intercalaciones de lutitas y secuencias de areniscas, corresponden a sedimentos depositados desde el Eoceno medio superior hasta el Eoceno superior, en una cuenca de talúd de fosa.

El análisis de las asociaciones de microfauna, indica que la cuenca mantuvo una profundidad entre 2.000 y 2.500 m. y que fueron continuos los aportes de ceniza durante la depositación de los sedimentos. Mientras que la identificación de microfósiles guías, el análisis de los cuerpos sedimentarios y el análisis secuencial de la columna estratigráfica tipo, permite establecer la separación de la fm. San Mateo en dos miembros. Un miembro inferior de edad Eoceno medio superior-Eoceno superior, constituido por material pelágico y hemipelágico, típico de la deposición en una cuenca profunda. Un miembro superior de edad Eoceno superior compuesto por abundante material detrítico continental con interestratificaciones de material pelágico que marca la parte media canalizada de un cono de deyección submarino con un eje de dirección 310° azimuth, desarrollado sobre la cuenca.

Por último, el establecimiento de correlaciones de las subunidades reconocidas, con otras de áreas aledañas, conduce a intentar simplificar la Estratigrafía de la costa ecuatoriana y a proponer un modelo paleogeográfico generalizado para la depositación de la fm. San Mateo.

INDICE GENERAL

	<u>Pág.</u>
RESUMEN	VI
INDICE GENERAL	VIII
INDICE DE ABREVIATURAS	X
INDICE DE FIGURAS	XI
INDICE DE FOTOGRAFIAS	XIII
INDICE DE TABLAS	XV
INTRODUCCION	17
AREA DE ESTUDIO	17
ESTUDIOS ANTERIORES	23
OBJETIVOS DEL ESTUDIO	32
METODOLOGIA	32
I. LOS MICROFOSILES COMO INDICADORES PALEOECO- LOGICOS	35
1.1. Los foraminíferos	35
1.1.1. Resumen histórico	35
1.1.2. Características generales	40
1.1.3. Interés en paleoecología	51
1.2. Los radiolarios	65
1.2.1. Resumen histórico	65
1.2.2. Características generales	68
1.2.3. Interés en paleoecología	77

	<u>Pág.</u>
II. MICROPALEONTOLOGIA	81
2.1. Principales microfósiles presentes	81
2.2. Edad de los sedimentos	85
2.3. Determinación paleoecológica	101
III. SEDIMENTOLOGIA	105
3.1. Estudio sedimentológico	105
3.1.1. Cuerpos sedimentarios	110
3.1.2. Ambientes de depositación	129
IV. ESTRATIGRAFIA DE LA FORMACION SAN MATEO	141
4.1. Columna estratigráfica	141
4.1.1. Análisis de las secuencias	141
4.1.2. Interpretación	143
V. PALEOGEOGRAFIA	151
5.1. Modelo paleogeográfico	151
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	157
ANEXOS	160
BIBLIOGRAFIA	192

INDICE DE ABREVIATURAS

A.C.	:	Antes de Cristo
A.E.O.	:	Anglo Ecuadorian Oilfields
D.C.	:	Después de Cristo
D.G.G.M.	:	Dirección General de Geología y Minas
F.D.	:	Flujo de Detritos
F.G.	:	Flujo de Granos
fm.	:	Formación
F.S.G.	:	Flujo de sedimentos gravitacional
I.E.P.C.	:	International Ecuadorian Petroleum Co.
I.F.P.	:	Instituto Francés del Petróleo
I.G.M.	:	Instituto Geográfico Militar
N,S,E,O,		
NE, SO, etc.	:	Puntos cardinales
m.	:	Metro
P.C.C.	:	Profundidad de Compensación de los Carbonatos
Pta.	:	Punta
Pto.	:	Puerto
T.	:	Turbidita

INDICE DE FIGURAS

<u>Nº</u>		<u>Pág.</u>
1	LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO	20
2	DIMORFISMO DEBIDO A LA REPRODUCCION EN LOS FORAMINIFEROS	42
3	DIFERENTES ARREGLOS DE CAMARAS DE CAPARAZONES DE FORAMINIFEROS	49
4	CLASIFICACION DE LAS DIFERENTES SUPERFAMILIAS Y FAMILIAS DE FORAMINIFEROS, CON SU TENDENCIA EVOLUTIVA	52
5	TENDENCIA EN BATIMETRIA Y EN CONTENIDO FOSIL DE FORAMINIFEROS, DE LOS SEDIMENTOS DESDE LA PLATAFORMA HASTA LA PLANICIE ABISAL	56
6	MODELO PARA LA DISOLUCION DEL CARBONATO DE CALCIO CON LA PROFUNDIDAD	56
7	DIAGRAMA IDEALIZADO DE LAS CARACTERISTICAS IMPORTANTES DE LAS PARTES BLANDAS DE UN RADIOLARIO	70
8	ALGUNOS CAPARAZONES DE RADIOLARIOS DE LOS GRUPOS DE ESPUMELARIOS Y NASELARIOS	74
9	MAPA DE UBICACION DE MUESTRAS MICROPALEOLOGICAS	82

INDICE DE FOTOGRAFIAS

<u>N°</u>		<u>Pág.</u>
1	VISTA PANORAMICA DE PTO. LOPEZ	18
2	VISTA PANORAMICA DE LA ISLA SALANGO FRENTE AL PUEBLO DE SALANGO	18
3	VISTA PANORAMICA DEL RIO SALANGO EN EPOCA DE VERANO	19
4	VISTA PANORAMICA DE PTA. CABEZONA	
5	SECUENCIAS DE LUTITAS TOBACEAS AL COMIENZO DEL CAMINO PTO. LOPEZ-SALANGO	106
6	SECUENCIAS DE LUTITAS TOBACEAS EN EL RIO SALANGO	106
7	SECUENCIAS POTENTES DE CONGLOMERADOS EN PTA. MIRADOR	108
8	SECUENCIAS DE CONGLOMERADOS EN EL RIO SALANGO	108
9	FALLA NORMAL EN PTA. MIRADOR	109
10	SECUENCIAS DE ARENISCAS CERCA DE SALANGO	109
11	SECUENCIAS DE ARENISCAS MICROCONGLOMERATI CAS Y ARENISCAS DE GRANO FINO CERCA DE SALANGO	114

<u>Nº</u>		<u>Pág.</u>
12	F.D. CLASTICO	114
13	F.D. ARENACEO	115
14	F.D. CLASTICO	115
15	F.D. PROGRADANTE SOBRE UN F.G.	116
16	F.D. GRADANDO A UN F.G. VISCOSO	116
17	F.G.	119
18	ACERCAMIENTO DEL F.G. ANTERIOR	119
19	F.G. MOSTRANDO GRADACION INVERSA Y NORMAL	120
20	IMBRICACION DE CLASTOS EN EL F.G. DE LA FOTO 18	120
21	IMBRICACION DE CLASTOS EN UN F.G.	121
22	SECUENCIAS TURBIDITICAS T_{ae}	121
23	SECUENCIAS TURBIDITICAS T_{abc} y T_{abce}	125
24	TURBOGLIFO OJIVAL	125
25	TURBOGLIFOS Y CALCOS DE MARCA DE ARRASTRE	126
26	DIQUES DE ARENISCA	126
27	CONCRECIONES CALCAREAS DENTRO DE CAPAS DE LUTITAS	128
28	CONCRECION CALCAREA CON ESTRUCTURA CONCEN <u>T</u> TRICA	128
29	PROGRADACION DEL MIEMBRO SUPERIOR DE LA FM. SAN MATEO SOBRE EL MIEMBRO INFERIOR	137

INDICE DE TABLAS

<u>Nº</u>		<u>Pág.</u>
1	RANGOS DE EDAD DE LOS FORAMINIFEROS ENCON- TRADOS EN LA MUESTRA NT 5 (MIEMBRO INFERIOR DE LA FM. SAN MATEO)	88
2	RANGOS DE EDAD DE LOS RADIOLARIOS ENCONTRA- DOS EN LA MUESTRA NT 5 (MIEMBRO INFERIOR DE LA FM. SAN MATEO)	89
3	RANGOS DE EDAD DE LOS FORAMINIFEROS ENCON- TRADOS EN LA MUESTRA NT 6 (MIEMBRO SUPERIOR DE LA FM. SAN MATEO)	90
4	RANGOS DE EDAD DE LOS RADIOLARIOS ENCONTRA- DOS EN LA MUESTRA NT 6 (MIEMBRO SUPERIOR DE LA FM. SAN MATEO)	91
5	RANGOS DE EDAD DE LOS FORAMINIFEROS ENCON- TRADOS EN LA MUESTRA NT 8 (MIEMBRO SUPERIOR DE LA FM. SAN MATEO)	92
6	RANGOS DE EDAD DE LOS RADIOLARIOS ENCONTRA- DOS EN LA MUESTRA NT 8 (MIEMBRO SUPERIOR DE LA FM. SAN MATEO).	93
7	RANGOS DE EDAD DE LOS FORAMINIFEROS ENCON-	

<u>Nº</u>		<u>Pág.</u>
	TRADOS EN LA MUESTRA NT 9 (MIEMBRO SUPERIOR DE LA FM. SAN MATEO)	94
8	RANGOS DE EDAD DE LOS RADIOLARIOS ENCONTRADOS EN LA MUESTRA NT 9 (MIEMBRO SUPERIOR DE LA FM. SAN MATEO)	95
9	RANGOS DE EDAD DE LOS FORAMINIFEROS ENCONTRADOS EN LA MUESTRA NT 19 (MIEMBRO SUPERIOR DE LA FM. SAN MATEO)	96
10	RANGOS DE EDAD DE LOS RADIOLARIOS ENCONTRADOS EN LA MUESTRA NT 19 (MIEMBRO SUPERIOR DE LA FM. SAN MATEO)	97
11	RANGOS DE EDAD DE LOS FORAMINIFEROS ENCONTRADOS EN LA MUESTRA NT 20 (MIEMBRO SUPERIOR DE LA FM. SAN MATEO)	98
12	RANGOS DE EDAD DE LOS RADIOLARIOS ENCONTRADOS EN LA MUESTRA NT 20 (MIEMBRO SUPERIOR DE LA FM. SAN MATEO)	99
13	RANGOS DE EDAD DE LOS RADIOLARIOS ENCONTRADOS EN LA MUESTRA NT 35 (MIEMBRO SUPERIOR DE LA FM. SAN MATEO)	100

INTRODUCCION

AREA DE ESTUDIO

LOCALIZACION

Los afloramientos de la fm. San Mateo observables sobre el tramo del camino costero que comunica las poblaciones de Pto. López (foto 1) y Salango (foto 2) en la provincia de Manabí, entre las coordenadas : long. oeste $80^{\circ}48'58''$, lat. sur $1^{\circ}33'36''$; long. oeste $80^{\circ}50'22''$, lat. sur $1^{\circ}35'8''$; constituyen el área estudiada en detalle en el presente trabajo que por necesidad de establecer correlaciones se amplió a zonas aledañas correspondientes al Río Salango (foto 3), al camino Pto. López-Platanales y a la Pta. Cabezona (foto 4). En general, la zona de estudio está ubicada aproximadamente a 120 Km. N50°O de la ciudad de Guayaquil y a 75 Km. S60°O de la ciudad de Portoviejo (Fig. 1).

ACCESIBILIDAD

El área se encuentra integrada al sistema vial del país, por medio de un camino secundario de 3 vías



FOTO 1 Vista panorámica de Pto. López



FOTO 2 Vista panorámica de la Isla Salango en frente de la población de Salango.



FOTO 3 Vista panorámica del Río Salango en época de verano

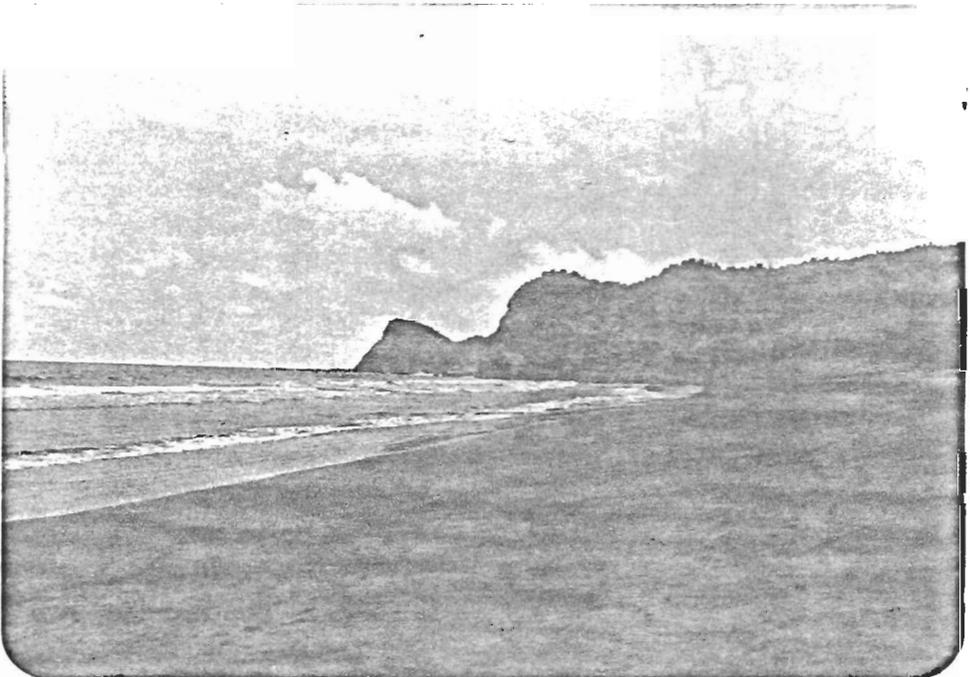
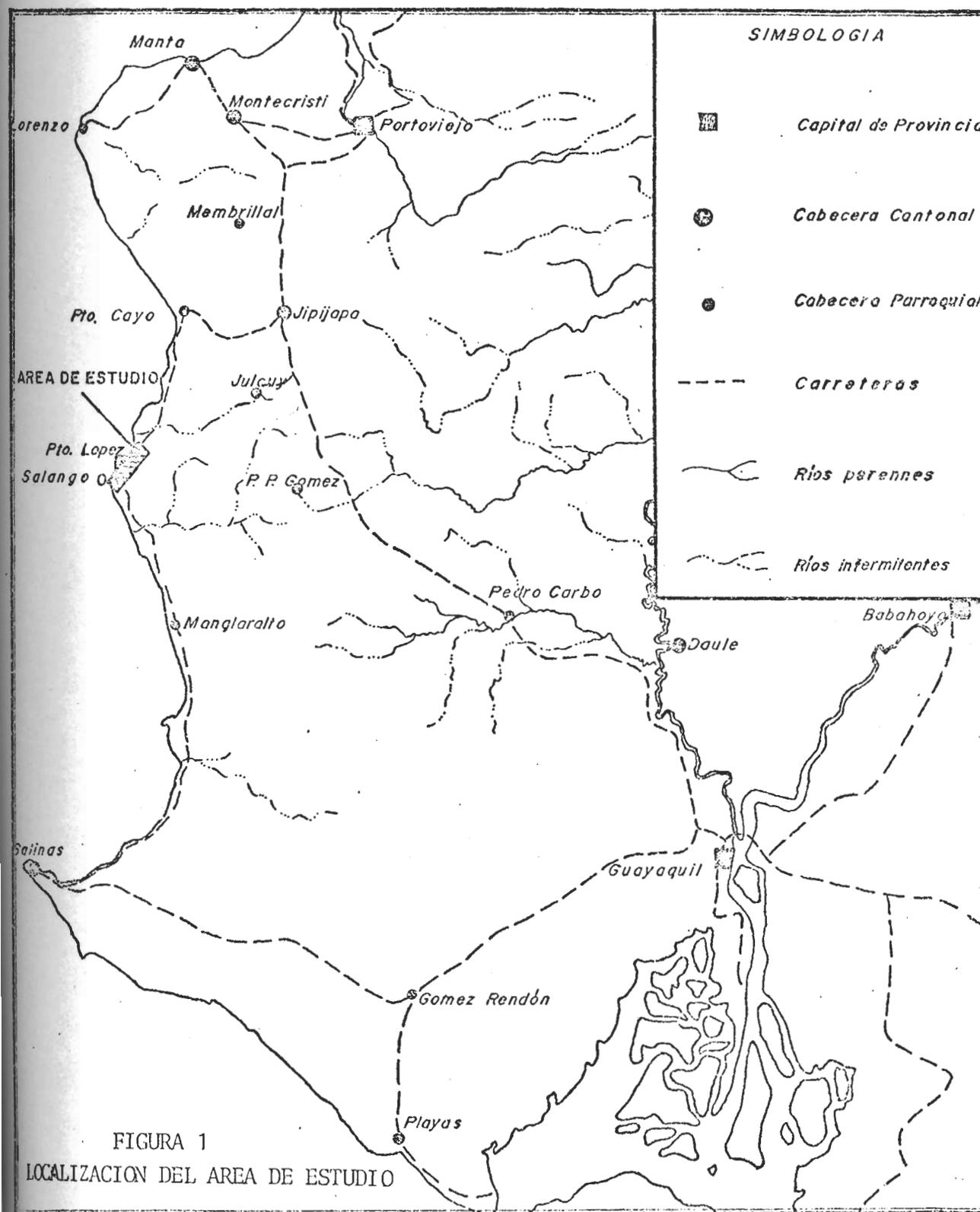


FOTO 4 Vista panorámica de Pta. Cabezona



con revestimiento de material suelto que comenzando en Jipijapa recorre las poblaciones costeras de Pto. Cayo, Machalilla, Pto. López, Salango, Manglaralto y otras, hasta finalizar en Sta. Elena. El camino es fácilmente accesible durante el verano, pero se puede dificultar el acceso en el invierno, particularmente si las lluvias son muy intensas. Además, existen diversos caminos de menor importancia que comunican el área con las poblaciones situadas al oriente (El Pital, Platanales, Agua Blanca, etc.).

FISIOGRAFIA

Orográficamente, la zona se encuentra ubicada en el extremo NO de la cordillera Chongón-Colonche, la cual se extiende a lo largo de aproximadamente 120 Km. en dirección SE-NO. A medida que se avanza hacia el E, se observa una variación de altura de las colinas que va desde los 80 m. hasta más de 300 m.

La zona posee un clima que ha sido clasificado por el IGM como tropical megatérmico semiárido, con las siguientes características : "semidesértico con precipitaciones inferiores a 500 mm., temperaturas medias comprendidas entre 20 y 26°C y una humedad que se mantiene alrededor del 80%. El invierno se carac

teriza por un cielo nublado, neblinas y lluvias de muy débiles intensidades (garúa), sin impacto notable sobre la vegetación. Los relieves ubicados sobre los 300 m. de altura y más frecuentemente sometidos a garúa, tienen un clima un poco más húmedo". Este clima según la clasificación de Köppen (33) corresponde al tipo BW que significa árido.

Los esteros y ríos de tipo estacional, presentan una red hidrográfica que drena hacia el O, teniendo como componentes principales a los ríos Salango y Buena Vista, y el Estero Pital. El patrón de drenaje es de tipo dendrítico.

Condicionada por el clima presente en la zona, la vegetación natural, según Holdridge (15), corresponde a la formación matorral desértico y subdesértico tropical que sobre la zona costera es escasa y de tipo xerofítica o halofita (manzanillo, arrancillo, espiño); mientras que sobre las colinas se encuentran árboles y arbustos como el palo santo, el zapote de perro, el muyuyo y el cactus candelabro.

En general, el suelo está clasificado como vertisol con carbonato de calcio (15), lo que significa un suelo de textura pesada, exageradamente plástico, du

ro y fisurado por la contracción de las arcillas cuando está seco. Debido a que las bases y la sílice están poco lixiviadas, es favorable la presencia de montmorillonita y de elementos nutritivos que constituyen suelos ricos y que ofrecen grandes posibilidades agrícolas; razón por la cual, en las zonas donde hay suficiente abastecimiento de agua, se cultivan café, higuerilla, maíz, etc.

Como principal recurso natural figura la pesca. Esta actividad se mantiene durante todo el año y favorece a los habitantes tanto de Pto. López como de Salango. El desarrollo de la pesca, ha permitido la instalación de una fábrica de harina de pescado en el pueblo de Salango que a pesar de generar trabajo para los habitantes, ha comenzado a alterar las condiciones ecológicas de la zona, debido a la mala eliminación de los desechos.

Por último, según el IGM (15) entre los años 1962 y 1974, los datos de evolución de la población para esta región indican un crecimiento anual del 3 al 4,5%.

ESTUDIOS ANTERIORES

El investigador que dio el nombre a la fm. San Mateo

fue A. A. Olsson tomando como localidad tipo el pueblo de San Mateo (cood.⁵ 213/⁹⁸ 945) ubicado 10 Km. al O de Manta. Parte de la descripción original de la fm. es la siguiente:

Constituída principalmente por areniscas finas a medias, depositadas en aguas poco profundas con sedimentación irregular, entrecruzada y presencia de vetitas de lignito, la superficie presenta ondulitas, marcas de fucoides y rastros de gusanos. Se encuentran interestratificaciones de conglomerados. En San Mateo forman capas relativamente delgadas con carácter guijarroso; hacia el Oeste, se vuelven progresivamente más vastos y potentes, hasta formar 25-35% de la sección total en Pta. Teñidero (un poco al Este del Cabo San Lorenzo) sugiriendo la presencia de una tierra occidental emergida... (4)

G. Sheppard en 1937 (32) describió secciones de esta formación, interpretando los depósitos como continentales o de mar somero y la sección de Pto. López en la Pta. Mirador, parte del presente estudio, la describió como tobas y aglomerados volcánicos.

Williams en 1947, en un informe no publicado de la I.E.P.C., usó el nombre de fm. San Mateo con la misma equivalencia que en la descripción original y le asignó un espesor de 800 m. En perforaciones realizadas en la zona de Manta, se interpreta la formación con un espesor aproximado de 500 m. (pozos Man-

ta 5, 4, 1 y 3) y se la encuentra abajo de la fm. Tosagua.

Una misión de cooperación científica del gobierno de Israel en el año de 1965, realizó un estudio geológico e hidrogeológico de la zona central de Manabí y en el informe publicado (29) se consideró a la fm. San Mateo dividida en tres facies : Conglomerado Bravo, Arenisca San Mateo (s.s.) y Lutita Jurón, que se presentan interestratificadas y se les asignó un origen continental y de mar somero, tal como se expresa en una parte del resumen del informe :

Las Lutitas Jurón representan una facies deltaica o estuarina, interestratificada con los conglomerados fluviales y de abanico del Miembro Bravo. La Arenisca San Mateo (s.s.) está desarrollada principalmente en el noroeste de la península de Manta y podría indicar una depositación de menor energía.

B. Faucher y E. Savoyat en el año de 1973, como colaboradores del I. F. P., presentaron un trabajo de síntesis geológica del Ecuador (9), considerando las siguientes características para la fm. San Mateo:

detrítica muy gruesa, llega como un recubrimiento transgresivo y se mantiene por todo el Eoceno superior. La parte inferior areno-conglomerática, corresponde a una fa

cies marina deltaica o localmente torrencial (Julcuy, Pto. López) que se depositó sobre una región afectada por una tectónica de bloques (fase de postcerro), haciendo el papel de barrera a los aportes gruesos, como lo prueban los estudios sedimentológicos. La disminución, desde el Oeste hacia el Este, de la talla de los bloques transportados, sugiere un área fuente a partir de relieves remontados por fallas que actualmente se encuentran sumergidos.

T. Feininger y R. Bristow en el año de 1980, publicaron un artículo (11), en cuya revisión geológica se dice lo siguiente sobre la fm. San Mateo :

En el Sur, la fm. San Mateo consiste de más de 800 m. de arenisca de grano medio a fino con capas de conglomerados que contienen clastos derivados de las formaciones Pinón y Cayo. La arenisca exhibe ondulitas, estratificación cruzada y localmente contiene lignito; todos los cuales son indicadores de depositación en aguas someras.

En el reciente Tercer Congreso Ecuatoriano de Ingenieros Geólogos, de Minas y Petróleos (1983), se presentaron dos artículos que tratan en parte sobre la fm. San Mateo :

M. Santos (20) hace una descripción bibliográfica de la formación y propone, por medio de estudios sísmicos recientes y de ciertos estudios paleontológicos anteriores, la desaparición de la fm. San Mateo y su correspondencia con el ciclo de la fm. Tosagua.

S. Benitez (2), en cambio utilizando también material bibliográfico, considera los depósitos de la fm. San Mateo, como pertenecientes a un ciclo de deposición profunda.

A continuación se reseñan los estudios paleontológicos realizados en la fm. San Mateo :

Olsson en 1942, publicó los resultados de un estudio de moluscos en concreciones lenticulares calcáreas dentro de los conglomerados indicando una equivalencia con la arenisca Pta. Ancón del Eoceno superior.

Thalman en 1946, observó muestras ricas en radiolarios, reportando especies cercanas a las encontradas en la lutitas Kellog de California.

Stainforth en 1948, interpretó las asociaciones ricas en radiolarios y foraminíferos arenáceos, como producto de un empobrecimiento de la fauna, debido a invasión de aguas frías por una corriente de Humboldt ancestral.

Cushman y Stainforth en 1951, con un estudio micropaleontológico reconocieron tres unidades dentro de la fm. San Mateo : la unidad 12, correspondiente se-

gún los autores a la base de la formación, se la atribuyó por medio del estudio de los foraminíferos, al Eoceno superior; la unidad 6, suprayacente a la unidad anterior y en opinión de los autores, de origen nerítico, se le asignó una edad del Eoceno superior; y la unidad 17, considerada como el tope de la formación con una edad Oligoceno inferior, actualmente se la atribuye a la formación Tosagua.

Hofker en 1956, revisó las muestras de las unidades establecidas por Cushmann y Stainforth, aumentando la lista de especies de foraminíferos, sobretodo los planctónicos.

S. J. Mills en 1967, como colaborador de la A.E.O. , realizó un estudio estratigráfico de las formaciones terciarias en la provincia del Guayas y en la parte sur de la provincia de Manabí; en el reporte de dicho estudio (20), consideró tres asociaciones distintas de microfauna presentes en la fm. San Mateo :

1. Asociación de foraminíferos pequeños.- Se la encontró con mucha frecuencia en los alcantilados cerca de San Mateo y en el pozo Manta 3. En un horizonte rico a 650 m. de profundidad, en el pozo se reportó la presencia de Hantkenina alaba-

gún los autores a la base de la formación, se la atribuyó por medio del estudio de los foraminíferos, al Eoceno superior; la unidad 6, suprayacente a la unidad anterior y en opinión de los autores, de origen nerítico, se le asignó una edad del Eoceno superior; y la unidad 17, considerada como el tope de la formación con una edad Oligoceno inferior, actualmente se la atribuye a la formación Tosagua.

Hofker en 1956, revisó las muestras de las unidades establecidas por Cushmann y Stainforth, aumentando la lista de especies de foraminíferos, sobretodo los planctónicos.

S. J. Mills en 1967, como colaborador de la A.E.O. , realizó un estudio estratigráfico de las formaciones terciarias en la provincia del Guayas y en la parte sur de la provincia de Manabí; en el reporte de dicho estudio (20), consideró tres asociaciones distintas de microfauna presentes en la fm. San Mateo :

1. Asociación de foraminíferos pequeños.- Se la encontró con mucha frecuencia en los alcantilados cerca de San Mateo y en el pozo Manta 3. En un horizonte rico a 650 m. de profundidad, en el pozo se reportó la presencia de Hantkenina alaba-

mensis, *Hastigerinella* eocénica y *Stichocassidulina thalmani* que le asignaban una edad del Eoceno superior a esta parte de la formación; pero adicionalmente a 1.350 m. de profundidad encontró *Hastigerinella colombiana* que si no era transportada, debía indicar una edad del Eoceno medio superior a la parte inferior de la formación.

2. Asociación de Radiolarios.- Se reportó la presencia muy frecuente de muestras con numerosos radiolarios y pocos foraminíferos. Sin haberse determinado los radiolarios, se identificaron *Psammosphaera*, *Bathysiphon*, *Cyclamina*, *Bulimina* y *Hastigerinella* como los géneros más comunes de foraminíferos asociados.

3. Asociación de foraminíferos grandes.- Se encontraron horizontes ricos en foraminíferos grandes, con un desgaste notorio debido al transporte. Aunque difíciles de identificar, se pudieron reconocer *Lepidocyclina peruviana*, *Operculinoides floridensis* y *Amhistegina* sp., además se encontraron asociados otros géneros bentónicos como *Eponides*, *Cibicides*, y ostrácodos y espinas de equinodermos.

Según Mills, las 89 especies de foraminíferos de la unidad 6 de Cushmann, Stainforth y Hofker debe constituir una lista compuesta (muestras tomadas de diferentes horizontes), pues él en sus investigaciones nunca encontró una fauna tan rica; además, la mejor forma de explicar la mezcla de formas profundas y someras, son los sedimentos turbidíticos. Tampoco compartió la idea de Stainforth, acerca del empobrecimiento de foraminíferos y el aumento de radiolarios. A este respecto, Mills creyó que la sedimentación podría haberse realizado en aguas muy profundas o en condiciones turbidíticas en aguas menos profundas; en ambos casos, con posibles aportes de ceniza que favorecieron la proliferación de radiolarios y redujeron la población de foraminíferos, a excepción de las formas aglutinadas.

J. Sigal en el año de 1969, publicó un trabajo estratigráfico sobre las formaciones sedimentarias del Ecuador (31), en la parte correspondiente a la fm. San Mateo la describe como : "un conjunto de depósitos tobáceos generalmente ricos en radiolarios". Un análisis de las muestras tomadas en la parte norte del Cabo San Lorenzo, considerada como la base de la formación, demostró una afinidad con el Eoceno medio, pero con la aparición de *Stichocassidulina thalmani* (fó-

sil del Eoceno superior). Otro corte realizado en la Cantera Las Palmas, mostró una microfauna proveniente del tope de la formación y con una afinidad con el Eoceno superior. Dos cortes más, realizados en Pta. Colorada y Pacoche, mostraron una microfauna pobre en foraminíferos y rica en radiolarios; pero según Sigal con una afinidad franca con el Oligoceno, es decir con la base de la fm. Tosagua. Por último, concluyó que existe una relación entre la parte superior de la fm. San Mateo y el límite entre el Eoceno y el Oligoceno, y que la laguna de sedimentación reconocida en el Oligoceno para las cuencas Manabí y Progreso, podría localmente disminuir o desaparecer, pasando paulatinamente de las capas tobáceas de la fm. San Mateo a los depósitos margosos de la fm. Tosagua.

El I.F.P. en el año de 1971, realizó un trabajo estratigráfico y micropaleontológico. En el informe presentado (10) se llegan a las mismas conclusiones que en el trabajo mencionado anteriormente, colocando la base de la fm. San Mateo en las biozonas de *Globorotalia lehneri* y *Orbulinoides beckmanni* (Eoceno medio superior), y el tope en el Oligoceno superior, por una similitud de la microfauna bentónica con la base de la fm. Tosagua.

OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Dentro del proyecto de Investigación Geológica, llevado a cabo por la ESPOL y el organismo estatal francés ORSTOM (Oficina de Investigación Científica y Técnica de Ultramar), en las provincias de Guayas y Manabí (parte sur), se seleccionaron dos áreas de interés para el estudio en detalle de la fm. San Mateo, con el fin de dilucidar la historia de su depositación. Las investigaciones desarrolladas en dichas áreas, estuvieron a cargo de dos colaboradores del proyecto. Los resultados del primer estudio, ya fueron presentados en el mes de Marzo de 1985, y el presente estudio corresponde a la segunda área de interés.

Enmarcado dentro de las metas del Proyecto ESPOL-ORSTOM, el presente trabajo tiene como objetivo, la determinación de la edad de los sedimentos de la fm. San Mateo y su ambiente de depositación, en el área comprendida entre las poblaciones de Pto. López y Salango; mediante la aplicación de técnicas y principios micropaleontológicos, paleoecológicos y sedimentológicos.

METODOLOGIA

Teniendo como base un mapa topográfico 1:50.000 am-

pliado a escala 1:25.000, primero se efectuó un reconocimiento fotogeológico del área y luego con esta información básica, se realizó la campaña de campo.

Los siguientes pasos comprendieron la campaña de campo :

1. Reconocimiento de las unidades estratigráficas aflorantes.
2. Determinación de los contactos entre las unidades y su naturaleza.
3. Toma de datos estructurales
4. Realización de una columna estratigráfica detallada en el camino que va de Pto. López a Salango.
5. Medición del sentido de las paleocorrientes, por medio de imbricación de clastos (50 medidas por estación) y de estructuras sedimentarias.
6. Muestreo sistemático de los horizontes finos (lutitas y areniscas finas) para análisis micropaleontológicos (se recogieron en total 48 muestras).

El trabajo de laboratorio comprendió el análisis de las muestras micropaleontológicas. Utilizando las técnicas conocidas de disgregación, tamizado y separación (picado), se preparó el material para su identificación. Esta se realizó con el material bibliográfico disponible, especialmente escaso en referencia con los radiolarios. Es importante anotar que una vez realizada la identificación de los principales microfósiles guías, en cuanto a edad y ambiente de deposición, se los fotografiaron en el Microscopio Electrónico de Barrido del Instituto Nacional de Higiene y Medicina Tropical, preparándose previamente las muestras mediante las técnicas exigidas para tal efecto.

Finalmente, se efectuó la fase de interpretación y presentación de resultados, estableciéndose seguidamente las conclusiones y recomendaciones pertinentes.

CAPITULO I

LOS MICROFOSILES COMO INDICADORES PALEOECOLOGICOS

La importancia de los microfósiles en varios campos de la investigación geológica, reside en tres características : talla pequeña, ocurrencia abundante y distribución geográfica amplia. Tales características los vuelven especialmente valiosos en Estratigrafía y Paleoecología. Los estudios paleoecológicos en base a microfósiles, están en pleno desarrollo investigativo a través de todo el mundo y es posible, en la actualidad, dilucidar la historia de circulación y los patrones de sedimentación en el océano, basados en los patrones de distribución de varios grupos de microfósiles. Este capítulo tiene como meta destacar la utilidad de los foraminíferos y radiolarios como indicadores paleoecológicos.

1.1 LOS FORAMINIFEROS

1.1.1 RESUMEN HISTORICO

El grupo de los foraminíferos es el más importante entre los microfósiles tanto por el número de especies, la abundancia en las rocas, la duración en el tiempo y la infinidad de traba-

jos que han generado; como, por el valor que han tenido en la datación de rocas y la reconstitución de medios sedimentarios.

Los primeros foraminíferos reportados en la literatura por Herodoto en el siglo V A.C., fueron los foraminíferos macroscópicos del género Nummulites (en latín: lentejas petrificadas), observados en las calizas que se utilizaron para construir las pirámides egipcias. Pero sólo después de casi 2.000 años fueron reconocidos como restos de organismos (fósiles) por Agrícola en 1.558 D.C.

Los foraminíferos de talla microscópica, se describieron e ilustraron por primera vez, aún antes de la invención del microscopio, utilizando lentes de aumento, en los siglos XVI y XVII.

Con la invención del microscopio, a principios del siglo XVIII, el estudio de los foraminíferos se facilitó; merece ser nombrado el trabajo descriptivo presentado por Beccarius en 1731. Pero, tanto en este siglo como a principios del siguiente, la verdadera naturaleza de los foraminíferos

miníferos no fue descubierta y se los confundió, debido a la similitud de sus caparazones, con moluscos (cefalópodos y gasterópodos), vermes, corales, bryozoos e inclusive algas. El gran naturalista francés Alcides D'Orbigny, fue el que primero utilizó el nombre de foraminíferos para designar a este grupo de organismos, elevándolos a la categoría de Orden dentro los Cefalópodos. Todo el trabajo que D'Orbigny realizó sobre los foraminíferos, se publicó en el año de 1826 en su obra "Tableau Méthodique de la Classe des Céphalopodes", donde reconoció 4 familias, 52 géneros y 544 especies, citando por primera vez la importancia estratigráfica de los foraminíferos. No obstante, el primer investigador que los consideró como protozoarios, descubriendo su verdadera naturaleza fue Félix Dujardin en 1835. En Europa, existieron dos corrientes de investigación, mientras que los científicos del continente se ocupaban de la aplicación estratigráfica y de la descripción de faunas, los ingleses se concentraron en estudios morfológicos y descripción de faunas recientes; estos trabajos fueron motivados sobretodo, por la campaña mundial que emprendió el barco H.M.S. Challenger en los di

versos océanos. Merece nombrarse el trabajo de H. B. Brady que ilustró los foraminíferos recogidos del fondo marino y resumió la literatura hasta entonces publicada, en los reportes del Challenger que aparecieron en el año de 1888.

A finales del siglo XIX, se realizó la mayor parte del trabajo biológico sobre foraminíferos, realizado principalmente por protozoólogos alemanes e ingleses.

Después de la Primera Guerra Mundial, la búsqueda de petróleo inaugura la importancia económica de los foraminíferos y le da un mayor impulso especialmente en los estudios estratigráficos y paleoecológicos..

En los Estados Unidos de Norteamérica, a principios del siglo XX, se destacó el investigador J. A. Cushman, publicando el libro "The Classification and Economic Use of foraminifera" y estableciendo la primera publicación periódica sobre foraminíferos.

En las décadas de los 40 y de los 50, Fred

Phleger y Orville Bandy investigaron sobre faunas indicadoras de ambientes y sus estudios permanecen hasta nuestros días como medios válidos para interpretaciones paleoecológicas. También en la década de los 50, se empezó a establecer la bioestratigrafía en base a los foraminíferos planctónicos que probaron ser mejores fósiles guías que los bentónicos. El primer investigador que presentó un esquema de zonación con planctónicos, fue el ruso Subbotina. En el año de 1957, Hans Bolli asentó las bases para las zonaciones de las latitudes bajas, basándose en cortes hechos en Trinidad. A partir de esta época, se refinaron las zonaciones bioestratigráficas a cargo de múltiples investigadores.

Como se dijo al principio, este grupo de microfósiles es el más estudiado, pero a pesar de ello queda mucho por descubrir en los diferentes campos de su investigación. Los avances recientes, por lo general, se dan a conocer en publicaciones periódicas de carácter internacional relacionadas con Micropaleontología y en especial con foraminíferos.

1.1.2. CARACTERISTICAS GENERALES

El origen etimológico de la palabra FORAMINIFERO proviene de dos voces latinas (Foramen = agujero y Ferre = llevar), debido a que el organismo está provisto de un caparazón o teca , constituido por lo general, por cámaras sucesivas comunicadas entre sí por un orificio que puede dejar pasar el protoplasma.

BIOLOGIA .- El foraminífero viviente está constituido de una masa protoplasmática, provista de una membrana limitante, que se aloja generalmente en la última cámara y se comunica al exterior por una abertura, rodeando el caparazón como una masa de pseudópodos. El protoplasma está dividido en citoplasma (ectoplasma y endoplasma) y uno o varios núcleos; siendo generalmente incoloro, pero con pequeñas cantidades de pigmentos orgánicos, compuestos de hierro, depósitos de material graso, partículas de excremento café y manchas verdes de algas simbióticas. La nutrición se realiza por medio de los pseudópodos que poseen corpúsculos muy pequeños, constituyendo una corriente superficial que a manera de banda transportado

ra lleva y trae sustancias. La sustancia alimenticia es absorbida en la superficie, transformada a compuestos químicos útiles y llevada al endoplasma.

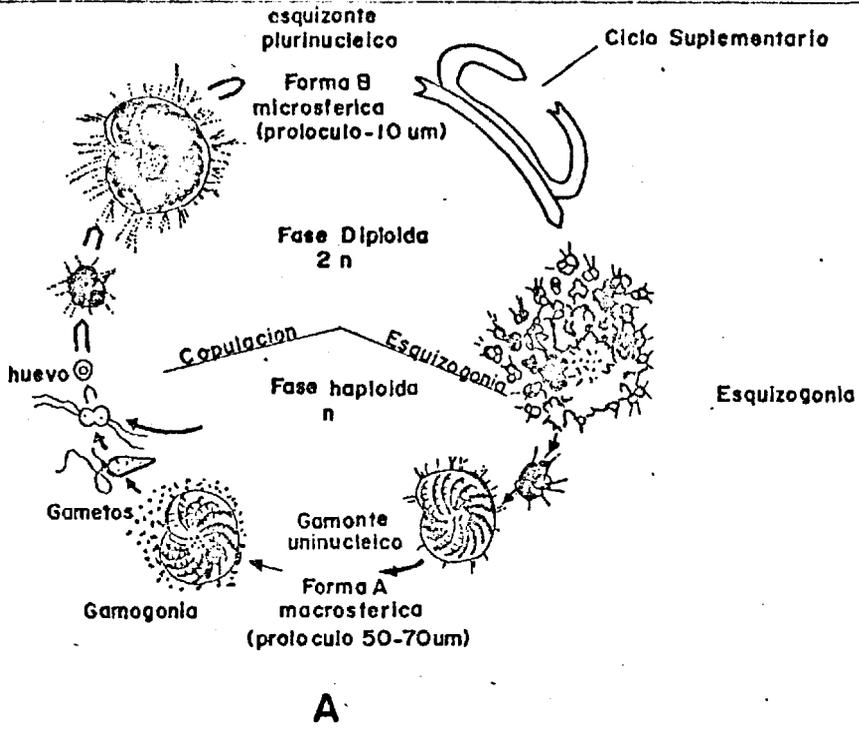
La reproducción es de dos tipos : sexual y asexual, que da como resultado un dimorfismo dentro de una misma especie. Este dimorfismo se ha podido estudiar en varias especies, obteniendo como resultado todo el ciclo reproductivo que genera dos tipos de individuos (Fig.2) con las siguientes características (3):

1) Forma A macrosférica :

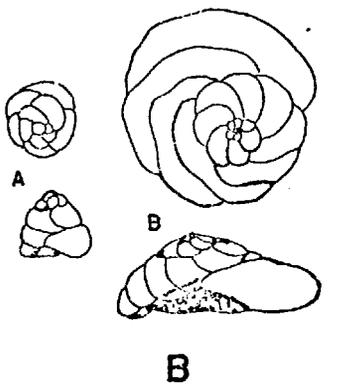
Es un gamonte uninucleico haploide, obtenido por reproducción asexual. La talla de la teca es relativamente reducida. El prolóculo mide de 50 a 70 μm . Evolutivamente se lo considera en un estado progresivo (tachygénesis). Es abundante en los sedimentos.

2) Forma B microsférica :

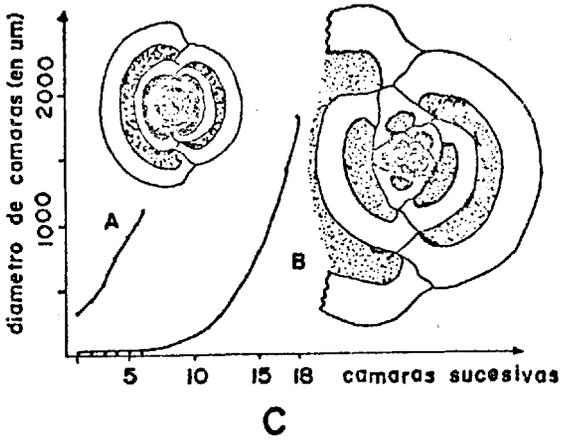
Es un esquizonte plurinucleico diploide, obtenido por reproducción sexual. Su talla



A



B



C

Fig. 2 Dimorfismo debido a la reproducción en los foraminíferos.
 A. Ciclo biológico de la especie *Elphidium crispum*
 B. Dimorfismo en el género *Discorbis*
 C. Dimorfismo en el género *Pyrgo*
 Tomadas de G. Bignot (1982)

es relativamente grande. El prolóculo mide alrededor de 10 μm . Su estado evolutivo es conservador. Es poco abundante en los sedimentos.

Los foraminíferos bentónicos pueden ser sésiles y móviles. En los móviles, la locomoción se realiza con los pseudópodos, alcanzando velocidades de hasta 1 cm/h. En cambio, los foraminíferos planctónicos pueden alcanzar cierto movimiento de ascenso y descenso en la columna de agua sin intervención de los pseudópodos, sino por cambios químicos dentro del protoplasma (13).

EL CAPARAZON .- La talla media del caparazón varía entre 0,1 y 1 mm., pudiendo llegar hasta 0,01 mm. en un extremo y hasta 10 cm. o más en el otro. De acuerdo a la composición y a la microestructura de la pared, los foraminíferos se dividen en : aglutinados, calcáreos (porcelanáceos y hialinos) y microgranulares (3).

Los aglutinados son foraminíferos compuestos de un material o aglutinado, recogido en el medio, soldado por una sustancia aglutinante o

cemento, segregado por el organismo. El aglutinado es de naturaleza variable constituido por : granos de arena, partículas de arcilla , restos esqueléticos de foraminíferos pequeños, espinas de esponjas, cocolitos, diatomeas, etc. El aglutinante está constituido por un cemento quitinoso o por un cemento calcítico que se presenta continuamente teñido por óxidos de hierro. La proporción aglutinado-aglutinante varía según las especies, los individuos y la parte del caparazón.

Los calcáreos se dividen en porcelanáceos y hialinos. Los porcelanáceos segregan enteramente el caparazón; los cristales de calcita son muy pequeños (0,1 a 2 μ m), de forma globulosa o acicular, abundantes y con los ejes ópticos dispuestos sin orden que con luz reflejada los hace aparecer blancos y brillantes (aspecto de porcelana) y con luz transmitida opacos y negros. Los hialinos también segregan el caparazón y el aspecto de la pared es transparente . Por la constitución de la pared se dividen en:

- granulares con paredes constituidas por la yuxtaposición de un número restringido de

microcristales (tallas de 5 a 10 μm) con orientación óptica variable.

- fibroradiales con paredes constituídas por la disposición regular de finos cristales a ciculares con ejes ópticos perpendiculares a la superficie del caparazón.

Los caparazones hialinos están atravezados por poros y al nombrarlos, se dice habitualmente hialinos y perforados. Los microgranulares son foraminíferos paleozoicos, con paredes cons tituídas por microestructuras particulares que no tienen equivalentes en las especies actuales y que son mal conocidos aún.

Los caparazones poseen cámaras de forma variable, desde esféricas hasta comprimidas. Las cá maras se separan por medio de septos que en el exterior del caparazón determinan trazas, deno minadas suturas que adquieren distintas formas (rectilíneas, arqueadas o meandriformes). La cámara inicial se denomina prolóculo, pero a veces las primeras cámaras se agrupan en una estructura llamada nucleoconcha o juvenarium. Las cámaras post-embrionarias son de talla cre

ciente. La última cámara posee una abertura que la comunica con el exterior y que posee la más variada forma y disposición.

La abertura por su forma puede ser :

- simple: redonda, en forma de ranura, radial o dendrítica.
- múltiple : lineal (orificios pequeños dispuestos en fila) o en forma de criba (orificios pequeños sin orden).

La abertura por su posición puede ser: basal, terminal, sutural, periférica y mediana; umbilical o espiral en el caso de un caparazón trocospiral.

Además, la abertura puede encontrarse a veces al final de un cuello o puede estar parcialmente recubierta por estructuras calcáreas: diente, valva, tegilla, labio, etc. Cuando, junto con la abertura de la última cámara (abertura principal) subsisten las aberturas de las cámaras precedentes, a éstas se las denominan aberturas secundarias o relicticas.

El arreglo de las cámaras, o sea la disposición de las cámaras en el caparazón, puede ser :

1) Unilocular :

una sola cámara de forma esférica o tubular.

2) Multilocular :

varias cámaras dispuestas en forma rectilínea o enrollada.

La disposición rectilínea sigue un eje recto o curvo y puede ser : uniserial, biserial, triserial, o multiserial.

La disposición enrollada sigue el eje de una espira y puede ser :

- planispiral, es decir una espira plana que da como resultado dos caras iguales y evolutas (se ven todas las vueltas de la espira).

- trocospiral, es decir que la espira se enrolla siguiendo la dirección superior del eje, dando como resultado una cara

involuta (solo se ve la última vuelta de la espira), también denominada umbilical y una cara evoluta, también denominada espiral.

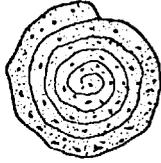
Además existen otros tipos especiales de arreglos de cámaras denominados: flabeliforme, anular o concéntrico, apelotonado y orbitoidal. La dirección de enrollamiento, a veces se presenta diferente para los individuos de una misma especie, pudiendo ser dextral o senestral, dependiendo esto de las condiciones climáticas. En la Fig. 3, se pueden observar algunos tipos de arreglos de cámaras.

La ornamentación consiste en estructuras calcáreas externas que pueden afectar :

- la superficie del caparazón en forma de estrías, costillas, tubérculos, espinas, etc.
- las suturas en forma de limbos
- la periferia del caparazón en forma de espinas y carenas.
- el ombligo en forma de uno o varios botones.



Unilocular



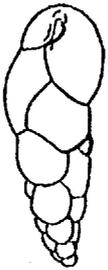
Unilocular Tubular



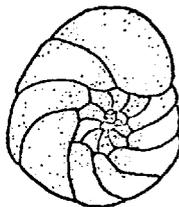
Uniserial con comienzo planispiral



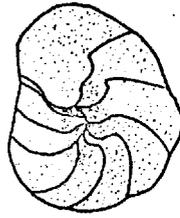
Biserial



Triserial

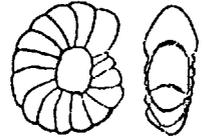


Cara Evoluta



Cara Involuta

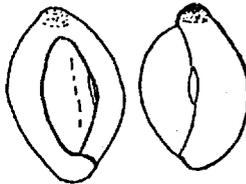
Trochospiral



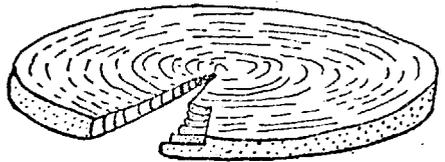
Planispiral



Flabelliforme



Aperturado



Anular

Fig. 3 Diferentes arreglos de cámaras de caparazones de foraminíferos

CLASIFICACION SISTEMATICA .- La clasificación es difícil y se basa enteramente en las características del caparazón. A través del tiempo han surgido muchas clasificaciones (~35), pero la primera que utiliza el Código Zoológico Internacional es la de A. R. Loeblich y H. Tappan (1964). Esta clasificación recibió una revisión en el año de 1974, por parte de los mismos autores, y aún modificada es todavía bastante artificial.

La clasificación a la que se hace referencia considera a los foraminíferos dentro de la siguiente posición sistemática:

Phylum PROTOZOA

Subphylum SARCODINA

Clase RETICULAREA

Subclase GRANULORETICULOSIA

Orden FORAMINIFERA

Para las subsecuentes categorías sistemáticas, se tomaron como criterios de clasificación: la microestructura del caparazón como carácter del suborden, el arreglo de las cámaras como carácter de la superfamilia, la abertura como

carácter de la familia y el género, la forma de las cámaras como carácter del género y la especie, la ornamentación como carácter de la especie, y la Ecología como carácter de la especie. Haciendo estas consideraciones se tienen 9 subórdenes (Allogromina, Textulariina , Fusulinina, Miliolina, Lagenina, Involutinina , Spirillinina, Rotaliina y Carterinina); 19 superfamilias y 116 familias (Fig. 4); y aproximadamente 1400 géneros y 30.000 especies de las cuales existen 4.500 recientes.

La clasificación de Loeblich y Tappan, a pesar de las dificultades que todavía tiene es la más aceptada en la actualidad y es continuamente sometida a revisión por sus propios autores.

1.1.3. INTERES EN PALEOECOLOGIA

Las interpretaciones paleoecológicas se basan en la aplicación de la ley del Uniformitarismo. El estudio de los patrones de sedimentación actuales, el ciclo químico, la circulación y la dinámica de las masas de agua oceánica, relacionado con el estudio de los organismos que forman parte del sistema; conduce a la aplica-

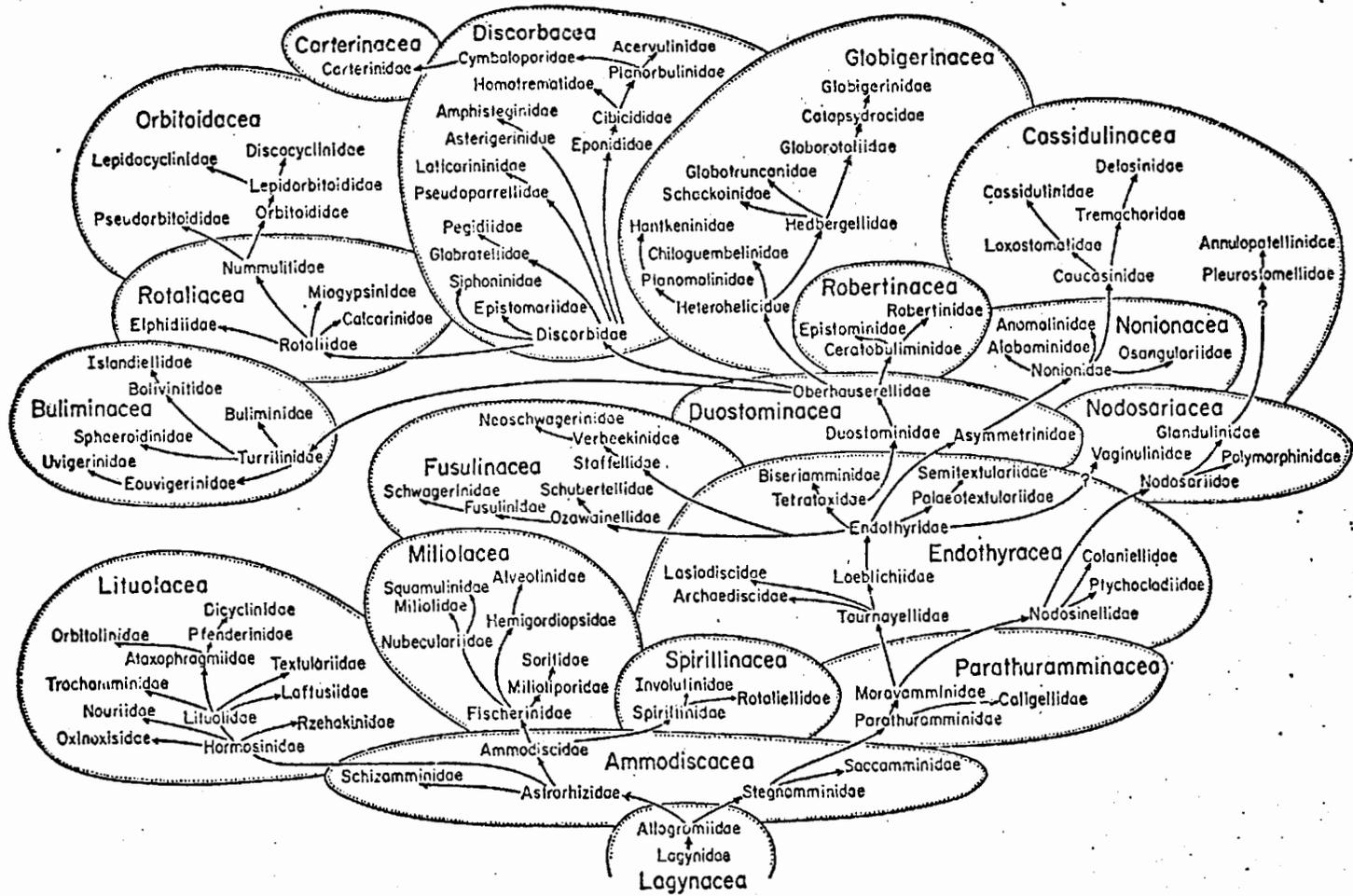


Fig. 4 Clasificación de las diferentes superfamilias y familias de foraminíferos, mostrando su tendencia evolutiva. Tomado de Loeblich y Tappan (1974).

ción de tales conocimientos en rocas antiguas, tomando como verdadero que fenómenos parecidos a los que afectan el medio ambiente en la actualidad, gobernaron en el pasado geológico de la tierra.

Existen dos grandes grupos de foraminíferos de acuerdo a su "habitat" : bentónicos (viven en o cerca del fondo oceánico) y planctónicos (viven flotando en las capas superficiales de los océanos). La repartición de los foraminíferos bentónicos está controlada por tres tipos de factores (13):

- físicos: profundidad, temperatura, cantidad de luz, turbulencia y turbidez de las aguas.
- químicos: salinidad del agua y elementos presentes.
- biológicos: abastecimiento de alimento, y presencia de organismos simbióticos, parásitos y predadores.

La repartición de los foraminíferos planctónicos está también controlada por los mismos fac

tores químicos y biológicos, pero los factores físicos importantes son : temperatura, corrientes, turbulencia y turbidez.

A continuación, se va a analizar la forma en que estos tres grupos de factores han influenciado en la ocurrencia de los foraminíferos fósiles.

PALEOPROFUNDIDAD .- Los foraminíferos bentónicos se utilizan para determinaciones de paleo-profundidad, pero no basta con saber las profundidades características a las que se desarrollaron ciertas asociaciones, sino que hay que considerar además las migraciones pendiente arriba o abajo durante las épocas de cambio ambiental, la remoción de faunas debida a desplazamientos por gravedad (turbiditas) y la adaptación a condiciones ambientales diferentes de ciertos foraminíferos bentónicos, en diferentes períodos geológicos (Ej: entre Terciario y Cuaternario). Son muchos los investigadores que han estudiado los efectos de la profundidad en el desarrollo de asociaciones bentónicas; entre ellos se tienen a Krasheninnikov (1960), Phleger (1960), y Beggren y Haq (1976).

En facies someras de aguas agitadas y sedimentación lenta abundan los Miliolidae y Peneroplidae (formas porcelanáceas). En depósitos clásticos someros son dominantes los Textulariidae, Discorbidae, Rotaliidae, Elphidiidae y Nonionidae. También en depósitos someros, asociados a algas son abundantes el género Cibicides y las familias Polymorphinidae, Cassidulinidae, Discorbidae y Textulariidae. A mayor profundidad, donde las algas son menos abundantes se incrementan los Cassidulinidae y aparecen los Buliminidae y Chilostomellidae. En facies más profundas, donde desaparecen las algas, se encuentran algunos géneros de Buliminidae y Chilostomellidae acompañados por los Nodosariidae y familias de planctónicos. Los foraminíferos planctónicos, en realidad, se pueden encontrar en gran variedad de litofacies y su ocurrencia se limita principalmente por la paleotemperatura y las paleocorrientes (21).

Existen esquemas precisos, donde se representan la distribución de géneros de fósiles de foraminíferos en función de la profundidad del fondo marino (Fig. 5). Las asociaciones fósiles que contienen mezclados foraminíferos de

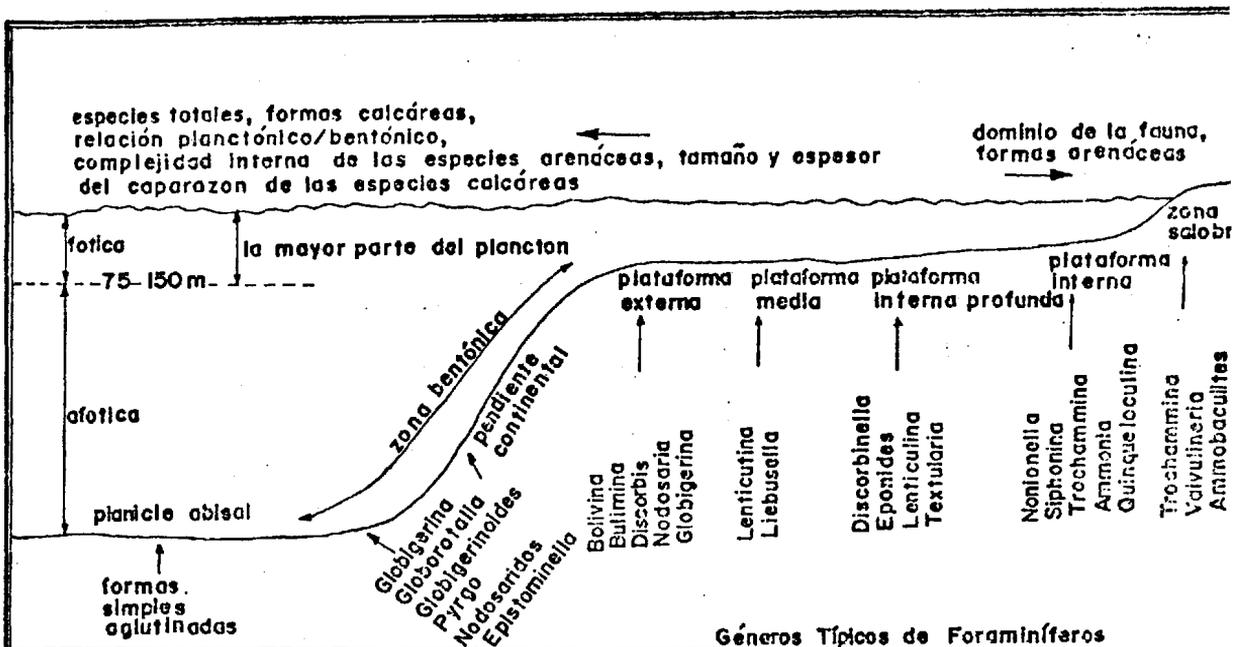


Fig. 5 Tendencia en batimetría y en contenido fósil de foraminíferos en los sedimentos desde la plataforma continental hasta la planicie abisal. Tomado de Haq y Boersma (1978).

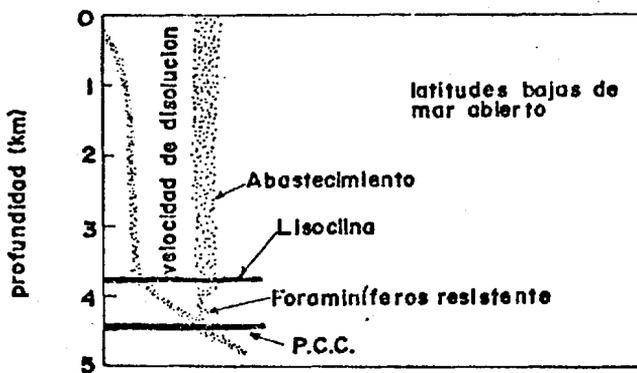


Fig. 6 Modelo para la disolución del carbonato de calcio con la profundidad. Tomado de Haq y Boersma (1978).

aguas someras y profundas contemporáneos, se explican por depositaciones turbidíticas. Cuando existen faunas contaminantes de edades anteriores se explican por tectonismo y erosión de masas de tierra adyacentes y depositación turbidítica.

Hay asociaciones características de foraminíferos que ocurren en cada uno de los ambientes menores, pudiéndose reconocer depósitos de lagoon, de pantanos deltaicos, de barreras de arena, de arrecifes y aún determinar líneas de costa antiguas.

PALEOTEMPERATURA .- En los océanos se reconocen tres capas batimétricas de agua : una capa estacional de gran variación de temperatura, una termoclina con cambio gradual de temperatura y una capa profunda de agua. Las asociaciones de foraminíferos bentónicos de aguas someras y los planctónicos que viven en la capa estacional, son los más afectados por variaciones de temperatura en el océano. Es posible determinar paleotemperaturas usando el método del isótopo de oxígeno. El principio se basa en la determinación de los isótopos O^{16} y O^{18}

de los caparazones calcíticos de los foraminíferos, asumiendo que incorporaron los isótopos a sus caparazones en la misma proporción en que se encontraban en el agua de mar. El método utilizado en la determinación, consiste en convertir el CO_3Ca a CO_2 y medir la relación del isótopo pesado al ligero; por último, se correlaciona la relación isotópica a la paleotemperatura por medio de ecuaciones empíricas desarrolladas por el geoquímico Harold Urey. Utilizando los resultados de este método se ha sabido que durante los últimos 65 m.a., hubo un decrecimiento mundial en la temperatura de los mares. Análisis detallados de paleotemperaturas en sitios específicos, dejan notar la compleja estructura termal de los océanos y la necesidad del aumento de este tipo de estudios, para saber la verdadera evolución de los océanos a través del tiempo. Para investigaciones de este tipo, se utilizan asociaciones de foraminíferos planctónicos que son los que caracterizan, de mejor manera, las masas de agua oceánica y si por alguna razón las condiciones de temperatura cambian, se presentará una nueva asociación. Entre los científicos que más han trabajado en el campo de la paleotemperatura

con excelentes resultados se tienen a Emiliani y Edwards (1953), Imbrie y Kipp (1971), y Savin (1975), entre otros (13).

PALEOQUIMICA DEL AGUA DE MAR .- La "salinidad" demasiado baja o alta, influye tendiendo a alterar el ciclo reproductivo de las especies de foraminíferos, dando como resultado el aumento o disminución del número de especímenes y el consiguiente reflejo de tales condiciones en las tanatocenosis. Los ambientes hiperhalinos se los puede reconocer en parte por la microfauna asociada, entre la cual se cuenta un grupo de foraminíferos porcelanáceos. Otro efecto limitante de la salinidad se nota en el crecimiento anómalo de ciertas especies, cuyo resultado es posible detectarlo en las asociaciones fósiles (21).

La "disolución de carbonatos" altera la información que contienen las asociaciones de caparazones de foraminíferos muertos. Muchas son las investigaciones que se han conducido a este respecto con magníficos resultados. En el año de 1971, Wolfgang Berger realizó una serie de experimentos que lo llevó a concluir que en

cada océano existe un nivel, la lisoclina de los foraminíferos, bajo el cual empieza a ocurrir una disolución significativa del carbonato de los foraminíferos, y que este nivel es más superficial que la PCC (Profundidad de compesación de los carbonatos) variando de un océano a otro (Fig. 6). Con la información de disolución de caparazones y el depósito resultante, Berger y Winterer (1974) y otros investigadores, diagramaron la profundidad de la PPC actual para todos los océanos y trataron de localizar la PCC para el Cretácico y el Terciario, concluyendo finalmente que la PCC ha descendido de una profundidad de 3.200 m. en el Cretácico a un promedio de 4.500 m. en el presente (13).

Además, también se ha observado que cerca de la PCC actual, ocurre una disolución selectiva con una fragmentación asociada, de los caparazones de foraminíferos planctónicos (especialmente caparazones de paredes finas y porosas), mientras los foraminíferos bentónicos permanecen inalterados. Este hecho se refleja en asociaciones fósiles, como lo demostró Cita (1970) con una asociación del Eoceno medio del Atlán-

tico, en donde no aparecían las formas finas y espinosas (Morozavella y Hantkenina), primeras en disolverse; mientras si se presentaban formas macizas (Globigerinita, Orbulinoides y Globigerinatheca), resistentes a la disolución.

La "abundancia de sílice disuelta" en el agua de mar, está asociada con zonas de actividad volcánica que influiría directamente en la mayor concentración de los radiolarios sobre los foraminíferos; la turbidez debido a la caída de cenizas restringiría las asociaciones bentónicas, mientras la limitación de las asociaciones planctónicas se debería a control químico. Esta relación de concentración relativa de radiolarios sobre foraminíferos se debe traducir directamente en las asociaciones fósiles. Más aún, la abundancia de sílice, podría provocar un proceso de silicificación en los caparzones originalmente calcáreos de los foraminíferos.

El "oxígeno" actúa como un factor limitante en cuencas cerradas, donde existe circulación restringida de las aguas superficiales y profundas. En este caso, el número de especies y de

individuos de foraminíferos se reducen, y los especímenes son pequeños. Todos estos efectos se traducen en las asociaciones fósiles y permiten la interpretación paleoambiental.

Los efectos causados por "elementos trazas" han sido poco estudiados. Hasta el momento solo se sospecha de las sales de Plomo, cuya presencia afecta la productividad de las diatomeas, con la consiguiente reducción de las asociaciones de foraminíferos por falta de alimentos (21).

PALEOCORRIENTES .- Las corrientes pueden transportar, retrabajar y clasificar los caparazones vacíos de foraminíferos, llevándolos a lugares diferentes de su hábitat natural. Los foraminíferos planctónicos son los más afectados por las corrientes, debido a su naturaleza. De esta manera, se pueden encontrar caparazones de foraminíferos planctónicos hasta en ambientes circalitorales. Los foraminíferos bentónicos son afectados eventualmente por corrientes de fondo.

PALEOCLIMAS .- Las asociaciones de foraminíferos se encuentran distribuidas siguiendo de

cierta manera las latitudes actuales. Tal distribución también ocurrió en el pasado y la investigación a este respecto, ha esclarecido la situación climática en épocas anteriores, comparada con nuestros días. Así, se ha establecido que en el Cretácico y Jurásico existieron condiciones climáticas parecidas y de carácter polar; extinguiéndose casi todos los foraminíferos planctónicos en el límite Cretácico-Terciario. En el Paleoceno y Eoceno inferior, hubo una nueva diverficación de los foraminíferos planctónicos, acompañada de una zonación climática incrementante y de una gradación termal en las aguas oceánicas, desde los polos hasta el Ecuador. En la actualidad, la zonación climática es extrema, reflejándose en la diferenciación latitudinal, principalmente de las asociaciones planctónicas (13).

Por último, se va a exponer un aspecto importante de la paleoecología que tiene que ver con la relación de la forma del caparazón de los foraminíferos con el hábitat. Se ha establecido que los caparazones muy espinosos, son característicos de climas tropicales o subtropicales o de mares afectados por tormentas esporá-

dicas. Los caparazones discoidales o trocospirales muy aplanados que pueden tener espinas en un solo plano, son característicos de fondos lodosos firmes; mientras que las espinas tienden a alargarse, en fondos lodosos suaves. Los caparazones lenticulares ocurren en fondos de lodo pesado y en zonas de acumulaciones de algas. Los caparazones aglutinados simples ocurren en bahías y lagoons; mientras que los aglutinados de interiores laberínticos ocurren en la plataforma media y externa, y en zonas batiales. Los caparazones porcelanáceos son abundantes en las bahías y en la plataforma interna; mientras que las formas porcelanáceas biloculares grandes pertenecen a las zonas batiales. Los caparazones con ornamentación muy gruesa y tamaños grandes, son típicos de aguas profundas (21).

Los caparazones de cámaras globulares muy porosos y espinosos o aplanados con carenas amplias son característicos de especies planctónicas. Analizando estas relaciones se puede concluir, no sólo la importancia paleoecológica de los foraminíferos; sino también su importancia para explicar ciertos aspectos de la evolución ,

como la adaptación al medio ambiente.

1.2. LOS RADIOLARIOS

1.2.1. RESUMEN HISTORICO

Los radiolarios constituyen un grupo de protozoos que por su gran rango de existencia a través del tiempo geológico y su dispersión a nivel mundial, se consideran como uno de los grupos de microfósiles marinos más importantes . Pero en comparación con los foraminíferos, han sido poco estudiados y aún falta mucho que investigar sobre ellos.

El primer investigador que publica una descripción de radiolarios es Meyen, en el año de 1834. Posteriormente, C.G. Ehrenberg realizó una exhaustiva investigación sobre los radiolarios , publicando una serie de artículos entre los años 1838 y 1875, e incluyó varios de ellos en su obra Mikrogeologie (1854). Su estudio sobre la fauna del Eoceno de Barbados, es clásico en la literatura de radiolarios. En la misma época de Ehrenberg, es decir a mediados del siglo XIX, existieron tres investigadores que se des

tacaron en el estudio de radiolarios. Los dos primeros, Johannes Müller y Richard Hertwig , fueron responsables por estudios biológicos de los radiolarios; el primero de ellos, dio el nombre de Radiolaria al grupo; y el segundo , estableció la naturaleza protista de los radiolarios y en una síntesis denominada "Der Organismus der Radiolarien" (1879), los clasificó tomando como base la morfología de la membrana central. El tercero y más famoso es Ernst Haeckel que trabajó primero con especímenes vivos, publicando los resultados de estos estudios en 1862; y luego, basándose en el material recogido en la expedición del H. M. S. Challenger publicó un trabajo de clasificación de los radiolarios, basado en la morfología del esqueleto, en el año de 1887. Esta clasificación con pequeñas modificaciones, se ha utilizado hasta ahora. Las expediciones oceanográficas de finales del siglo XIX y principios del siglo XX , incentivaron en cierta manera el estudio de los radiolarios. Pero, en general, durante la mayor parte del siglo XX, no recibieron mucha atención. En los últimos años, el interés por el estudio de los radiolarios ha crecido y se han hecho valiosas contribuciones. En el cam-

po biológico Hollande y Enjument (1960) seguidos por Cachon y Cachon (1971, 1972), han estudiado el citoplasma de los radiolarios, el funcionamiento de los pseudópodos y la forma de secreción del caparazón.

En cuanto a sistemática, M. G. Petrushevskaya a la cabeza de un grupo de científicos rusos, ha realizado comparaciones detalladas de homologías esqueléticas, en varios grupos de radiolarios que han servido para clarificar las relaciones entre ellos y quizás en un futuro servirán para encontrar otro sistema de clasificación. Los trabajos de Petrushevskaya se han publicado en varios artículos, entre 1962 y 1972. Por otra parte, W. R. Riedel a partir de la década de los 50, comenzó a estudiar secuencias de radiolarios de mar profundo y de afloramientos en zonas tropicales, concluyendo que la evolución de los radiolarios durante el Terciario se puede comparar a la de otros grupos de organismos. El trabajo de Riedel ha conducido a una revisión completa del sistema Haeckeliano y muy pronto se publicarán los resultados de esta revisión.

1.2.2. CARACTERISTICAS GENERALES

Los radiolarios son exclusivamente marinos, presentándose la mayoría de ellos como microorganismos solitarios, a excepción de un grupo que tiene un hábito colonial. El nombre Radiolaria hace referencia a la simetría radial del caparazón.

BIOLOGIA .- Los radiolarios se caracterizan por poseer una membrana capsular rígida pero elástica, de naturaleza química desconocida, aunque se dice que puede ser quitinosa o pseudoquitinosa. La membrana capsular separa una zona central (cápsula central) que contiene el endoplasma, de una zona externa donde se encuentra el ectoplasma. El endoplasma contiene vacuolas, gotas de lípidos, esferitas de albúmina, cristales que parecen ser proteínas, y el núcleo o varios núcleos. El ectoplasma es menos denso y se pueden distinguir tres capas: la matriz que se halla en contacto con la membrana capsular y tiene una función asimiladora; el calima con una posición intermedia y contiene los llamados alveolos (estructuras elipsoidales de naturaleza mucosa), vacuolas alimenticias, res-

tos no digeridos y zooxantelas; y el sarcodictio representado por una red ectoplasmática periférica (Fig. 7). Los pseudópodos son de dos tipos (3):

- filópodos, son simples expansiones ectoplasmáticas, finas y ramificadas.
- axópodos, provistos de un eje rígido, convergentes a una estructura intranuclear llamada axoplasto, se presentan sin ramificaciones.

La nutrición de los radiolarios consiste de varias clases de organismos planctónicos como diatomeas, copépodos y microflagelados. También las zooxantelas contribuyen a la nutrición de estos organismos.

La reproducción que se ha podido observar en varias especies de radiolarios, es de tipo asexual por el método de partición binaria. Pero no se descarta la posibilidad de reproducción sexual, ya que se tienen evidencias de dimorfismo, explicado quizás por generaciones alternantes en un ciclo reproductivo, tal como se lo ve en los foraminíferos. La duración de vi

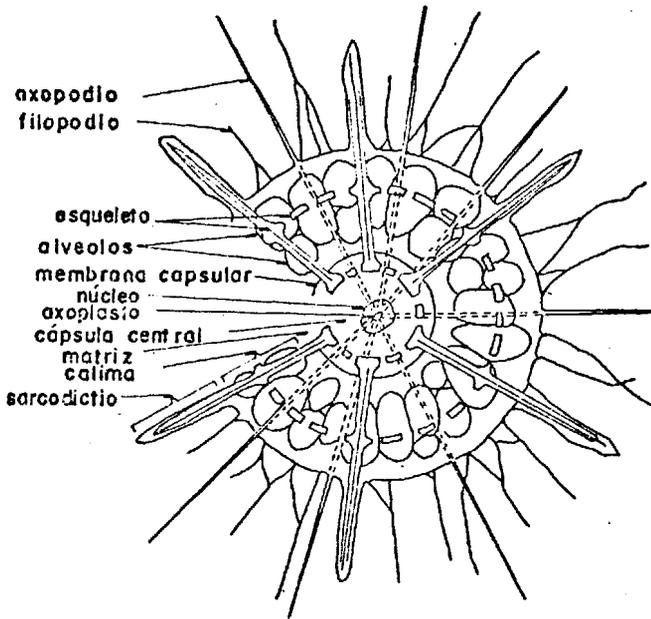


Fig. 7 Diagrama idealizado de las características importantes de las partes blandas de un radiolario. Tomado de Haq y Boersma (1978).

da de un radiolario sería del orden de un mes.

EL CAPARAZON .- El esqueleto de los radiolarios se encuentra encerrado en las partes blandas (intracitoplasmático) con la parte principal en el ectoplasma y ciertas partes internas a veces en el endoplasma. La composición del caparazón del mayor grupo de radiolarios fósiles (los policistinos), es de ópalo ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) casi puro; formado por una red de elementos de dos tipos principales (3):

- barras, elementos alargados conectados en ambos extremos a otros elementos.
- espinas, elementos alargados fijos en un solo extremo.

También existen grupos de policistinos que forman el caparazón solo por una asociación de espinas, conocida con el nombre de espícula.

Mientras, otras especies de radiolarios carecen de caparazón. La talla media del caparazón está entre 100 y 400 μm , pudiendo alcanzar excepcionalmente 2 mm. La estructura de la pared del caparazón puede ser de tres tipos principales (13):

- pared reticulada, constituída por una red de barras que forman poros espaciados estrechamente. La forma original de los poros es hexagonal, pero la depositación de sílice los puede hacer aparecer redondeados.
- pared esponjosa, constituída por una disposición intrincada de barras que forman una red gruesa e irregular. No existe un patrón de poros definido.
- pared de placa perforada, constituída por una lámina fina, sólida y uniforme, atravesada por poros espaciados.

En general, la forma del caparazón presenta dos tipos diferentes que se toman como base para dividir los dos principales grupos de policistinos (3):

- los espumelarios que poseen una simetría homaxónica, es decir forma de esferas o modificaciones de esferas (elipsoides, discos, lentejas), con un esqueleto compuesto por uno o varios caparazones concéntricos y conectados entre ellos por barras radiales. El caparazón principal de posición externa

se denomina caparazón cortical y los internos se denominan caparazones medulares. Por lo general, poseen espinas radiales en la superficie.

- los naselarios que se caracterizan por una simetría monaxónica (axial) con un esqueleto que resulta de la modificación de una espícula fundamental en forma de barra, terminada en sus extremos en conjuntos de espinas. Esta espícula, a veces reconocible está encerrada en un pequeño caparazón llamado céfalo de talla y forma variables (esférico o lobulado, ornamentado o no por espinas o un tubo). El céfalo puede por sí solo constituir el caparazón o puede prolongarse en particiones uniseriales (denominadas tórax, abdomen, postabdomen) separadas o no por diafragmas.

Estos dos grupos convienen para clasificar los radiolarios del Mesozoico y del Cenozoico. Pero para los del Paleozoico falla el sistema. La Fig. 8, presenta algunos caparazones de espumelarios y naselarios.

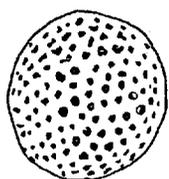
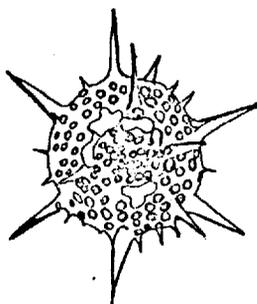
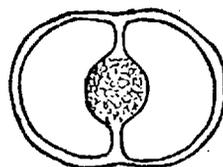
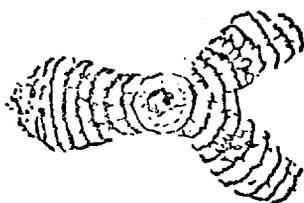
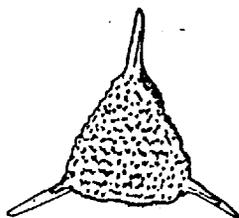
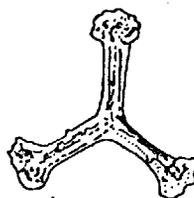
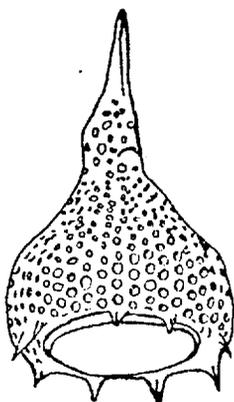
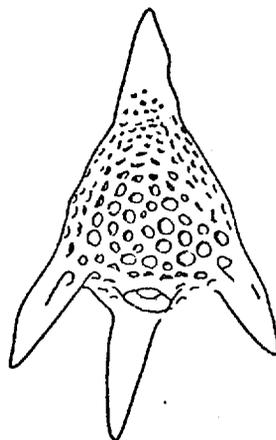
1.g. *Cenosphaera*2.g. *Actinomma*3.g. *Saturnalis*4.g. *Amphirhopalum*5.g. *Allevium*6.g. *Paronaella*7.g. *Anthocytidium*8.g. *Phormostichoastus*9.g. *Lychnocanoma*

Fig. 8 Algunos caparazones de radiolarios de los grupos de espumelarios y naselarios.

CLASIFICACION .- A pesar de los numerosos géneros (1.200) y especies (alrededor de 7.000) descritos hasta la actualidad, los radiolarios fósiles aún son mal conocidos y su clasificación se vuelve muy difícil. La primera clasificación fue la realizada por Haeckel (1887) que como ya se dijo en otra sección de este capítulo, se ha utilizado con ciertas modificaciones hasta muy recientemente. Una de las clasificaciones modificadas que merece nombrarse es la realizada por Campbell (1954) que toma como base de la clasificación, la porosidad de la membrana capsular y las características del esqueleto. A continuación se presentan las categorías mayores de esta clasificación :

Phylum PROTOZOA

Subphylum SARCODINA

Clase ACTINOPODA

Subclase RADIOLARIA

Orden Porulosida

Suborden Acantharina

Suborden Spumellina

Orden Osculosida

Suborden Nassellina

Suborden Phaeodarina

En los últimos años, se ha propuesto una revisión total del sistema de clasificación Haeckeliano, por parte de varios investigadores encabezados por Riedel, Petrushevskaya y Koslova. Precisamente, basándose en las sugerencias propuestas por Riedel (1972), el científico S. A. Kling esquematizó la siguiente clasificación:

Phylum PROTOZOA

Clase ACTINOPODA

Subclase RADIOLARIA

Superorden Triyplea

Superorden Polycystina

Orden Spumellaria

Orden Nassellaria

Radiolaria incertae sedis

Dentro de este sistema, para distinguir las familias en los espumelarios se toma en cuenta la forma del caparazón y la estructura de la pared, y en los Naselarios se toma como base las homologías que presenta el caparazón básico. Para las categorías subsiguientes (género y especie) las características de clasificación suelen ser entre otras: presencia o ausencia de espinas, número de espinas, talla de poros,

forma de poros, arreglo de poros, etc.

En un futuro cercano, merced a los resultados de los estudios que se llevan a cabo con radiolarios vivos y fósiles, se espera tener un avance importante en la sistemática de este grupo.

1.2.3. INTERES EN PALEOECOLOGIA

Las asociaciones de radiolarios presentan un interés paleoecológico amplio y a continuación se van a analizar los principales aspectos de este interés.

PALEOPROFUNDIDAD .- En la actualidad cerca del 60% o más de los sedimentos que contienen radiolarios ocurren entre los 3.300 m. y 4.000 m. de profundidad. Pero, esto no quiere decir que cuando se encuentran grandes acumulaciones de radiolarios fósiles, se deben interpretar en su mayoría como asociaciones depositadas en aguas profundas, tal como se lo hacía en épocas pasadas. (22).

La acumulación de sedimentos ricos en radiola-

rios depende de procesos interrelacionados complejos que tienen que ver con la productividad en el agua (Ej: cantidad de sílice disuelta, alimentación disponible, etc.), la transferencia al fondo oceánico, las corrientes marinas, la preservación en los sedimentos y la disolución de los caparazones. De esta manera, se pueden tener acumulaciones de radiolarios inclusive en ambientes circalitorales. Hacer la diferencia entre asociaciones de radiolarios de aguas profundas y someras, es difícil; debido a que existen géneros con especies profundas y someras, y aún más, la distribución de la mayoría de las especies varía en un amplio rango de profundidad. Para pronunciar juicios sobre la profundidad de los ambientes de deposición de asociaciones de radiolarios, se debe hacer un estudio del origen de los sedimentos acompañantes, de las estructuras sedimentarias formadas y de las faunas y floras asociadas.

PALEOQUIMICA DEL AGUA.- El enriquecimiento de sílice en el agua de mar, tiene una relación directa con el incremento en la producción de organismos silíceos. Este enriquecimiento se

produce debido a actividad volcánica y tiene una extensión espacial y temporal limitada. Ciertas apariciones explosivas de radiolarios en el registro fósil, se las pueden interpretar como relacionadas con áreas de volcanismo activo . Además, el exceso de sílice en los sedimentos también contribuye a la preservación de los esqueletos silíceos (22).

El papel de la PCC también se debe considerar, cuando se analiza el origen de sedimentos ricos en radiolarios. A medida que las tanatocenosis se acercan a la PCC los caparazones calcáreos aumentan la solubilidad y los silíceos la disminuyen, hasta que finalmente predominan bajo la PCC. Por lo tanto, microfaunas fósiles con predominio de radiolarios sobre foraminíferos, pueden interpretarse frecuentemente como asociaciones profundas.

PALEOCLIMATOLOGIA .- Cuando se carecen de fósiles calcáreos para interpretaciones paleoclimáticas se recurre a los radiolarios, debido a su amplia distribución y gran diversidad. Los estudios paleoclimáticos tomando como base los radiolarios, han aportado excelentes resultados

en los últimos años. En el año de 1970, la investigadora C. Nigrini derivó un índice relacionado con la temperatura (Índice de Nigrini) parámetro característico de las masas de agua. Haciendo uso de este índice, a medida que se avanza en profundidad en un pozo, los cambios de composición en las asociaciones de radiolarios se pueden interpretar como fluctuaciones relativas de temperatura. Con investigaciones posteriores sobre el mismo tema, se ha podido reconstruir la historia climática pleistocénica en las zonas subárticas del Pacífico y hacer comparaciones con datos obtenidos de faunas calcáreas en el Pacífico ecuatorial (13).

CAPITULO II

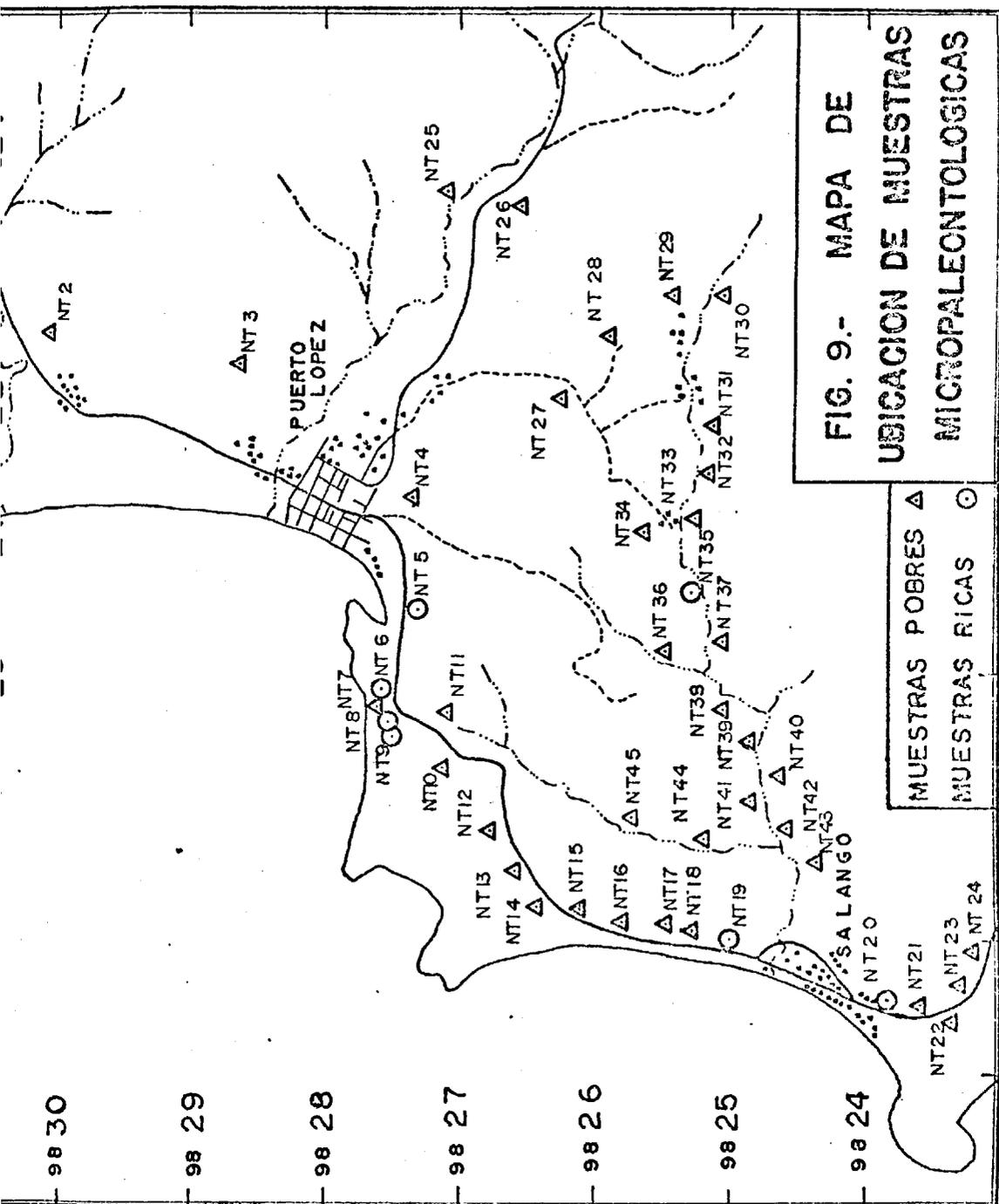
MICROPALAEONTOLOGIA

2.1. PRINCIPALES MICROFOSILES PRESENTES

Se analizaron 45 muestras micropaleontológicas, de las cuales aproximadamente el 84% resultaron tener pocos microfósiles o ser totalmente estériles; mientras el 16% restante lo constituyen las muestras fértiles. La lista total de las 45 muestras se encuentra en el anexo A. El registro completo de cada muestra fértil incluye :

- la separación de los grupos mayores de microfósiles presentes.
- la lista de especies de cada grupo, en orden alfabético.
- las condiciones de conservación de los especímenes, principalmente de los foraminíferos.
- la abundancia relativa de cada especie.
- un comentario general de la forma en que se presenta la muestra.

La Fig. 9, constituye el mapa de ubicación de las muestras.



Los Radiolarios son los principales microfósiles presentes. Predominando los espumelarios, con sus formas esféricas y discoidales, sobre los naselarios. La conservación de los especímenes es buena y solo ciertos de ellos presentan depósitos de óxidos de hierro. Para la identificación de los radiolarios se utilizaron dos textos: el volumen Protista 3 (parte D) del Tratado de Paleontología de Invertebrados, editado por R. C. Moore en 1954, y reimpresso en 1975; y la parte dedicada a radiolarios del libro Introducción a la Micropaleontología Marina, editado por B.V. Haq y A. Boersma en 1978. Ciertos especímenes solo fueron i-dentificados hasta el nivel de género, pues la disponibilidad limitada de bibliografía impidió su identificación al nivel de especie, como hubiera sido el deseo del autor.

Los foraminíferos son los microfósiles que siguen en importancia numérica a los radiolarios. Son relativamente abundantes los ejemplares bentónicos aglutinados del género Bathysiphon; le siguen en abundancia los géneros planctónicos Globigerina y Globorotalia, y los representantes de las familias bentónicas calcáreas Bolivulinidae y Buliminidae; en menor número aparecen integrantes de las familias Nodosaridae y Polymorfinidae, y los géneros Uvigerina, Gyroidina, Gy-

roidinoides, Güembelitria, Osangularia, Globigerapsis y Haplophragmoides, entre otros. Todos los caparazones de foraminíferos (originalmente calcáreos) en las muestras donde están presentes se encuentran reemplazados por sílice. Los ejemplares bentónicos calcáreos en su gran mayoría, muestran señales de desgaste y corrósión; mientras, ciertos caparazones de planctónicos presentan deformación, desgaste y corrosión. La identificación se la realizó en base a los siguientes textos: el volumen Protista 2 (parte C) del Tratado de Paleontología de Invertebrados, editado por R. C. Moore en 1964 y reimpreso en 1974; el Manual de Foraminíferos Planctónicos de J. A. Postuma (1971); y otras publicaciones afines, con descripciones e ilustraciones de especies. La mala conservación de los especímenes dificultó la identificación, aún al nivel de familia.

Además de los dos grupos de microfósiles nombrados, radiolarios y foraminíferos, aparecen frecuentemente en las muestras : espículas de equinodermos, espículas de esponjas silíceas, diatomeas y ocasionalmente dientes de peces y ostrácodos bien ornamentados.

2.2. EDAD DE LOS SEDIMENTOS

Las listas de los géneros y especies de foraminíferos y radiolarios identificados en 7 muestras, con sus respectivos rangos de edad, se encuentran en las tablas desde la 1 hasta la 13.

Del análisis de la edad de las muestras, se desprende que la fm. San Mateo, aflorante en el área Pto. López-Salango, tiene un rango que va del Eoceno medio al Eoceno superior, reconociéndose dos subunidades :

- 1) Un miembro inferior, con una edad correspondiente al límite Eoceno medio - Eoceno superior, en el tope. Caracterizado por la presencia notoria del naselario *Sethochytris triconiscus* (lámina I) además, se encuentran también presentes: *Ensyringium* cf. *fistoligerum* y *Phormocyrtis* cf. *striata*, el primero de los cuales es guía del límite anotado y el segundo con un rango Paleoceno - Eoceno medio que parece haber sido removido de capas más jóvenes del mismo miembro. Sólo la muestra NT5, pertenece a esta unidad que aflora en las inmediaciones de Pto. López.

Este miembro se puede correlacionar con la unidad basal que Mills encontró a 1350 m. de profundidad en el pozo Manta 3 (cood.⁵ 392/⁹⁸ 933), reportada como Eoceno medio superior en base a foraminíferos, y con los afloramientos en la parte Norte del Cabo San Lorenzo, reportados por Sigal, como pertenecientes a las biozonas *Globorotalia lehneri* y *Orbulinoides beckmanni* del Eoceno medio superior.

- 2) Un miembro superior con una edad indiscutible del Eoceno superior. La base corresponde a los afloramientos de Pta. Mirador, inmediatamente al suroeste de Pto. López (muestras NT6, NT8 y NT9) caracterizada por la presencia del naselario *Dic₂tyocephalus* (*Streptodelus*) cf. *obesus* (lámina II) del Eoceno superior y la aparición del espumelario *Lithocyclia aristotelis* (lámina II) que indica la parte media del Eoceno superior, para esta parte de la unidad. La microfauna de foraminíferos también corrobora el Eoceno superior con la presencia del aglutinado *Textularia nipeensis* (lámina II); mientras que la aparición de *Orbulinoides* sp., *Globorotalia* aff. *bolivariana* y *Tobolia* sp., pertenecientes al Eoceno medio, Eoceno medio - Eoceno superior parte inferior y Maes-

trichtiense, respectivamente, denotan características de remoción.

Los afloramientos cerca de Salango (muestra NT20) se estarían acercando al tope del miembro. Caracterizado por la presencia abundante de *Lithocyclia aristotelis* que indica la parte final del Eoceno superior; además, se encuentran también presentes el naselario *Lithocampana lithoconella* y el espumelario *Spongotrochus (Stilospongidium)* cf. *echinodiscus*, los dos pertenecientes al Eoceno superior. En esta parte, la microfauna de foraminíferos no es diagnóstica.

Este miembro es correlacionable en edad con las unidades 12 y 6 (ubicadas en la zona de Manta) de Cushman y Stainforth. Estableciéndose también correlación con la parte superior del pozo Manta 3, estudiado por Mills y con los afloramientos de la Cantera Las Palmas, investigados por Sigal. Sin embargo, es importante hacer notar que en ninguna de las muestras analizadas para el presente estudio fue posible encontrar el foraminífero *Stichocassidulina thalmani* guía del Eoceno superior para estudios anteriores.

LISTA DE MICROFOSILES	EDAD				PALEOCENO	EOCENO			OLIGOCENO	MIOCENO
	INFERIOR	MEDIO	SUPERIOR							
Bathysiphon spp.										
Bolivinitidos										
Eponides sp.										
Florilus spp.										
Globigerina spp.										
Globorotalia spp.										
Nodosarínidos										
Polymorfnidos										
Pyulina sp.										
Uvigerina sp.										

TABLA 1 Rangos de edad de los foraminíferos encontrados en la muestra NT 5

LISTA DE MICROFOSILES	EDAD	PALEOCENO	EOCENO			OLIGOCENO	MIOCENO
			INFERIOR	MEDIO	SUPERIOR		
<i>Artostrobus</i> sp.							
<i>Cannobotrys</i> sp.		←					→
<i>Cenodiscus</i> spp.		←					→
<i>Cenosphaera</i> spp.		←					→
<i>Coccolarcus</i> spp.							→
<i>Cyrtocalpis</i> sp.		←					→
<i>Dictyomitra</i> (<i>Dictyomitra</i>) sp.		←					→
<i>Ellipsostylus</i> spp.		←					→
<i>Ellipsoxiphus</i> (<i>Ellipsoriphetta</i>) spp.							→
<i>Eusyringium</i> cf. <i>fistuligerum</i>				—			
<i>Lithocampana</i> sp.							
<i>Lithocyclia</i> <i>ocellus</i>			—	—			
<i>Periphaena</i> spp.							→
<i>Phacodiscus</i> spp.							→
<i>Phormocyrtis</i> cf. <i>striata</i>		---	—				
<i>Sethochytris</i> <i>aristotelis</i>				—			
<i>Xiphatractus</i> (<i>Xiphatractus</i>) sp.							→

TABLA 2 Rangos de edad de los radiolarios encontrados en la muestra NT 5

LISTA DE MICROFOSILES	EDAD		PALEOCENO	EOCENO			OLIGOCENO	MIOCENO
	INFERIOR	MEDIO		SUPERIOR				
Bathysiphon spp.								
Bolivinitido								
Buliminido								
Rotálido								

TABIA 3 Rangos de edad de los foraminíferos encontrados en la muestra NT 6

LISTA DE MICROFOSILES	EDAD			PALEOCENO	EOCENO			CLUSOCENO	MIOCENO
	INFERIOR	MEDIO	SUPERIOR						
<i>Cenodiscus</i> spp.									
<i>Cenosphaera</i> spp.									
<i>Lithocampana</i> sp.									
<i>Lithocyclia</i> aff. <i>ocellus</i>									
<i>Phacodiscus</i> sp.									
<i>Sethodiscinus</i> spp.									
<i>Trochodiscus</i> sp.									

TABLA 4 Rangos de edad de los radiolarios encontrados en la muestra NT 6

LISTA DE MICROFOSILES	EDAD	EOCENO			OLIGOCENO	MIOCENO
		PALEOCENO	INFERIOR	MEDIO		
Bolivínido						
Bulimínido						
Globigerina cf. yeguaensis				—		
Globigerina spp.						
Globigerínidos						
?Orbulinoides sp.						
Polimorfínido						
Rotálido						
?Tobolia sp.						
Uvigerina sp.						

TABLA 5 Rangos de edad de los foraminíferos encontrados en la muestra NT 8

LISTA DE MICROFOSILES	EDAD			PALEOCENO	EOCENO			OLIGOCENO	MIOCENO
	INFERIOR	MEDIO	SUPERIOR		INFERIOR	MEDIO	SUPERIOR		
<i>Archicapsa</i> sp.									
<i>Cenodiscus</i> spp.									
<i>Cenosphaera</i> spp.									
<i>Cornutanna</i> sp.									
<i>Dictyocephalus (Streptodelus) cf. obesus</i>									
<i>Dorysphaera</i> sp.									
<i>Druppastylus</i> sp.									
<i>Drupptractus</i> sp.									
<i>Druppula</i> spp.									
<i>Ellipostylus</i> spp.									
<i>Hagiastrum (Hagiastrum) sp.</i>									
<i>Heliodiscus</i> spp.									
<i>Hymeniastrum</i> sp.									
<i>Lithocyclia aff. ocellus</i>									
<i>Periphaena</i> spp.									
<i>Phacotriactis</i> sp.									
<i>Sethocyrtis</i> sp.									
<i>Sethodiscinus</i> spp.									
<i>Sethostylus</i> sp.									
<i>Theodiscus</i> spp.									
<i>Trocodiscus</i> spp.									

TABLA 6 Rangos de edad de los radiolarios encontrados en la muestra NT 8

LISTA DE MICROFOSILES	EDAD	PALEOCENO	EOCENO			OLIGOCENO	MIOGENO
			INFERIOR	MEDIO	SUPERIOR		
Bathysiphon spp.							
Bulimina sp.							
Globigerapsis spp.							
Globorotalia aff. bolivariana							
Globorotalia spp.							
Guembelitra sp.							
Gyroidina spp.							
Gyroidinoides spp.							
Haplophragmoides sp.							
Lenticulina sp.							
Lituola sp.							
Nonion sp.							
Osangularia spp.							
Textularia nipeensis							
Turrilina sp.							
Uvigerina spp.							
Vulvulina sp.							

TABLA 7 Rangos de edad de los foraminíferos encontrados en la muestra NT 9

LISTA DE MICROFOSILES	EDAD	PALEOCENO	EOCENO			OLIGOCENO	MIOCENO
			INFERIOR	MEDIO	SUPERIOR		
Archicapsa sp.							
Astrocyclus sp.							
Cenellipsis spp.							
Cenodiscus spp.							
Cenosphaera spp.							
Distriactis sp.							
Druppula spp.							
Hagiastrum (Hagiastrum) spp.							
Lithocyclus aff. aristotelis							
Lithocyclus aff. ocellus							
Pipettella sp.							
Sethodiscinus (Sethodiscinus) spp.							
Stauralastrum (Stauralastromma) sp.							
Trochodiscus spp.							
Zonodiscus spp.							

TABLA 8 Rangos de edad de los radiolarios encontrados en la muestra NT 9

LISTA DE MICROFOSILES	EDAD				PALEOCENO	EOCENO			OLIGOCENO	MIOCENO
	INFERIOR	MEDIO	SUPERIOR							
<i>Bathysiphon</i> sp.										
<i>Bolivina</i> spp.										
<i>Bulimina</i> sp.										

TABLA 9 Rangos de edad de los foraminíferos encontrados en la muestra NT 19

LISTA DE MICROFOSILES	EDAD				PALEOCENO	EOCENO			OLIGOCENO	MIOCENO
	INFERIOR	MEDIO	SUPERIOR							
<i>Cenodiscus</i> spp.										
<i>Cenosphaera</i> spp.										
<i>Drupptractus</i> sp.										
<i>Heliodiscus</i> sp.										
<i>Heliosphaera</i> sp.										
<i>Melitosphaera</i> (<i>Cerasosphaera</i>) spp.										
<i>Triactis</i> sp.										

TABLA 10 Rangos de edad de los radiolarios encontrados en la muestra NT 19

LISTA DE MICROFOSILES	EDAD		PALEOCENO	EOCENO			OLIGOCENO	MIOCENO
				INFERIOR	MEDIO	SUPERIOR		
Bolivina sp.								
Bulimfnido								

TABLA 11 Rangos de edad de los foraminíferos encontrados en la muestra NT 20

LISTA DE MICROFOSILES	EDAD				PALEOCENO	EOCENO			OLIGOCENO	MIOCENO
	INFERIOR	MEDIO	SUPERIOR							
Actinomma (Actinomma) sp.										
Astractura sp.										
Astrocyelia spp.										
Cenodiscus sp.										
Cenospaera spp.										
Coccolarchus spp.										
?Cornutella sp.										
Cyrtocalpis sp.										
Hagiastrum spp.										
Haliomma spp.										
Heliodiscus spp.										
Hymenactura (Hymenactura) sp.										
Hymeniastrum (Hymeniastrum) sp.										
Hymeniastrum (Hymeniastrum) sp.										
Lithocampana lithocanella										
Lithocyelia aristotelis										
Lithocyelia aff. ocellus										
Lychnocanum (Lychnocanella) sp.										
Rhopalastrum (Rhopalastrum) sp.										
Sethodiscinus (Sethodisculus) sp.										
Sethodiscinus sp.										
Spongolonche sp.										
Spongotrochus (Stylospongidium) cf. echinodiscus										
Staurococcura sp.										
Triactis sp.										

TABLA 12 Rangos de edad de los radiolarios encontrados en la muestra NT 20

LISTA DE MICROFOSILES	EDAD				PALEOCENO	EOCENO			OLIGOCENO	MIOCENO
	INFERIOR	MEDIO	SUPERIOR							
<i>Cenodiscus</i> spp.										
<i>Genosphaera</i> spp.										
<i>Coccolaricus</i> spp.										
<i>Heliodiscus</i> sp.										
<i>Lithocyclia</i> cf. <i>ocellus</i>										
<i>Periphaena</i> sp.										
<i>Phacostylus</i> (<i>Astrostylus</i>) sp.										
<i>Sethodiscinus</i> spp.										
<i>Staurococcura</i> sp.										

TABLA 13 Rangos de edad de los radiolarios encontrados en la muestra NT 35

2.3. DETERMINACION PALEOECOLOGICA

Considerando todas las dificultades que presentan las determinaciones paleoecológicas en márgenes continentales activas, el análisis de las asociaciones microfauísticas que se observan en las muestras estudiadas, permite asignar un ambiente similar de deposición, a los dos miembros que conforman la fm. San Matteo.

Ambos miembros se depositaron en aguas cargadas de sílice, producto de la cercanía a un área volcánica, con aportes continuos de ceniza, y con una profundidad de deposición aproximada entre 2.000 y 2.500 m. en una cuenca de talúd de una margen continental activa.

Las pruebas de deposición en aguas cargadas de sílice son las siguientes :

- 1) En todas las muestras, es evidente el dominio numérico de los caparazones de radiolarios sobre los caparazones de foraminíferos, debido a la proliferación de las poblaciones de radiolarios por la facilidad para construir los caparazones silíceos.

- 2) Aparición continua de caparazones de foraminíferos corroídos (lámina III), debido a la disolución causada en los caparazones calcáreos menos resistentes por la acidez del medio.
- 3) Sin excepción, todos los caparazones de foraminíferos encontrados en las muestras, están reemplazados por sílice; debido a la fosilización en sedimentos con exceso de sílice.

Las pruebas de depositación en aguas profundas son las siguientes :

- 1) Las asociaciones de foraminíferos existentes en las muestras, presentan una mezcla de faunas bentónicas de plataforma no muy abundantes (Bolivinítidos, Bulimina, Eponides, Lenticulina, Polymorphinidos) con faunas bentónicas de base de talud y planctónicos dominantes (Bathysiphon, Globigerina, Globorotalia, Nodosarínidos).
- 2) Desgaste de los caparazones de foraminíferos bentónicos (Ej. Bulimina de la lámina III), debido al transporte experimentado por flujos gravitacionales antes de su depositación.

- 3) Aparición de foraminíferos francamente alóctonos por su edad (*Tobolia* sp., *Orbulinoides* sp.) con el resto de la microfauna, debido a remoción por flujos de gravedad.
- 4) Similitud de las asociaciones de foraminíferos reportados en este trabajo, con asociaciones encontradas entre 2.000 y 2.500 m. de profundidad en trabajos realizados con muestras recientes frente a las costas de Ecuador y Perú (²⁶).
- 5) La abundancia manifiesta de radiolarios en las muestras, constituyendo cada vez más del 50% de la microfauna total; debe interpretarse como deposición en aguas profundas, tomando en cuenta todos los pro y en contra que al respecto se trataron en el Capítulo I.
- 6) Aparición regular de espículas de esponjas silíceas y ostrácodos ornamentados, en las muestras; organismos bentónicos comunes de mar profundo.

Los resultados paleoecológicos, obtenidos en el presente estudio, para la fm. San Mateo, son contrarios a las ideas de deposición en aguas someras de la mayoría de los investigadores anteriores. Estos no

consideran las asociaciones de microfauna como determinantes de ambientes y se restringen a simples observaciones de estructuras sedimentarias, sin realizar análisis sedimentológicos detallados, dando como resultado la confusión de aparatos de depositación profunda con aparatos de depositación somera. Más grave aún resulta, la actitud de ciertos investigadores que hacen síntesis de los ciclos sedimentarios de las rocas de las costas ecuatorianas, basándose en su mayor parte en datos bibliográficos equivocados.

Los pocos estudios existentes sobre la microfauna de la fm. San Mateo, han considerado sólo su valor estratigráfico sin tomar en cuenta su valor paleoecológico. A excepción del trabajo realizado por Mills (1967) que haciendo un análisis completo de las asociaciones microfaunísticas, encontradas en un área diferente (zona de Manta) a la del presente estudio, llegó a conclusiones muy parecidas.

Es importante resaltar que se han analizado muestras recogidas en afloramientos de la fm. San Mateo, fuera del área de estudio, en las localidades de Julcuy Membrillal y Cabo San Lorenzo; mostrando todas, la misma afinidad estratigráfica y paleoecológica con las del presente estudio (ver Anexo A, muestra NT50).

CAPITULO III

SEDIMENTOLOGIA

3.1 ESTUDIO SEDIMENTOLOGICO

Los afloramientos de la fm. San Mateo, en el área de estudio, presentan buenas exposiciones en el camino Pto. López-Salango, en el Río Salango y en las quebradas aledañas. Están conformados por secuencias de lutitas, secuencias potentes de conglomerados con intercalaciones de lutitas y secuencias de areniscas.

Las secuencias de lutitas presentan regulares afloramientos al comienzo del camino Pto. López-Salango (foto 5) y en el Río Salango en la zona de Platanales (foto 6). Estas lutitas corresponden al miembro basal de la fm. San Mateo (ver Cap. II). El material que las compone es principalmente tobáceo, debido a lo cual poseen una coloración crema. En ciertos afloramientos es posible apreciar intercalaciones de capas de areniscas finas. Los espesores de los afloramientos no son muy importantes (colinas bajas), como resultado de la meteorización que combinada con una fracturación intensa, ha destruído en su mayor parte la estratificación expuesta.



FOTO 5 Secuencias de lutitas tobáceas (Facies G) pertenecientes al miembro inferior de la fm. San Mateo en el camino Pto. López-Salango. (coord. $5209/98273$)



FOTO 6 Secuencias de lutitas tobáceas (Facies G) pertenecientes al miembro inferior de la fm. San Mateo en el Río Salango. (coord. $5226/98253$)

Los conglomerados afloran en forma potente en dos localidades :

- Pta. Mirador (cood. $5196/98275$) en el camino Pto. López-Salango (foto 7).
- Zona de la Aurora (cood. $5203/98254$) en el Río Salango (foto 8).

Estos conglomerados corresponden al miembro superior de la fm. San Mateo (ver Cap. II). Están compuestos de cuerpos de flujos de detritos (F.D.) y de flujos de granos (F.G.) que se presentan en forma de canales amalgamados y en estratos con relativa continuidad lateral. Los conglomerados se encuentran en secuencias subhorizontales de 5 hasta 30 m. de espesor, intercalados con secuencias de capas de lutitas tobáceas de 2 hasta 5 m. de espesor con frecuentes concreciones de carbonatos. Existen fallas normales orientadas a 310° azimuth e inclinadas hacia el S0 (foto 9). El material que conforma los conglomerados, consiste en una matriz donde predomina la arenisca gruesa y clastos con diámetros variables entre 0,05 y 0,5 m. Los clastos en su mayoría son de rocas ígneas tipo andesita, granito, brecha, basalto (*) y en menor proporción de rocas sedimentarias tipo arenisca y

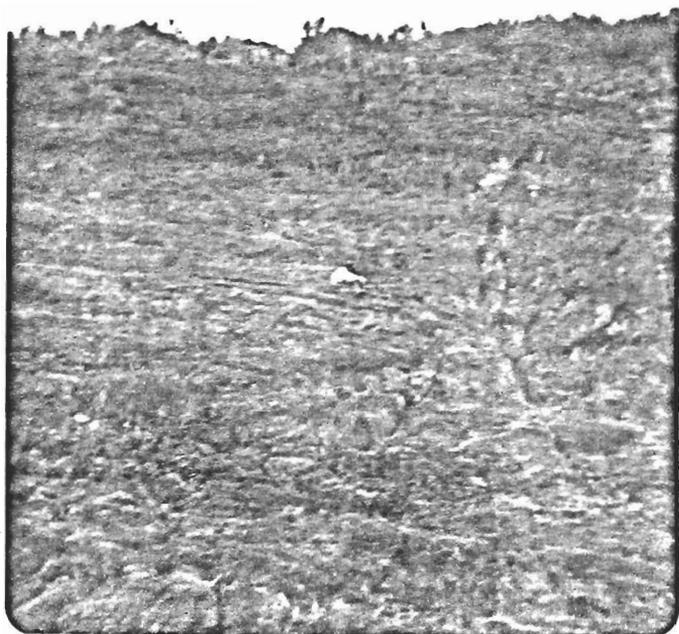


FOTO 7 Secuencias potentes de conglomerados (Facies A) pertenecientes al miembro superior de la fm. San Mateo, en Pta. Mirador.
(coord. ⁵196/⁹⁸275)



FOTO 8 Secuencias de conglomerados (Facies A) pertenecientes al miembro superior de la fm. San Mateo, en el Río Salango.
(coord. ⁵203/⁹⁸254)



FOTO 9 Falla normal con el plano orientado a 310° azimuth e inclinado 75° SO. La falla afecta niveles de conglomerados (Facies A) y niveles de lutitas (Facies G). Localidad de Pta. Mirador (coord. $5196/98275$)



FOTO 10 Secuencias de areniscas pertenecientes al miembro superior de la fm. San Mateo. Se presentan alternancias de Facies B y E, las capas de la Facies E presentan material orgánico. Localidad de Salango.

(coord. $5180/98253$)

lutita de composición tobácea.

Las secuencias de areniscas se observan en buenos afloramientos a través del camino Pto. López-Salango (foto 10), continuándose más hacia el sur sobre la misma ruta. De igual manera existen afloramientos en el Río Salango. Estas areniscas también pertenecen al ciclo de depositación del miembro superior. Poseen una gran continuidad lateral y están compuestas en su mayoría por niveles de turbiditas (T.). El espesor individual de las capas varía de 0.1 hasta 2 m., siendo comunes las intercalaciones con capas de lutitas que tienen contenido orgánico (lignito) abundante y con capas de conglomerados finos entre 0.3 y 1 m. de espesor (foto 11). La orientación de las capas promedia 115° azimuth y buzan de 5° a 20° hacia el SO.

3.1.1 CUERPOS SEDIMENTARIOS

Los cuerpos sedimentarios encontrados, corresponden en su gran mayoría a flujos de sedimentos por gravedad (F. S. G.) representados por: flujos de detritos (F. D.), flujos de granos (F. G.) y turbiditas (T.). Estos flujos típicamente poseen estructuras sedimentarias de or

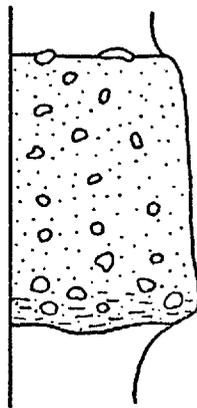
denamiento interno, de techo, de piso, de deformación, orgánicas y diagenéticas. Diversos autores han publicado resultados de las investigaciones acerca de la mecánica de deposición de estos flujos, siendo importantes los trabajos de Middleton (1966, 1967), Bagnol (1966) y Johnson (1965, 1970), entre otros.

FLUJOS DE DETRITOS (F.D.)

Los F.D. tal como se los refiere en la literatura, corresponden a una mezcla de sólidos detríticos (arenas, gravas, clastos), arcillas y agua que fluye viscosamente en respuesta a la acción de la gravedad y se los reconoce en las rocas, debido a sus características texturales y estructurales; presentándose masivos, con los detritos flotando sin ninguna orientación en una matriz fina, con gradación inversa y normal, granoclasificación bien pobre, estructuras de carga en el piso y superficies irregulares con frecuentes bloques grandes en el techo (Fig. 10).

En la zona de estudio, como se lo hizo notar en la introducción a este capítulo; los F.D.

Flujo de Detritos



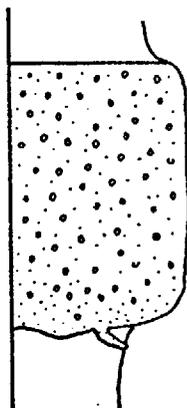
Tope irregular
(Proyección de clastos grandes)

Masivo,
Granoclasificación pobre
Granoclasificación.

Estriaciones y marcas
de escurrimientos,
estructuras en llamas
y de carga en la base.

Fig. 10 Estructuras características de un depósito de F.D.
Tomado de Middleton G. y Hampton M. (1978).

Flujo de Granos



Tope plano

sin graduación

Masivo,
orientación de granos
con el flujo

Gradación inversa

Estructura de inyección
y de arrastre de objetos.

Fig. 11 Estructuras características de un depósito de F.G.
Tomado de Middleton G. y Hampton M. (1978).

se encuentran asociados a las secuencias conglomeráticas, guardando las siguientes características :

- Detritos distribuidos sin orientación preferencial alguna que tienen la apariencia de flotar en una matriz fina no muy abundante, constituyendo F.D. clásticos (foto 12).
- Detritos distribuidos sin orientación preferencial alguna con apariencia de flotar en una matriz fina abundante, constituyendo F. D. arenáceos (foto 13).
- Concentración de los clastos grandes cerca de la parte media del F. D., produciendo gradación inversa en la base y normal en el tope (foto 14).
- Estructuras de carga muy frecuentes en el piso de los F.D. progradantes sobre niveles de F. G. (foto 15).
- Aparición constante de mezcla de F.D. y F.G. viscosos, debido a que se forman a

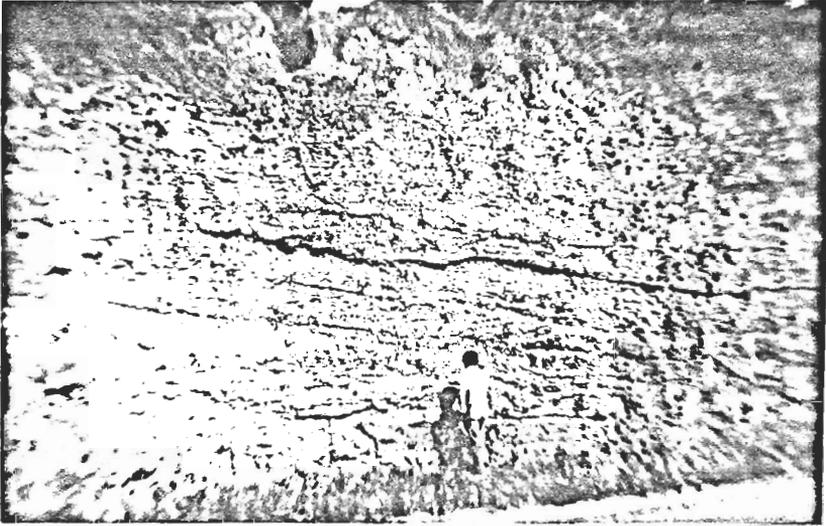


FOTO 11 Secuencias de capas de areniscas microconglomeráticas y areniscas de grano fino pertenecientes al miembro superior de la fm. San Mateo. Las capas de areniscas microconglomeráticas muestran estructuras de carga. (cood. ⁵182/⁹⁸263)

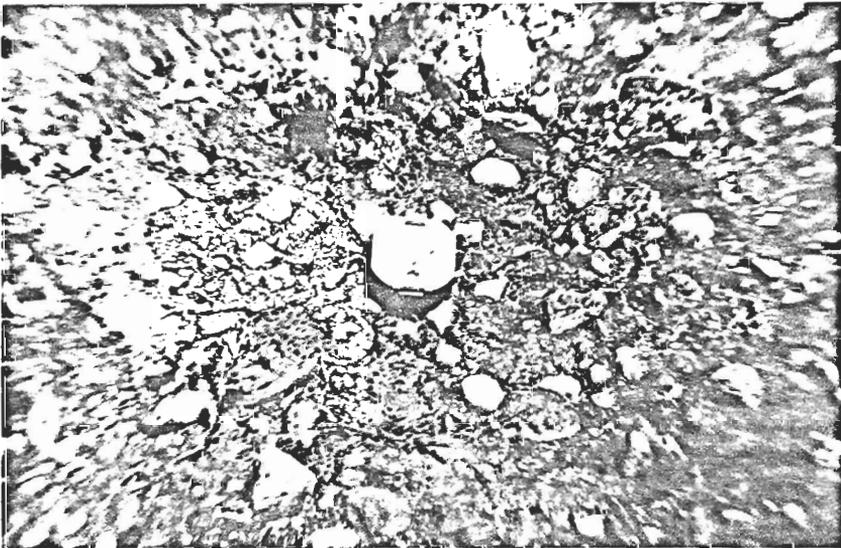


FOTO 12 Flujo de detritos clástico. Los clastos no tienen orientación preferencial alguna y dan la apariencia de flotar en una matriz fina no muy abundante (brújula de escala). Localidad de Pta. Mirador (cood. ⁵198/⁹⁸276)



FOTO 13 Flujo de detritos arenáceo. Los clastos no tienen orientación preferencial alguna y dan la apariencia de flotar en una matriz fina abundante (morral de campo de escala). Localidad de Río Salango (cood. $5204/98253$)

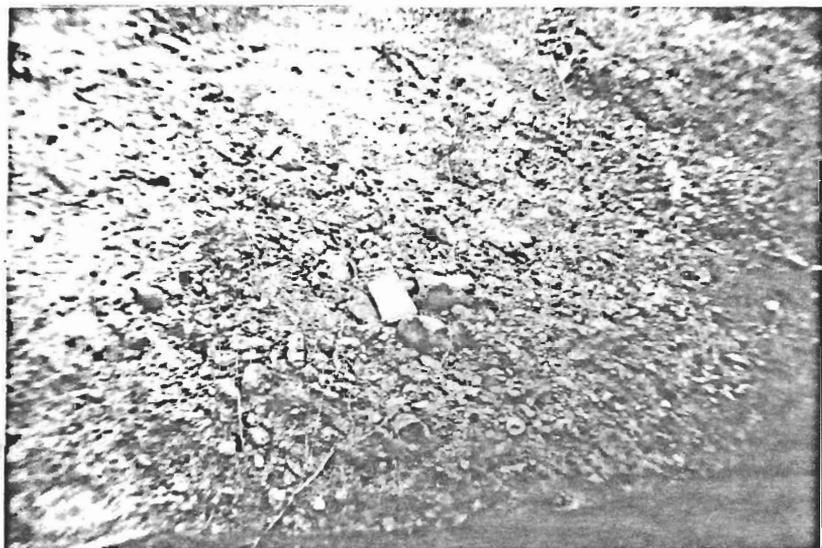


FOTO 14 Flujo de detritos clástico. Los clastos grandes se concentran en la mitad del flujo, produciendo gradación inversa en la parte baja y gradación normal en la parte superior (libreta de campo de escala). Localidad de Río Salango

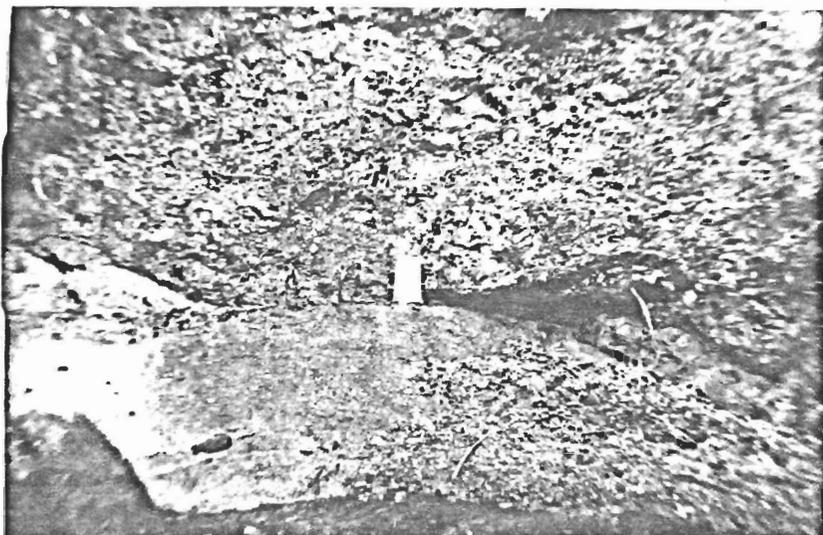


FOTO 15 Flujo de detritos (Facies A) progradante sobre un nivel de areniscas que muestra procesos de F.G. (Facies B). Son notables las estructuras de carga producidas en el contacto de los dos cuerpos (libreta de campo de escala). Localidad de Río Salango.



FOTO 16 Flujo de detritos en la parte izquierda de la toma, gradando a un F.G. viscoso en la parte derecha superior, donde se ve una imbricación incipiente (libreta de campo de escala). Localidad de Río Salango.

partir de un mismo mecanismo (foto 16).

FLUJOS DE GRANOS (F.G.)

Los F.G. pueden ocurrir en dos tipos de regímenes : viscoso e inercial. En los F.G. de tipo viscoso hay presencia abundante de material fino (arcilla) que produce una presión dispersiva importante, dando como resultado un depósito donde la interacción grano a grano (imbricación) no es significativa. En los F.G. de tipo inercial la presencia de material fino es limitada, por lo que la presión dispersiva es insignificante y domina la inercia de los granos, dando un depósito con imbricación notoria.

En general, los dos tipos de F.G. presentan en las rocas, características texturales y estructurales parecidas. Las características más comunes son : gradación inversa, contacto plano en el techo, imbricación de clastos con el eje "A" alineado con la dirección de la corriente y el plano de aplastamiento inclinado aguas arriba, apariencia masiva, y estructuras de inyección y de arrastre en el piso (Fig. 11).

Los F.G. presentes en el área de estudio, tal como se lo dijo previamente, también se encuentran asociados con los niveles de conglomerados y muestran las siguientes características :

- Apariencia masiva, a primera vista, presentando gran continuidad lateral y contactos planos en el tope (foto 17).
- Gradación inversa notoria, tanto en sentido vertical como horizontal y algunos muestran gradación normal en el tope (fotos 18 y 19).
- Imbricación de clastos (fotos 20 y 21), característica que se utilizó para la determinación de las paleocorrientes que actuaron en la época de depositación de los sedimentos de la fm. San Mateo (ver Mapa I).

TURBIDITAS (T.)

Entre los F.S.G. las T. han sido las más estudiadas, razón por la cual, en la actualidad son muy conocidas y relativamente fáciles de



FOTO 17 Capa de F.G. de aproximadamente 2 m. de espesor, con apariencia masiva y que presenta gran continuidad lateral y contacto plano en el tope. Localidad de Río Salango.
(coord. $5^{\circ}198/98^{\circ}252$)

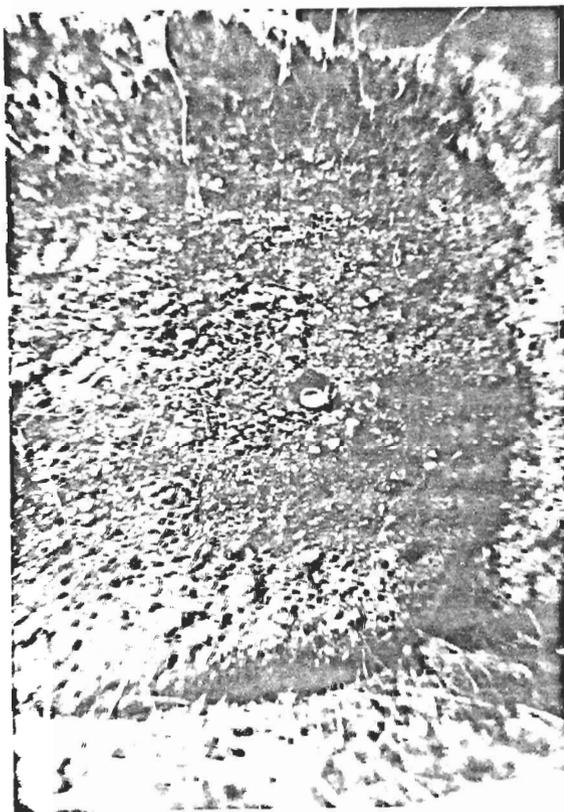


FOTO 18 Acercamiento de la foto anterior que muestra una gradación inversa vertical y horizontal, con concentración de clastos grandes en la parte media izquierda de la toma (brújula de escala).

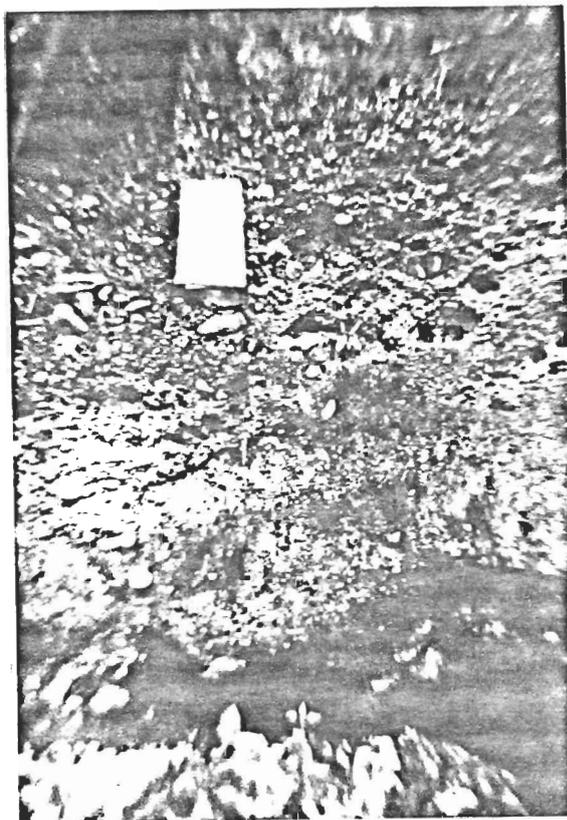


FOTO 19 F.G. que muestra gradación inversa y normal en sentido vertical, se nota imbricación de los clastos a la derecha de la toma (libreta de campo de escala). Localidad de Río Salango. (coord. $5_{198/98}^{254}$)

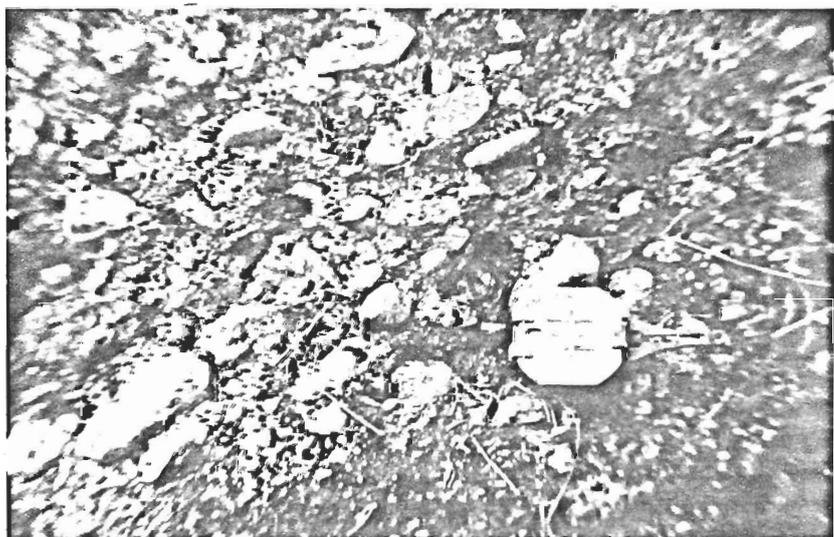


FOTO 20 Imbricación de clastos en el F.G. de la Foto 18. La mira de la brújula que sirve de escala, indica el sentido de la paleocorriente de izquierda a derecha.

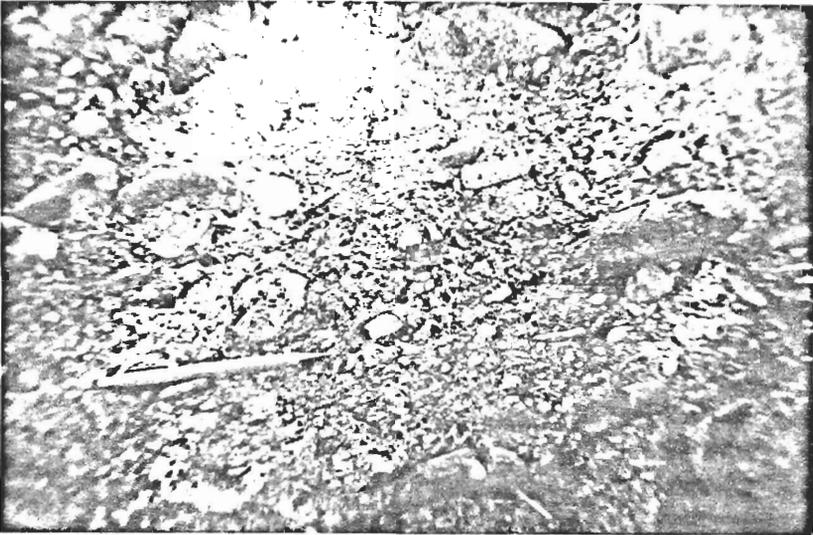


FOTO 21 Imbricación de clastos en un F.G. La punta del lapicero que sirve de escala indica el sentido de la paleocorriente de izquierda a derecha. Localidad de Pta. Mirador.
(cood. ⁵197/⁹⁸275)



FOTO 22 Secuencias turbidíticas T_{ae} (Facies A4) que marcan los límites del canal distributivo de Pta. Mirador. Los intervalos T_a tienen espesor entre 0,3 y 1,5 m. y los T_e tienen espesor entre 0,3 y 1 m.
(cood. ⁵197/⁹⁸273)

determinar en las rocas. Son producidas por corrientes de sedimentos en suspensión (mayor densidad que el agua) que descienden pendiente abajo debido a la acción de la componente tangencial de la gravedad; produciéndose erosión en la cabeza de las corrientes, seguida por una depositación en el cuerpo y la cola (12). La característica estructural y textural diagnóstica de las T. en las rocas, es la conocida secuencia de Bouma (Fig. 12) que presenta típicamente :

- Granoclasificación general
- En el piso, estructuras sedimentarias de corriente (turboglifos, calcos de marcas de arrastre), de carga y de bioturación.
- Secuencia de intervalos : T_a (masivo, gradado), T_b (laminación paralela plana), T_c (ondulitas, laminación ondulada o convolutas), T_d (laminación paralela superior) y T_e (depositación pelítica T_{ep} y/o de baja densidad T_{et}).

No todas las T. muestran la secuencia de in-

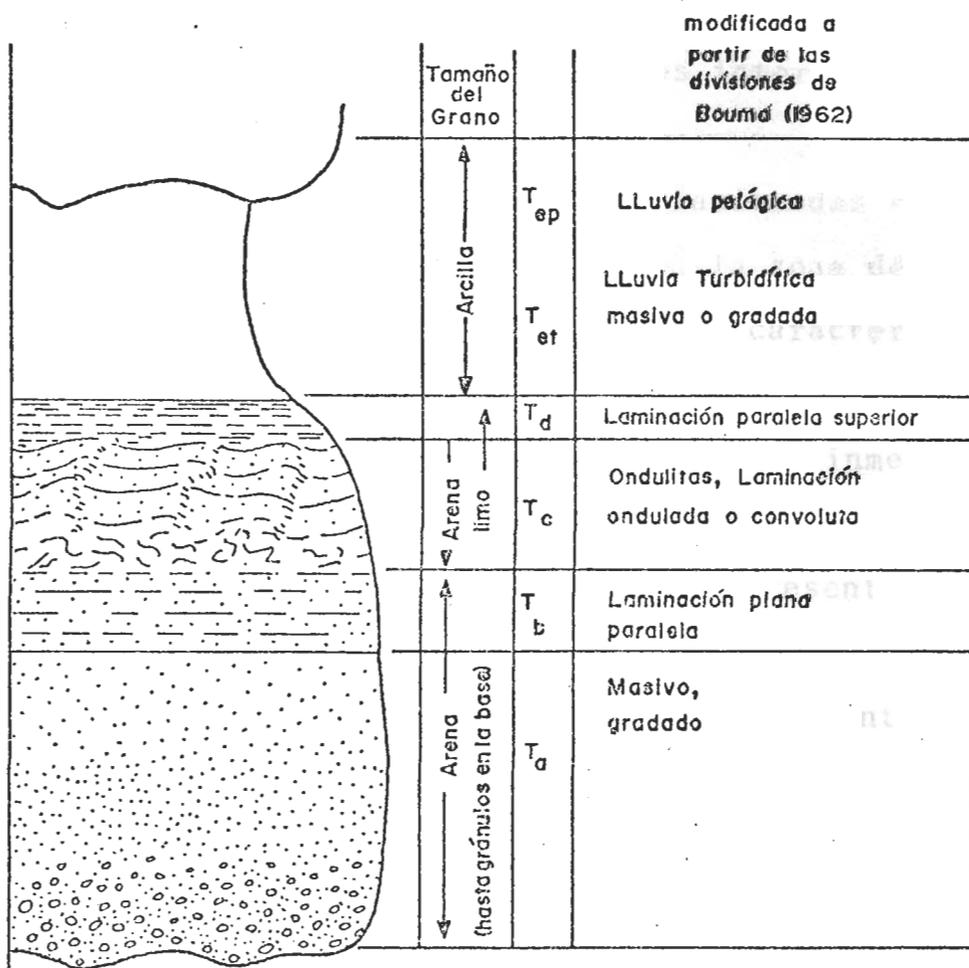


Figura 12.- Secuencia de Bouma completa T_a - e , tomada de D.G. Howell, W.R. Normark (1982), mostrando las subdivisiones del intervalo T_e .

tervalos completa, dependiendo esto de la rapidez de depositación. Una depositación rápida produce sólo los primeros intervalos, mientras que una depositación lo suficientemente lenta presenta todos los intervalos anotados.

Las T. se encuentran relacionadas con las secuencias de areniscas en la zona de estudio, presentando las siguientes características:

- Aparición de secuencias T_{ae} inmediatamente a continuación de los niveles conglomeráticos. Los intervalos T_a presentan espesores variables entre 0,3 y 1,5 m., mientras que los intervalos T_e varían entre 0,3 y 1 m. (foto 22).
- Frecuentes apariciones de secuencias turbidíticas T_{abc} y T_{abce} (foto 23), inclusive en áreas fuera del límite sur de la zona de estudio, en Pta. Cabezona (foto 4).
- En la base de las secuencias turbidíticas se pueden encontrar con bastante frecuencia turboglifos (foto 24) acompañados de calcos de marcas de arrastre (foto 25).



FOTO 23 Secuencia turbidítica T_{abc} ($\approx 0,35$ m.) erosionada en el tope y formación posterior de una secuencia T_{abce} ($\approx 0,10$ m.). Estas secuencias pertenecen a Facies C que estarían marcando el borde externo de la parte media del cono submarino (marcador de escala). Localidad de Pta. Cabezona. (cood. $5_{176}/98_{205}$)



FOTO 24 Turboglify (flute cast) ojival en la base de una secuencia turbidítica. Paleocorriente en el sentido de la punta del lapicero, hacia la derecha se nota el desarrollo de otro turboglify. Localidad de Salango. (cood. $5_{183}/98_{257}$)

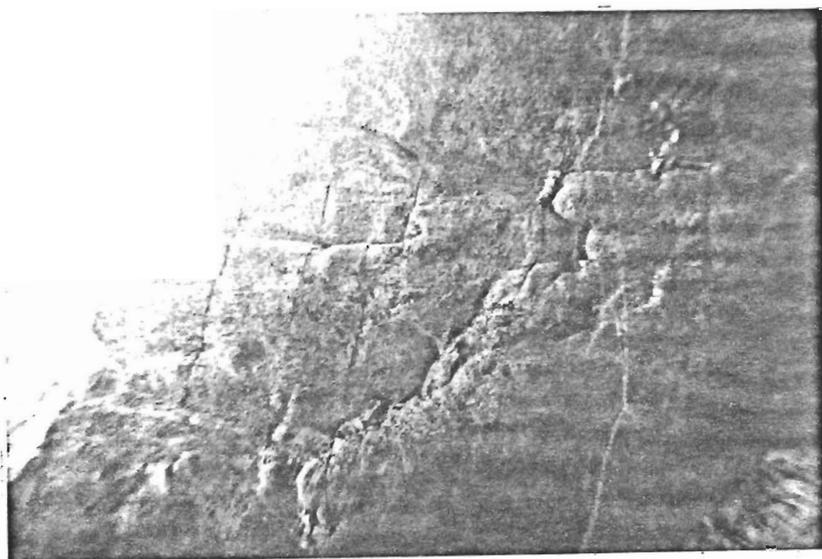


FOTO 25 Turboglifos (flute casts) y calcos de marcas de arrastre (groove casts) en la base de una secuencia turbidítica. Sentido de la paleocorriente de izquierda a derecha. Localidad de Río Salango.
(coord. $5^{\circ}187/98^{\circ}253$)

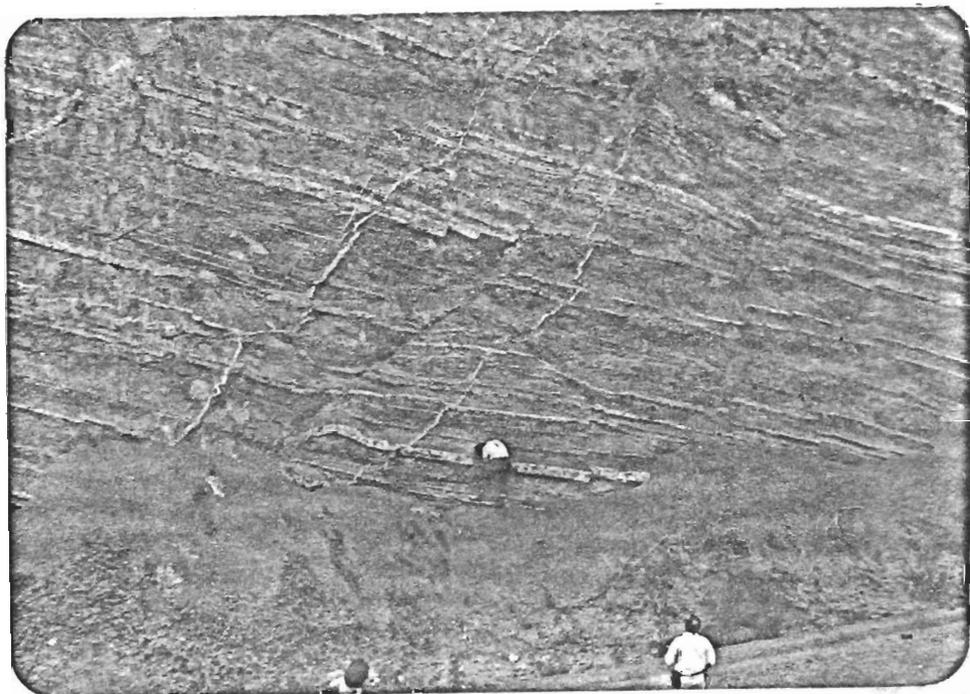


FOTO 26 Diques de areniscas formados en secuencias turbidíticas T_{ce} (Facies D) que marcan zonas de intercanales. Se puede ver claramente la conexión de los diques con capas de areniscas desde donde se inyectaron. Localidad frente a la Isla Salango.
(coord. $5^{\circ}174/98^{\circ}235$)

El sentido de las paleocorrientes, medido a partir de los turboglifos varía entre 300° y 315° de azimuth (ver Mapa I).

- Presencia de estructuras de inyección en forma de diques de arena (foto 26) en secuencias T_{ce} . Estas estructuras fueron producidas luego de la depositación de las secuencias, por efecto de la licuefacción de las capas T_c de arenas, causada por combinación del suministro de agua de las arcillas compactadas y la fuerte vibración debida a un terremoto.

ESTRUCTURAS DIAGENETICAS

Estas estructuras, aunque se encuentran relacionadas con los cuerpos sedimentarios arriba mencionados, merecen tratarse aparte porque se producen por causas diferentes y en una etapa diferente (diagénesis) de la transformación de los sedimentos en rocas.

Con bastante frecuencia y relacionadas con los niveles de lutitas intercaladas en las secuencias de conglomerados y de areniscas de

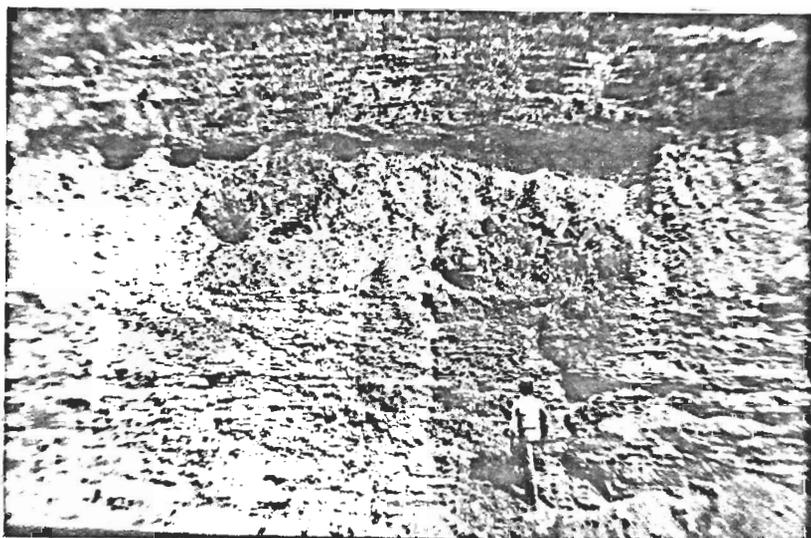


FOTO 27 Concreciones calcáreas desarrolladas dentro de capas de lutitas (Facies G). El eje mayor de las concreciones sigue la estratificación y son de gran tamaño. Localidad de Pta. Mirador
(coord. $5^{\circ}196/98^{\circ}275$)



FOTO 28 Concreción calcárea con estructura concéntrica. La concreción se ha formado dentro de capas de lutitas (Facies G). Localidad de Pta. Mirador
(coord. $5^{\circ}198/98^{\circ}276$)

la zona de estudio, se encuentran concreciones calcáreas que pueden alcanzar grandes dimensiones (3 x 1 m.) con el eje mayor paralelo a la estratificación y algunas de ellas con estructuras concéntricas (fotos 27 y 28). La revisión de una lámina delgada de una muestra de la concreción de la foto 28, permitió establecer su naturaleza calcárea extremadamente fina (debida a precipitación) abundante, con un porcentaje menor de granos de minerales silíceos y caparazones de radiolarios espumelarios y foraminíferos del género Bolivina.

3.1.2 AMBIENTES DE DEPOSITACION

A través de los últimos años, el reconocimiento y clasificación de los abanicos submarinos, han permitido a los geólogos entender importantes aspectos sobre los mecanismos sedimentológicos y tectónicos a lo largo de las márgenes continentales.

Una serie de autores, Mutti y Ricci Lucchi (1972), Walker y Mutti (1973), y Ricci Lucchi, entre otros; clasificaron los sedimentos de abanico submarino en 7 litofacies, nombrán

dolas desde la A hasta la F (¹). La siguiente es una descripción de esas litofacies :

FACIES A

Consiste de conglomerados y areniscas gruesas en capas potentes, generalmente mayores a 1 m. y con frecuentes variaciones laterales de espesores. Son típicas las estructuras de corriente y los canales con contactos irregulares; sin embargo, en las partes distales del abanico las capas de conglomerados tienen contactos rectos. Los F.D. y los F.G. son comunes en este tipo de facies. En general, la secuencia de Bouma no es aplicable, aunque para ciertas capas de arenisca, se puede aplicar las secuencias T_a o T_{ae} . Dentro de esta facies se pueden distinguir 4 subdivisiones : Conglomerados desorganizados (A1), Conglomerados organizados (A2), Areniscas conglomeráticas desorganizadas (A3) y Areniscas conglomeráticas organizadas (A4). Las facies A se encuentran por lo común asociadas con facies B y E.

FACIES B

Esta facies se compone de capas de areniscas gruesas a medias y a veces microconglomeráticas bien clasificadas, en estratos potentes y masivos. Las capas presentan mayor continuidad lateral que en la facies A, aunque pueden haber capas lenticulares con amalgamaciones frecuentes. La secuencia de Bouma no es aplicable a las capas de esta facies; en cambio, reflejan los procesos hidráulicos de los F.G. Se presentan dos subdivisiones: una que posee estructuras en plato (dish structures), denominada B1 y otra que no las posee, denominada B2. La facies B por lo común se encuentra interestratificada con facies E y a veces con facies A, C y D. Este tipo de facies ocurre en una zona canalizada del abanico, pero no exclusivamente en la parte interna y media.

FACIES C

Se compone de areniscas gruesas a finas comúnmente interestratificadas con capas delgadas de lutitas. Estas capas de areniscas constituyen las clásicas T. de Bouma. Los seis in-

intervalos de la secuencia no siempre se desarrollan completamente. El intervalo T_d , por lo general, está ausente o puede ser difícil de distinguir de T_c , lo mismo pasa entre los subintervalos T_{et} y T_{ep} . Por lo general, las capas de esta facies varían de espesor entre 0,25 y 2,5 m., aunque es posible encontrar capas más delgadas con la secuencia de Bouma completa. Las capas presentan un espesor con gran continuidad lateral. Esta facies se encuentra generalmente asociada con las partes superiores de secuencias de relleno de canales y con depositaciones no canalizadas tales como el límite externo del abanico medio, el abanico externo o la planicie abisal.

FACIES D

Consiste de capas de areniscas y lutitas delgadas interestratificadas con capas de areniscas tabulares que persisten a través de grandes distancias. Cada capa de arenisca se encuentra típicamente granoclasificada y contiene la parte superior de la secuencia de Bouma T_{cde} o T_{ce} . Frecuentemente en una capa, el subintervalo t_{et} va a ser mucho más fino y

potente que los intervalos T_c o T_d suprayacentes, debido a que las corrientes de turbidez que los forman son de baja densidad. El espesor de las capas varía entre 0,05 y 0,25 m. y las estructuras sedimentarias de base se encuentran bien desarrolladas. Los estratos de esta facies corresponden a las tradicionales "T. distales" y son transicionales con las capas de la facies C o pueden encontrarse interstratificados. Pueden ocurrir en todas las partes de un abanico submarino, así como también en la planicie abisal.

FACIES E

Consiste de capas delgadas de areniscas y lutitas interstratificadas, con una gran variedad de estructuras sedimentarias internas incluyendo estratificación flaser (lentes pequeños alineados y con estratificación cruzada), granoclasificación y entrecruzamiento de ondulitas sobrepuestas. Esta facies se diferencia de la D en que : la arenisca es más gruesa, el porcentaje de arenas es mayor, las capas de arenisca son más delgadas y más numerosas, y contiene capas de arenisca con estra

tificación ondulada y discontinua. La secuencia de Bouma no es siempre aplicable a este tipo de facies, sin embargo se pueden presentar ciclos T_{ce} con una discontinuidad pronunciada. La facies E es característica de zonas canalizadas de abanicos submarinos. Las parejas de facies B/E son típicas de las partes internas y medias. Por último, la facies E junto a las facies D, G y F componen la mayoría de los depósitos en los alrededores de los canales (depósitos overbank y levee).

FACIES F

Se compone de depósitos removilizados que exhiben procesos de deslizamiento en masa (slumping) y resedimentación localizada. Las capas de la facies F reflejan una etapa de emplazamiento por gravedad. Los ejemplos típicos de facies F los constituyen zonas de pliegues por deslizamiento (slump folds), secuencias de lutitas con clastos donde la matriz muestra flujo y deformación antes de la estratificación, y zonas de bloques deslizados que se encuentran aislados y encerrados. Esta fa

cies se encuentra preferentemente cerca del talúd inferior y a lo largo de los bordes del canal en las partes interna y media de un abanico submarino.

FACIES G

Constituye el material pelágico y hemipelágico que tiende a cubrir todas las áreas de un abanico submarino. La estratificación cuando se la puede detectar, es fina y paralela. La facies G se desarrolla mejor en zonas intercanales y se la encuentra más comunmente asociada con las facies D y E.

Como se puede apreciar la identificación de las facies descritas permite el reconocimiento de una sedimentación en abanicos submarinos de gran magnitud (generalmente en márgenes continentales pasivas) o de pequeña magnitud denominados "conos de deyección submarinos" (relacionados con márgenes continentales activas). Además, la combinación de las facies permite conocer la parte del aparato donde se efectuó la sedimentación.

Analizando las facies correspondientes a los cuerpos sedimentarios presentes en la zona de estudio, se puede decir que :

El miembro inferior de la formación San Mateo compuesto por las secuencias de lutitas de edad Eoceno medio superior-Eoceno superior (ver Cap. II), constituye el relleno de material hemipelágico y pelágico (facies G) de una cuenca de talúd de fosa a una profundidad entre 2.000 y 2.500 m. (ver Cap. II).

El miembro superior de edad Eoceno superior (ver Cap. II) con una progradación neta sobre el miembro inferior (foto 29), constituye la depositación de la parte media de un cono de deyección submarino (Fig. 13) formado en la cuenca de talúd de fosa. En Pta. Mirador y en el Río Salango, las secuencias conglomeráticas potentes, constituídas principalmente por F.D. y F.G., representan facies A1, A2 (fotos 6 y 9, respectivamente) y B (foto 15) correspondientes a dos zonas de canales distributarios con una dirección promedio de 310° azimuth que representa la dirección del eje del cono. Las intercalaciones frecuentes de



FOTO 29 Progradación neta del miembro superior de la fm. San Mateo sobre el miembro inferior, separados por una superficie de erosión de segundo orden. La toma corresponde a las secuencias conglomeráticas potentes de un canal distributivo sobre las secuencias de lutitas de material pelágico y hemipelágico de relleno de una cuenca de talúd de fosa. Localidad de Pta. Mirador.

(coord. ⁵201/⁹⁸275)

MODELO DE CORRIENTE DE TURBIDEZ

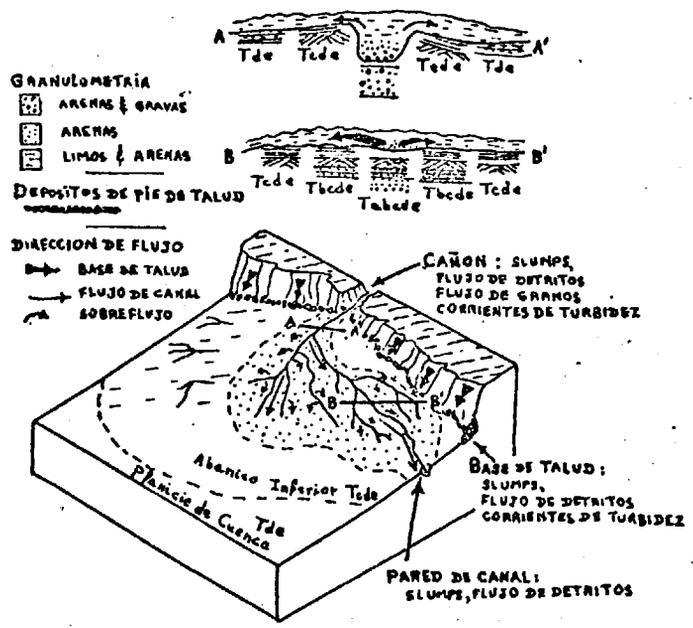


Fig. 13 Modelo típico de un abanico submarino. Se ilustra la distribución gradacional y estructuras sedimentarias en depósitos detríticos gruesos generados por flujos turbidíticos. Tomado de Nelson y Kulm (1973).

facies A2 y G, expuestas claramente en Pta. Mirador, representan respectivamente períodos de activación y reposo en la alimentación del cono, acompañados de migraciones frecuentes en los depósitos de los canales. Los límites de las zonas canalizadas están marcados por desarrollos de secuencias turbidíticas T_{ae} (foto 22) correspondientes a facies A4. Las zonas de intercanales corresponden a las secuencias de areniscas presentes en el camino Pto. López-Salango y en el Río Salango. Estas zonas se encuentran constituidas por intercalaciones frecuentes de facies B y E (fotos 10 y 11) con presencia evidente de material orgánico (lignito) en las capas de la facies E de ciertos afloramientos. Además, hay desarrollo de T. proximales con secuencias T_{abc} correspondientes a facies C y de T. distales en secuencias T_{ce} (foto 26) pertenecientes a facies D. Los afloramientos de Pta. Cabezona constituidos por grandes espesores de secuencias T_{abce} y T_{abc} (foto 23) pertenecientes a facies C, estarían constituyendo el borde externo de la parte media del cono.

Investigaciones sedimentológicas realizadas

en áreas al N y S de la zona de estudio (8)
(Labrousse, comunicación verbal), muestran el
desarrollo de aparatos similares en cuencas
del mismo tipo. Todo lo cual indica un am-
biente de depositación profundo para la fm.
San Mateo, en contradicción con la opinión de
investigadores anteriores que consideraban su
depositación realizada en un ambiente somero.

CAPITULO IV

ESTRATIGRAFIA DE LA FORMACION SAN MATEO

4.1 COLUMNA ESTRATIGRAFICA

Los afloramientos de la fm. San Mateo, localizados en la zona de Pta. Mirador entre las coordenadas $5_{203/98}^{275}$ y $5_{196/98}^{273}$, sirvieron de base para realizar una columna estratigráfica tipo del área investigada, Para cuyo estudio se escogió el método del análisis secuencial por ser una herramienta de análisis objetiva y sencilla en la investigación estratigráfica de un área. La importancia real del análisis secuencial se la puede palpar en el primer párrafo del artículo publicado por J. Delfaud en 1972. (7) que dice así :

La exploración de una cuenca sedimentaria necesita de un buen conocimiento de los cuerpos sedimentarios definidos con respecto a un marco litoestratigráfico estudiado en sentido vertical y horizontal. El establecimiento de tal investigación paralelamente al inventario biostratigráfico, constituye con mucha frecuencia lo esencial del trabajo, cuando los restos fósiles son raros.

4.1.1. ANALISIS DE LAS SECUENCIAS

Los principios del Análisis Secuencial pro-

puestos por Lombard en 1956 y publicados con ciertas modificaciones en 1972 (17), y las reformas hechas al mismo por Delfaud también en 1972 (7), son los criterios de base adoptados para la realización del presente trabajo, en conjunto con los conocimientos previos sobre ambiente de depositación y edad, determinados en los dos capítulos anteriores.

La Fig. 14 (en el sobre de mapas) representa la columna estratigráfica de 82 m. de espesor, correspondiente a Pta. Mirador. Los primeros 8 m. son representativos de los afloramientos del miembro basal de edad Eoceno medio superior - Eoceno superior (Cap. II), constituidos por secuencias monótonas de lutitas con intercalaciones frecuentes de capas centimétricas de limolitas (Cap. III) que caracterizan un primer ritmo de depositación sin tendencia alguna definida, denominado como Ritmo I. Los siguientes 74 m. corresponden al miembro superior de edad Eoceno superior (Cap. II) separado del subyacente por una superficie de segundo orden (superficie erosiva endurecida y perforada) y que constituye el inicio de un segundo ritmo de deposi

tación, denominado Ritmo II, caracterizado por una evolución general de tendencia positiva desde conglomerados gruesos hasta areniscas (Cap. III). Las primeras cuatro secuencias de este ritmo que totalizan 67 m. de espesor, son de carácter disimétrico y varían individualmente desde conglomerados hasta lutitas, separadas unas de otras por diastemas (superficies erosivas elementales); por consiguiente, estas secuencias presentan una relación de conformidad (evolución positiva) con el ritmo. Además, se nota una disminución progresiva del espesor de las secuencias (31 m. - 17,5 m. - 9,5 m. - 9 m.) y del espesor de las capas que las componen, acompañada de una disminución del diámetro de los clastos de las capas conglomeráticas. La última parte de la columna está constituida por 7 m. de alternancias de capas de arenisca y lutita sin ninguna tendencia definida, debido quizás a que representan sólo una pequeña parte de una secuencia.

4.1.2. INTERPRETACION

El Ritmo I, establecido en el Análisis Se-

cuencial y caracterizado por la presencia de material pelágico y hemipelágico (Cap. III) traduce una sedimentación calmada propia de una cuenca de talúd con una profundidad comprendida entre 2.000 y 2.500 m. y afectada por contínuos aportes de ceniza (Cap. II) . La superficie de segundo orden marca el inicio de una actividad tectónica que origina la formación de un cono de deyección submarino, cuya parte media canalizada está representada en el análisis de la columna, como Ritmo II. La actividad tectónica se presenta en períodos sucesivos, representados por las secuencias disimétricas. La primera secuencia comprende el pulso tectónico inicial que comienza con una descarga de material de origen continental, constituido por amalgamaciones de cuerpos conglomeráticos de tipo F.D. y F.G. (Cap. III) que presentan estratificación incipiente, los cuales van a mostrar mayor continuidad lateral (mejor estratificación) y reducción progresiva en el tamaño de los clastos, como consecuencia de la amortiguación incrementante de la energía del pulso tectónico, hasta que finalmente deja de actuar, depositándose material pelágico y he

mipelágico propio de la cuenca. Las tres secuencias posteriores representan de igual manera, pulsos tectónicos con aportes de material continental y lapsos de calma con sedimentación de tipo pelágica y hemipelágica. La disminución del espesor de las secuencias y de las capas constituyentes, con proliferación de cuerpos de F.G. y T_a sobre cuerpos de F.D. hacia el tope de la columna, denota una amortiguación general de la actividad tectónica. Finalmente, las intercalaciones de capas T_a y T_e del tope de la columna traducen los depósitos que marcan el borde del canal distributivo.

La descripción e interpretación detallada de la columna estratigráfica de Pta. Mirador , ha permitido establecer las características paleontológicas, sedimentológicas y secuenciales de las dos unidades estratigráficas que componen la fm. San Mateo en la zona de estudio. Se hace necesario entonces, precisar las razones por las cuales, estas dos unidades han sido consideradas como dos miembros integrantes de una misma formación y no como dos formaciones diferentes :

1. Las dos unidades presentan una continuidad cronológica, determinada por la microfauna (Cap. II); posiblemente integrantes de una biozona caracterizada por el radiolario *Lithocyclia ocellus*, subdividida a su vez en las subzonas: *Sethochytris triconiscus* (miembro inferior) y *Lithocyclia aristótelis* (miembro superior). Esta biozonación propuesta se debe investigar en afloramientos de áreas geográficas adyacentes para determinar su validez.

2. Las dos unidades son depósitos de una misma cuenca con asociaciones bióticas (microfauna bentónica y planctónica) que indican un mismo ambiente de vida (Cap. II); diferenciándose sólo litológicamente (litofacies distintas) por un cambio en el régimen de depositación al formarse el cono de deyección submarino.

3. El límite de separación entre las dos unidades está constituido por una superficie de erosión que no muestra señales de condensación estratigráfica (condensación

ción de fauna que presenta mezcla de varias biozonas), siendo por lo tanto una superficie de segundo orden según Del-faud (7) y según Dunbar y Rodgers (6) una disconformidad.

Una vez aclarada la jerarquía estratigráfica de las dos unidades, es pertinente establecer sus correlaciones :

- El miembro inferior es correlacionable litológicamente con la parte superior de la unidad que se ha definido como fm. Cerro en el Léxico Estratigráfico (4) y en las interpretaciones de pozos perforados en la zona de Manta (ver hojas geológicas 1:100.000 Manta y Montecristi). Se corresponde igualmente, con las lutitas tobáceas cremas que afloran en la zona entre Carrizal y La Soledad, consideradas en hojas geológicas de la DGGM como fm. Cayo, pero en base a estudios sedimentológicos recientes, realizados por H. Egüez (8), han sido reportadas como miembro basal de la fm. San Mateo.

En el Cap. II del presente trabajo ya se estableció la correlación cronológica del miembro inferior con muestras analizadas por Mills (20) a 1350 m. de profundidad en el pozo Manta 3 (después interpretadas por la DGGM como pertenecientes a la fm. Cerro) y con muestras tomadas al Norte del Cabo San Lorenzo por Sigal (31). Además, puede establecerse correlación con interpretaciones de Fox (1956) a partir de investigaciones realizadas con microfauna de foraminíferos en muestras aparentemente pertenecientes a la fm. Cerro (4); así como con interpretaciones establecidas por Kehrer y Van Der Kaaden (1979) a partir de investigaciones con microfauna de radiolarios y nanoplanton en muestras de la fm. Cerro, referidas en una publicación de M. Santos (28).

Debido a las consideraciones mencionadas, es opinión del autor del presente trabajo que la unidad que se ha reportado como fm. Cerro en trabajos anteriores, debe considerarse como miembro basal de la

fm. San Mateo, tal como se lo sugiere en el Léxico Estratigráfico (1977, p.89) , en el reporte presentado por J. Mills (1967, p.24) y en el reciente trabajo de tesis de H. Eguez (1985, p.85). En trabajos posteriores, se debe averiguar la correlación de este miembro inferior de la fm. San Mateo con unidades reportadas en la literatura geológica, como correspondientes a la fm. Cerro al N de la provincia de Manabí y en la provincia de Esmeraldas (fm. Punta Blanca y fm. Zapallo).

- El miembro superior es correlacionable en litofacies y biofacies con la unidad que clásicamente se ha tomado como fm. San Mateo en publicaciones anteriores , muy bien resumidas en el Léxico Estratigráfico (4). Ciertos afloramientos parecen difíciles de correlacionarse litológicamente debido a la diversidad de litología que presentan tanto en sentido vertical como lateral, lógicamente explicable debido al desarrollo de conos de deyección submarinos en cuencas de talúd

vecinas. Este modelo de depositación, parece repetirse también en el borde sur de la cordillera Chongón-Colonche, con los depósitos del denominado grupo Ancón (4) correlacionable en edad con la fm. San Mateo, según estudios paleontológicos anteriores, y también correlacionable en ambiente de depositación, según estudios sedimentológicos realizados recientemente por los geólogos del proyecto ESPOL-ORSTOM.

Por último vale decir que el objetivo principal de establecer estas correlaciones, es el de unificar unidades estratigráficas que no tienen razón ni sedimentológica ni paleontológica para encontrarse con nombres diferentes, y al mismo tiempo contribuir a la simplificación de la Estratigrafía de la costa ecuatoriana.

CAPITULO V

PALEOGEOGRAFIA

5.1. MODELO PALEOGEOGRAFICO

Los afloramientos de la fm. San Mateo, presentes en la zona de estudio, son testigos de la sedimentación en una cuenca de talúd de fosa, la cual forma parte de un prisma de acreción, en la actualidad ex puesto subaéreamente a más de 500 m.s.n.m. (18) y creado como consecuencia de la subducción de una placa oceánica frente a las costas del Ecuador; sis tema que se encuentra activo; según Feininger (1975), desde el Maestrichtiano (≈ 70 m.a.).

La historia de depositación de la cuenca, se inició con seguridad a principios del Eoceno medio (≈ 50 m. a.) con el depósito de las calizas batiales de la fm. San Eduardo (para descripción litológica detallada, ver el Léxico Estratigráfico, pp. 281-282); teniendo como basamento la corteza oceánica acrecio nada (fm. Piñón), visible en la Isla Salango y en una saliente continental frente a la isla, y los se dimentos profundos de la fm. Cayo, visibles al N del área de estudio; estas calizas, no expuestas en

la actualidad en la zona (solo bloques en el Río El Pital), provienen de la erosión de arrecifes que se formaron en el borde de un arco volcánico, constituido por la exposición subaérea del prisma de acreción localizado probablemente entre la cuenca de antearco y la fosa (Fig. 15), y al cual se lo puede denominar como protocordillera Chongón-Colonche. En el Eoceno medio superior (≈ 45 m.a.) se produjo una fase de volcanismo en la protocordillera, representada al E de la zona de estudio, en la localidad de El Pital (Mapa I), por basaltos que engolfan bloques de caliza de la fm. San Eduardo (coord. $5^{\circ}247/98^{\circ}263$); mientras que en la cuenca propiamente dicha, entre los 2.000 y 2.500 m. de profundidad (Cap. II), se producía la sedimentación de material pelágico y hemipelágico, constituido principalmente por ceniza volcánica proveniente del volcanismo antes mencionado, que conformó el miembro inferior de la fm. San Mateo. La actividad de este volcanismo (denominado como V_5 por Labrousse, 1985) parece prolongarse un poco más allá del límite entre el Eoceno medio y el Eoceno superior, debido a la depositación siempre tobácea del miembro inferior. En el Eoceno superior ($\approx 45-37$ m.a.), una fase orogénica ya detectada en otros lugares de la margen pacífica de Sudamérica (30), se manifestó produciendo un período

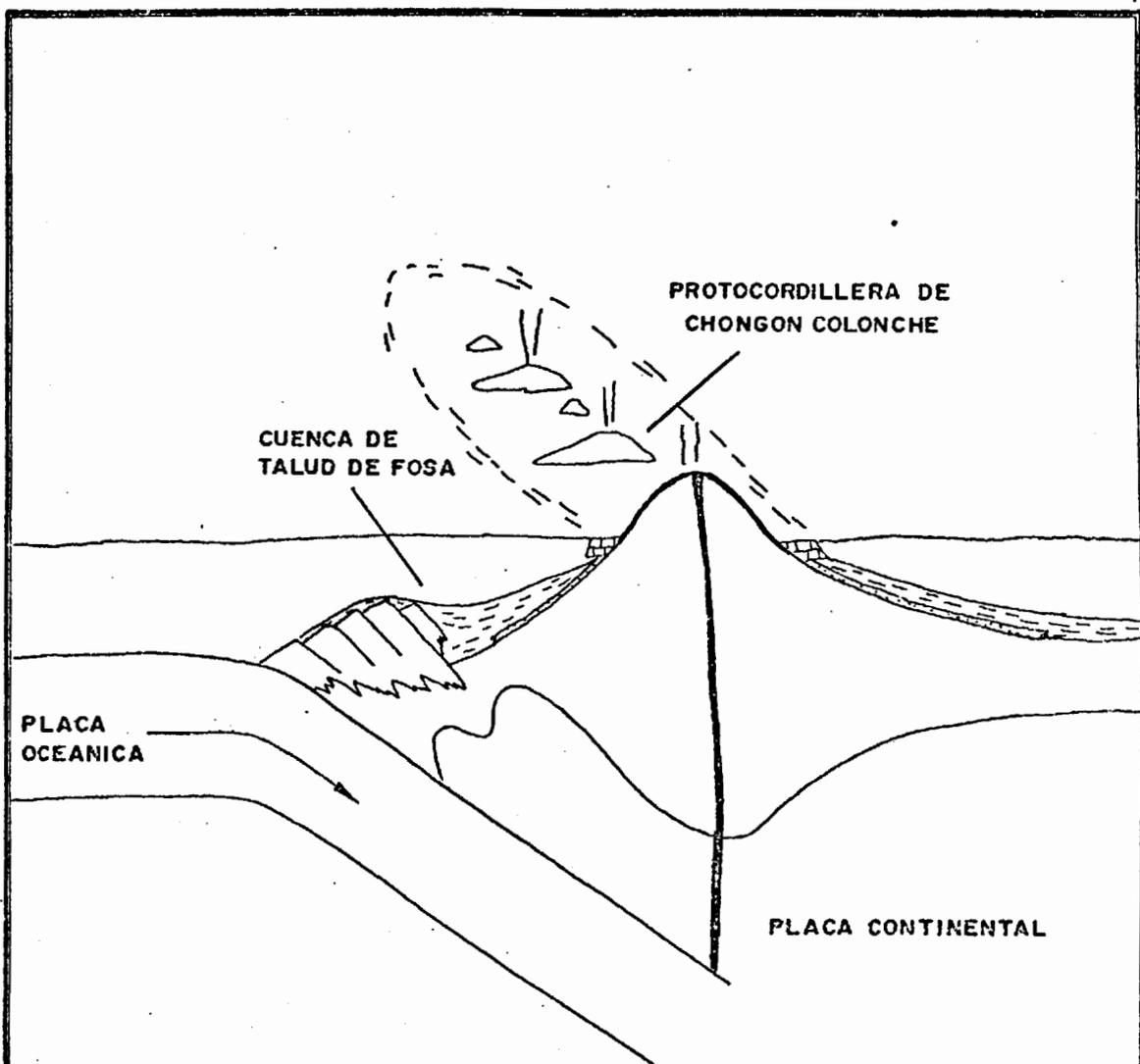


Fig. 15 Esquema paleogeográfico de la deposición del miembro inferior de la fm. San Mateo. Tomado de Labrousse (1985).

tectónico de levantamiento del talúd de la protocordillera que causó la formación de un cono de deyección submarino, cuyo material constituyente (Cap. III) provino de la erosión de la protocordillera ; este cono submarino tuvo un eje con una dirección de 310° azimuth (Cap. III), relacionado quizás con una falla axial (27), producida en el talúd por causa del levantamiento y que sirvió como lugar de emplazamiento del cañón submarino; en la actualidad , en el área de estudio, sólo es posible ver en afloramientos la parte media del cono de deyección (Cap. III), mientras la parte externa se encuentra bajo el mar y la parte interna y el cañón ya han sido erosionados. La depositación causada por el cono de deyección llegó a constituir el miembro superior de la fm. San Mateo. Al término del Eoceno superior y comienzos del Oligoceno la cuenca parece haber sufrido una emersión total que fue generalizada a toda la parte sur de la costa ecuatoriana (hiato del Oligoceno inferior al medio), pero en esta cuenca la emersión parece haberse mantenido inclusive durante el depósito de la fm. Tosagua que no se la conoce en afloramientos en la zona de estudio.

Para concluir, se debe hacer notar que se ha comprobado, por investigaciones de campo dentro del pro-

yecto ESPOL-ORSTOM, la existencia de modelos similares de depositación al de la cuenca estudiada, en los bordes de lo que actualmente constituye la cordillera de Chongón-Colonche (Fig. 16). Es decir, formación de cuencas de talúd con desarrollo de conos de deyección submarinos, con sus ejes siguiendo direcciones marcadas por el borde del arco volcánico que en esa época constituía la protocordillera de Chongón-Colonche.

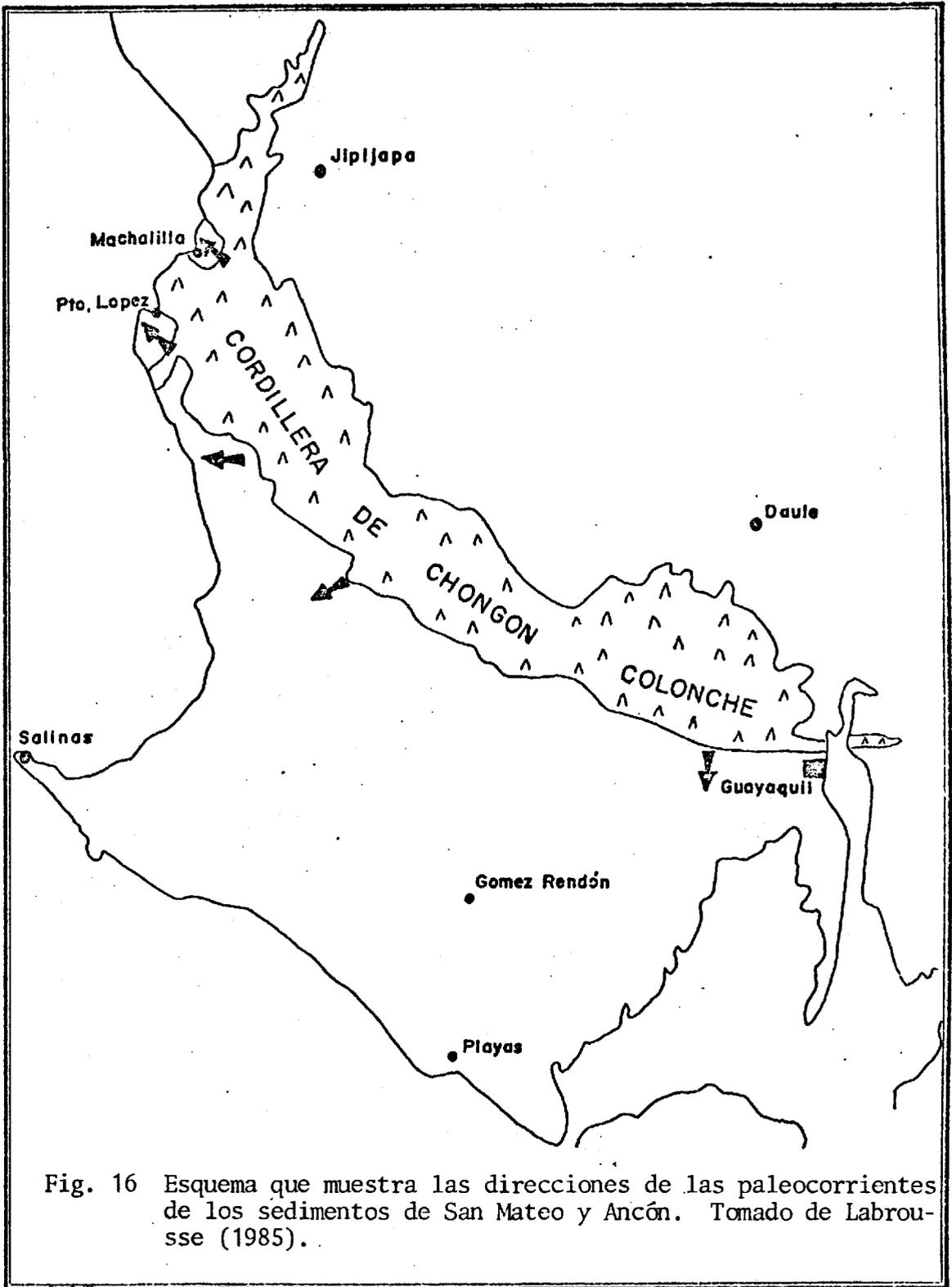


Fig. 16 Esquema que muestra las direcciones de las paleocorrientes de los sedimentos de San Mateo y Ancón. Tomado de Labrousse (1985).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las conclusiones del presente estudio son las siguientes:

1. Los afloramientos de la fm. San Mateo presentes en la zona estudiada, tienen una edad que va del Eoceno medio superior al Eoceno superior (? zona *Lithocyclia ocellus*) y fueron depositados en una cuenca de talúd de fosa con una profundidad entre 2.000 y 2.500 m. que recibió contínuos aportes de ceniza, debido a la cercanía a un área volcánica activa.
2. Según el análisis de las asociaciones de microfauna (foraminíferos y radiolarios), los cuerpos sedimentarios y las secuencias de depositación, la fm. San Mateo en la zona de estudio, se puede dividir en dos miembros.
3. El miembro inferior de edad Eoceno medio superior-Eoceno superior (? subzona *Sethochytris triconiscus*), constituido por secuencias de lutitas que corresponden a un Ritmo I de depositación monótona de material pelágico y hemipelágico (Facies G), propio de la profundidad de la cuenca. Este miembro es correlacionable en litofacies y biofacies con la unidad estratigráfica, conocida al N del área de estudios, como fm. Cerro.

4. El miembro superior de edad Eoceno superior (? subzona *Lithocyclia aristotelis*) está constituido por secuencias de conglomerados con intercalaciones de lutitas y secuencias de areniscas que representan un Ritmo II de depositación, típico de la parte media canalizada de un cono de deyección submarino (Facies A, B, E y G) desarrollado en la cuenca, con un eje de dirección 310° azimuth. Este miembro es correlacionable con los depósitos clásicos reportados como fm. San Mateo y con los depósitos de la unidad stratigráfica Ancón.

5. La cordillera que hoy se conoce con el nombre de Chongón Colonche, para la época de depositación de los sedimentos de la fm. San Mateo, constituyó un arco volcánico activo que actuó como área fuente de los materiales que rellenaron la cuenca.

6. El área de estudio presenta posibilidades hidrocarbúferas, debido a las características de depositación profunda con aportes de material orgánico continental (observable en ciertos afloramientos) rápidamente enterrado junto a material detrítico y volcánico.

Para futuros trabajos, se deben tomar en cuenta las siguientes recomendaciones :

1. Es necesario el estudio sedimentológico y micropaleontológico de la fm. San Mateo, aflorante en áreas diferentes a la del presente estudio, para corroborar su depositación en ambiente marino profundo y la subdivisión estratigráfica propuesta.
2. Es necesario el estudio micropaleontológico detallado de las asociaciones de radiolarios (evidentemente abundantes) de la fm. San Mateo, en áreas adyacentes, con el fin de establecer la validez de la biozonación sugerida en el Cap. IV del presente trabajo.
3. El inicio de una campaña de prospección hidrocarburífera costa afuera, en la plataforma continental adyacente al área Pto. López-Salango, donde se encuentran el borde de la parte media y la parte externa del cono de deyección submarino, propicias para el entrapamiento de petróleo.

A N E X O S

A. DESCRIPCION DE MUESTRAS MICROPALAEONTOLOGICAS

En la descripción de las muestras micropaleontológicas fértiles, para dar una idea de la abundancia relativa de los taxones se ha utilizado la siguiente simbología :

x. poco abundante

xx. abundante

xxx. muy abundante

MUESTRA NT1

Muestra tomada en un horizonte de arenisca fina. Se presenta totalmente estéril en contenido fosilífero.

MUESTRA NT2

Muestra tomada en una capa de lutita. Se presenta muy pobre en contenido fosilífero, sólo unos cuantos caparazones discoidales de radiolarios.

MUESTRA NT3

Muestra tomada en un horizonte de arenisca fina. Totalmente estéril en contenido fosilífero.

MUESTRA NT4

Muestra tomada en una capa de arenisca de grano medio. To

talmente estéril en contenido fosilífero.

MUESTRA NT5

Muestra tomada en una capa de lutita. Se presenta rica en contenido fosilífero, con una microfauna de radiolarios predominante sobre la de foraminíferos. Los radiolarios se presentan bien conservados, pero los foraminíferos presentan huellas de desgaste y corrosión y todos presentan sus caparazones reemplazados en sílice (SiO_2). La siguiente es la lista de la microfauna encontrada :

FORAMINIFEROS

- Bathysiphon spp. (xx)
- Bolivinitidos (corroidos y deformados) (xx)
- Eponides sp. (desgastado) (x)
- Florilus spp. (desgastados) (x)
- Globigerina spp. (desgastados) (xx)
- Globorotalia spp. (desgastados) (xx)
- Nodosarínidos (fragmentados, desgastados) (xx)
- Polymorfínidos (desgastados) (x)
- Pyrulina sp. (corroído, desgastado) (x)
- Uvigerina sp. (desgastada) (x)

RADIOLARIOS

- Artostrobos sp. (x)
Cannobotrys sp. (x)
Cenodiscus spp. (xxx)
Cenosphaera spp. (xxx)
Coccolarcus spp. (xx)
Cyrtoalpis sp. (x)
Dictyomitra (Dictyomitra) sp. (x)
Ellipsostylus spp. (x)
Ellipsoxiphus (Ellipsoriphetta) spp. (xx)
Eusyngium cf. fistuligerum (x)
Lithocampana sp. (xxx)
Lithocyclia ocellus (xx)
Periphaena spp. (xx)
Phacodiscus spp. (xx)
Phormocyrtis cf. striata (x)
Sethochytris triconiscus (xx)
Xiphatractus (Xiphatractus) sp. (x)

OTROS

- Espículas de equinodermos (xxx)
Espículas de esponjas (x)
Dientes de peces (x)

MUESTRA NT 6

Muestra tomada en una capa de lutita (ver Fig. 16). Constituye una muestra fértil en contenido fosilífero con una microfauna de radiolarios predominante sobre la de foraminíferos. Los radiolarios presentan buena conservación; mientras que los foraminíferos presentan huellas de desgaste y corrosión; sobre todo los caparazones seriales, y en general todos muestran reemplazo de sílice en los caparazones. La siguiente es la lista completa de la microfauna encontrada :

FORAMINIFEROS

- Bathysiphon spp. (xx)
- Bolivinitido (corroído) (x)
- Bulimínido (corroído, desgastado) (x)
- Rotálido (corroído) (x)

RADIOLARIOS

- Cenodiscus spp. (xxx)
- Cenosphaera spp. (xxx)
- Lithocampana sp. (xx)
- Lithocyclia aff. ocellus (xx)
- Phacodiscus sp. (xx)

Sethodiscinus spp. (xx)

Trochodiscus sp. (x)

OTROS

Diatomeas centradas (xx)

MUESTRA NT7

Muestra tomada en una concreción carbonatada dentro de capas de lutitas (ver Fig. 16). El análisis de la muestra realizado mediante una lámina delgada, demostró la presencia de microfauna poco abundante, constituida por caparazones de radiolarios de tipo espumelario y foraminíferos del género *Bolivina*.

MUESTRA NT8

Muestra tomada en un horizonte de lutita (ver Fig. 16). Se presenta rica en contenido fosilífero, con una asociación microfaunística en la cual predominan los radiolarios sobre los foraminíferos. Los radiolarios están bien conservados; mientras que ciertos foraminíferos planctónicos muestran deformación y ciertos bentónicos muestran desgaste y corrosión, eso sí todos los foraminíferos sin excepción presentan reemplazo en sílice. La lista a con-

- Druppula spp. (xx)
 Ellipsostylus spp. (xx)
 Hagiastrum (Hagiastrum) sp. (x)
 Heliodiscus spp. (xx)
 Hymeniastrum sp. (x)
 Lithocyclia aff. ocellus (xx)
 Periphaena spp. (xx)
 Phacotriactis sp. (x)
 Sethocyrtis sp. (x)
 Sethodiscinus spp. (xx)
 Sethostylus sp. (x)
 Theodiscus spp. (xx)
 Trocodiscus spp. (xx)

OTROS

- Diatomeas centradas (x)
 Dientes de peces (x)
 ? Ostrácodos (x)

MUESTRA NT9

Muestra tomada en un horizonte de lutita (ver Fig. 16).
 Es rica en microfósiles que presentan una asociación con
 igual contenido de radiolarios y foraminíferos. La con-
 servación de los caparazones de ambos grupos es buena y

todos los foraminíferos sin excepción muestran silicificación. La lista de la asociación encontrada es la siguiente :

FORAMINIFEROS

- Bathysiphon spp. (xxx)
- Bulimina sp. (xx)
- Globigerapsis spp. (xx)
- Globorotalia aff. bolivariana (x)
- Globorotalia spp. (xx)
- Güembelitria sp. (x)
- Gyroidina spp. (xxx)
- Gyroidinoides spp. (xxx)
- Haplophragmoides sp. (xx)
- Lenticulina sp. (x)
- Lituola sp. (x)
- Nonion sp. (x)
- Osangularia spp. (xxx)
- Textularia nipeensis (xx)
- Turrilina sp. (x)
- Uvigerina spp. (xx)
- Vulvulina sp. (x)

RADIOLARIOS

- Archicapsa sp. (x)

Astrocyclia sp. (x)
Cenellipsis spp. (xx)
Cenodiscus spp. (xxx)
Cenosphaera spp. (xxx)
Distriactis sp. (x)
Druppula spp. (xx)
Hagiastrum (Hagiastrum) spp. (xx)
Lithocyclia aff. aristotelis (xx)
Lithocyclia aff. ocellus (xx)
Pipettella sp. (x)
Sethodiscinus (Sethodiscinus) spp. (xxx)
Stauralastrum (Stauralastromma) sp. (xx)
Trochodiscus spp. (xx)
Zonodiscus spp. (xx)

OTROS

Espículas de equinodermos (x)

MUESTRA NT10

Muestra tomada en una capa de arenisca fina. Estéril en contenido fosilífero.

MUESTRA NT11

Muestra tomada de un horizonte de arenisca gruesa. Se presenta estéril en contenido fosilífero.

MUESTRA NT12

Muestra tomada en una capa de lutita. Se presenta pobre en contenido fosilífero, con unos pocos radiolarios de caparazonas discoidales y esféricos difíciles de identificar al nivel de género.

MUESTRA NT13

Muestra tomada en una capa de arenisca fina. Estéril en contenido fosilífero.

MUESTRA NT14

Muestra tomada en una capa de arenisca fina. Se presenta estéril en contenido de fósiles.

MUESTRA NT15

Muestra tomada en un horizonte de arenisca de grano medio.

Se presenta totalmente estéril en contenido fosilífero.

MUESTRA NT 16

Muestra tomada en una capa de lutita. El contenido fosilífero es pobre, mostrándose sólo unos cuantos caparazones de radiolarios discoidales difíciles de identificar al nivel de género.

MUESTRA NT 17

Muestra tomada en una capa de arenisca fina. Es una muestra estéril en contenido fosilífero.

MUESTRA NT 18

Muestra tomada en una capa de lutita. Se presenta pobre en contenido fosilífero con unos pocos caparazones de radiolarios esféricos, foraminíferos rotos y espinas de equinodermos.

MUESTRA NT 19

Muestra tomada en una capa de lutita. El contenido fosilífero es regular, presentando una asociación donde predomina

minan los radiolarios sobre los foraminíferos. Los caparazones de foraminíferos presentan en su mayoría huellas de corrosión, mientras que los de radiolarios están bien conservados. Sin excepción, todos los caparazones de foraminíferos tienen reemplazo en sílice. La lista de los especímenes encontrados está a continuación :

FORAMINIFEROS

Bathysiphon sp. (xxx)
 Bolivina spp. (corroidos) (xx)
 Bulimina sp. (corroido) (x)

RADIOLARIOS

Cenodiscus spp. (xxx)
 Cenospaera spp. (xxx)
 Druppatractus sp. (x)
 Heliodiscus sp. (xx)
 Heliosphaera sp. (x)
 Melitosphaera (Cerasosphaera) spp. (xx)
 Triactis sp. (xx)

MUESTRA NT 20

Muestra tomada en una capa de lutita. Es una muestra ri-

ca en microfósiles, con una predominancia clara de los caparazones de radiolarios sobre los de foraminíferos. Los pocos ejemplares de foraminíferos están corroídos y reemplazados en sílice, mientras que los radiolarios se presentan bien conservados, con abundancia de caparazones discoidales concéntricos y con desarrollo de tres y cuatro brazos. La lista completa de los especímenes encontrados, es la siguiente :

FORAMINIFEROS

Bolivina sp. (x)
 Bulimínido (x) (corroído)

RADIOLARIOS

Actinomma (Actinomma) sp. (x)
 Astractura sp. (x)
 Astrocyelia spp. (xx)
 Cenodiscus sp. (xx)
 Cenosphaera spp. (xxx)
 Coccolarchus spp. (x)
 ? Cornutella sp. (x)
 Cyrtocalpis sp. (x)
 Hagiastrum spp. (xx)
 Haliomma spp. (xx)

- Heliodiscus spp. (xx)
Hymenactura (Hymenactura) sp. (xx)
Hymeniastrum (Hymeniastrum) sp. (x)
Hymeniastrum (Hymeniastromma) sp. (xx)
Lithocampana lithoconella (x)
Lithocyclia aristotelis (xx)
Lithocyclia aff. ocellus (xx)
Lychnocanium (Lychnocanella) sp. (x)
Rhopalastrum (Rhopalastromma) sp. (xx)
Sethodiscinus (Sethodisculus) sp. (x)
Sethodiscinus sp. (xx)
Spongolonche sp. (x)
Spongotrochus (Stylospongidium) cf. echinodiscus (x)
Staurococcura sp. (xx)
Triactis sp. (xx)

OTROS

- Espículas de equinodermos (corroidas) (xx)

MUESTRA NT 21

Muestra tomada en un horizonte de arenisca de grano medio.
Es totalmente estéril en contenido fosilífero.

MUESTRA NT 22

Muestra tomada en una capa de arenisca fina. Se presenta estéril en contenido fosilífero.

MUESTRA NT 23

Muestra tomada en una capa de arenisca fina. Se presenta estéril en contenido fosilífero.

MUESTRA NT 24

Muestra tomada en una capa de lutita. Es pobre en contenido fosilífero, con unos cuantos caparazones esféricos de radiolarios.

MUESTRA NT 25

Muestra tomada en una capa de lutita. Es pobre en contenido fosilífero, con caparazones esféricos y discoidales de radiolarios imposibles de identificar al nivel de género y con fragmentos de caparazones de foraminíferos.

MUESTRA NT 26

Muestra tomada en una capa de arenisca fina. Se presenta

estéril en contenido fosilífero.

MUESTRA NT 27

Muestra tomada en una capa de arenisca fina. Se presenta estéril en contenido fosilífero.

MUESTRA NT 28

Muestra tomada en una capa de lutita. Es pobre en contenido fosilífero presentando sólo unos cuantos caparazones esféricos de radiolarios.

MUESTRA NT 29

Muestra tomada en un horizonte de arenisca de grano medio. Es estéril en contenido fosilífero.

MUESTRA NT 30

Muestra tomada en un horizonte de arenisca fina. Se presenta estéril en contenido fosilífero.

MUESTRA NT 31

Muestra tomada en una capa de lutita. El contenido fosi-

lífero es pobre, con solo unos cuantos caparazones de radiolarios espumelarios, imposibles de identificarlos al nivel de género.

MUESTRA NT 32

Muestra tomada en un horizonte de arenisca fina. Es estéril en contenido fosilífero.

MUESTRA NT 33

Muestra tomada en un horizonte de arenisca de grano medio. Se presenta estéril en contenido fosilífero.

MUESTRA NT 34

Muestra tomada en un horizonte de arenisca fina. Es estéril en contenido fosilífero.

MUESTRA NT 35

Muestra tomada en un horizonte de lutita. El contenido es regular, presentándose sólo caparazones de radiolarios. La lista de los especímenes encontrados es la siguiente:

RADIOLARIOS

- Cenodiscus spp. (xxx)
Cenosphaera spp. (xxx)
Coccolarcus spp. (xx)
Heliodiscus sp. (x)
Lithocyclia cf. ocellus (xx)
Periphaena sp. (x)
Phacostylus (Astrostylus) sp. (x)
Sethodiscinus spp. (xx)
Staurococcura sp. (x)

MUESTRA NT 36

Muestra tomada en una capa de arenisca fina. Se presenta estéril en contenido fosilífero.

MUESTRA NT 37

Muestra tomada en una capa de arenisca de grano medio. Es estéril en contenido fosilífero.

MUESTRA NT 38

Muestra tomada en un horizonte de lutita. Se presenta pobre en contenido fosilífero, con unos cuantos caparazones

de radiolarios no identificables al nivel de género.

MUESTRA NT 39

Muestra tomada en un horizonte de arenisca fina. Es estéril en contenido fosilífero.

MUESTRA NT 40

Muestra tomada en un horizonte de arenisca de grano medio. Es estéril en contenido fosilífero.

MUESTRA NT 41

Muestra tomada en un horizonte de lutita. El contenido fosilífero es pobre, sólo aparecen caparazones de radiolarios en número reducido e imposibles de identificar al nivel de género.

MUESTRA NT 42

Muestra tomada en una capa de arenisca fina. Se presenta estéril en contenido fosilífero.

na en el caso de los radiolarios y foraminíferos aglutinados. La lista de los especímenes encontrados, es la siguiente :

FORAMINIFEROS

Ammobaculites sp. (x)

Bathysiphon sp. (x)

RADIOLARIOS

Cenellipsis sp. (x)

Cenodiscus spp. (xx)

Dorylonchidium (Dorylonchidium) aff. monoxiphos (x)

Drupptractus (Drupptractylis) sp. (x)

Druppula (Druppula) spp. (xx)

Ellipsoidum sp. (x)

Flustrella (Discospira) sp. (x)

Heliosoma (Heliosoma) sp. (x)

Heliosphaera (Heliosphaera) sp. (x)

Melitosphaera (Cerasosphaera) cf. mínima (x)

Sethodiscinus sp. (x)

OTROS

Diatomeas centradas (xx)

Espículas de esponjas : monaxonas, tetraxonas, triactínicas (xx)

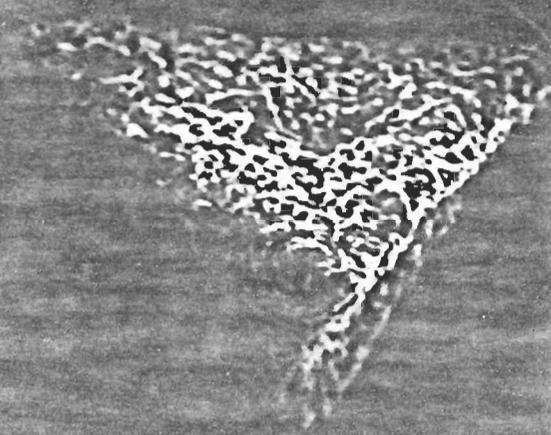
**B. FOTOGRAFIAS DE MICROFOSILES TOMADAS EN EL MICROSCOPIO
ELECTRONICO DE BARRIDO DEL INSTITUTO NACIONAL DE HIGIENE
Y MEDICINA TROPICAL**

LAMINA I

1. *Sethochytris triconiscus* (Clark and Campbell). Vista lateral donde se puede ver la forma tetrahédrica típica y la pared reticulada. (Rango estratigráfico Eoceno).
2. *Sethochytris triconiscus* (Clark and Campbell). Hacia la izquierda se tiene una vista de la base mostrando la pequeña abertura, se aprecia además la naturaleza reticulada de la pared.
3. *Bathysiphon* sp. Sars, 1872. Vista general del caparazón aglutinado en forma de bastón (Rango estratigráfico Cámbrico-Reciente).
4. *Bathysiphon* sp. Sars, 1872. Detalle de la pared aglutinada del mismo espécimen de la toma anterior, donde se puede ver la naturaleza diferente del material aglutinado.



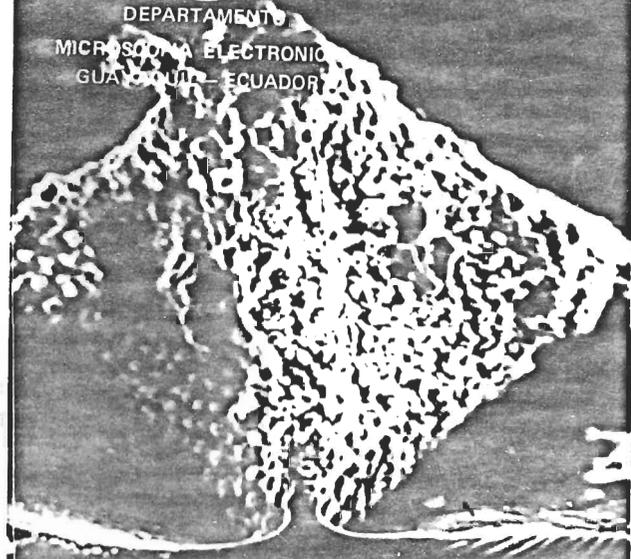
DEPARTAMENTO
MICROSCOPIA ELECTRONICA
GUAYAQUIL - ECUADOR



10016 15KV 500



DEPARTAMENTO
MICROSCOPIA ELECTRONICA
GUAYAQUIL - ECUADOR



10041 15KV 500



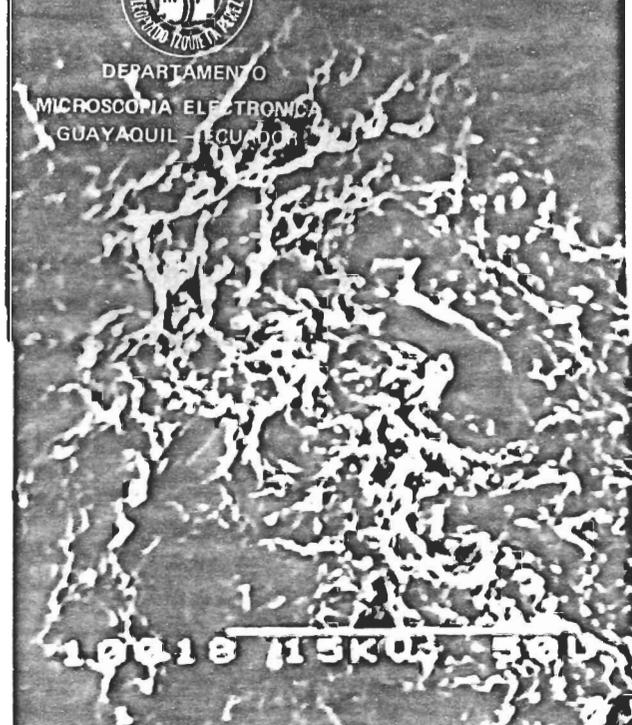
DEPARTAMENTO
MICROSCOPIA ELECTRONICA
GUAYAQUIL - ECUADOR



10017 15KV 500



DEPARTAMENTO
MICROSCOPIA ELECTRONICA
GUAYAQUIL - ECUADOR



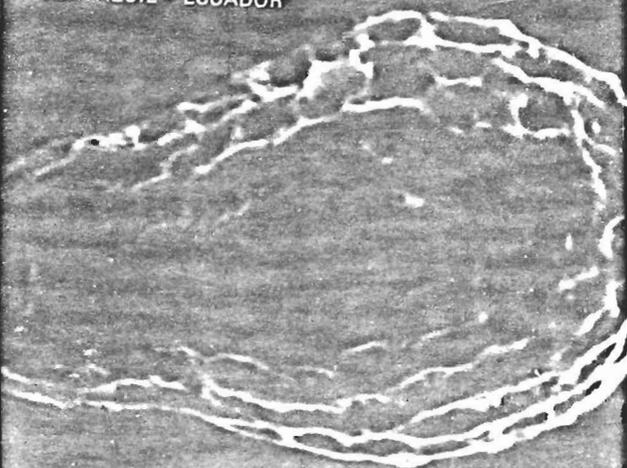
10018 15KV 500

LAMINA II

1. *Dictyocephalus* (*Streptodelus*) cf. *obesus* *Ehrenberg*. Vista del caparazón mostrando la división en céfalo y tórax, y la naturaleza reticulada de la pared (Rango estratigráfico Eoceno superior).
2. *Textularia nipeensis* *Keijzer*, 1945. Vista general del caparazón mostrando la naturaleza fina del material aglutinado (Rango estratigráfico Eoceno superior-Mioceno superior).
3. *Globorotalia* aff. *bolivariana* (*Petters*), 1954. Vista del caparazón mostrando el lado involuto (Rango estratigráfico Eoceno medio-Eoceno superior parte inferior).
4. *Lithocyclus aristotelis* (*Ehrenberg*). Vista que muestra el desarrollo de 4 brazos y la naturaleza esponjosa del caparazón (Rango estratigráfico Eoceno superior).



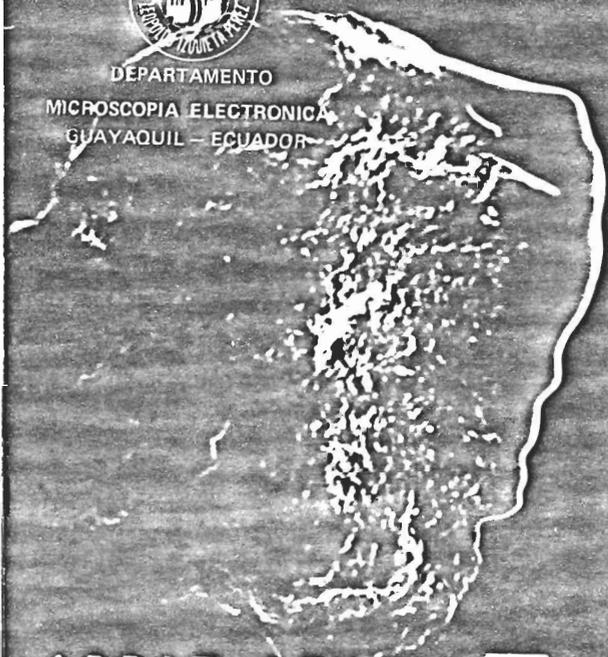
DEPARTAMENTO
MICROSCOPIA ELECTRONICA
GUAYAQUIL - ECUADOR



10038 15KV 50U



DEPARTAMENTO
MICROSCOPIA ELECTRONICA
GUAYAQUIL - ECUADOR



10013 15KV 50U



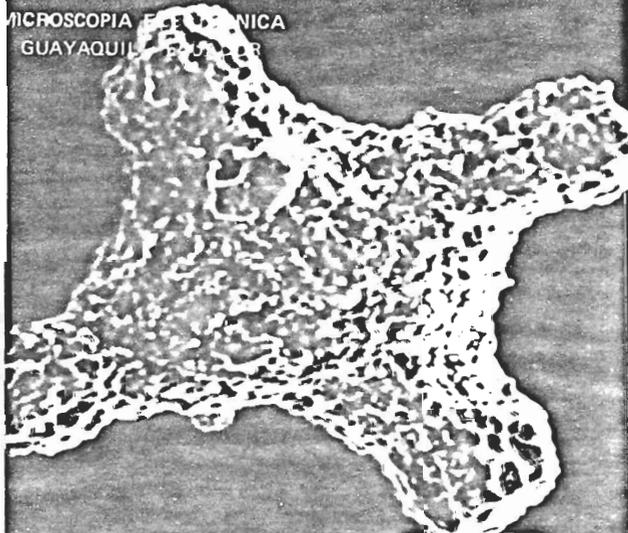
DEPARTAMENTO
MICROSCOPIA ELECTRONICA
GUAYAQUIL - ECUADOR



10024 15KV 50U



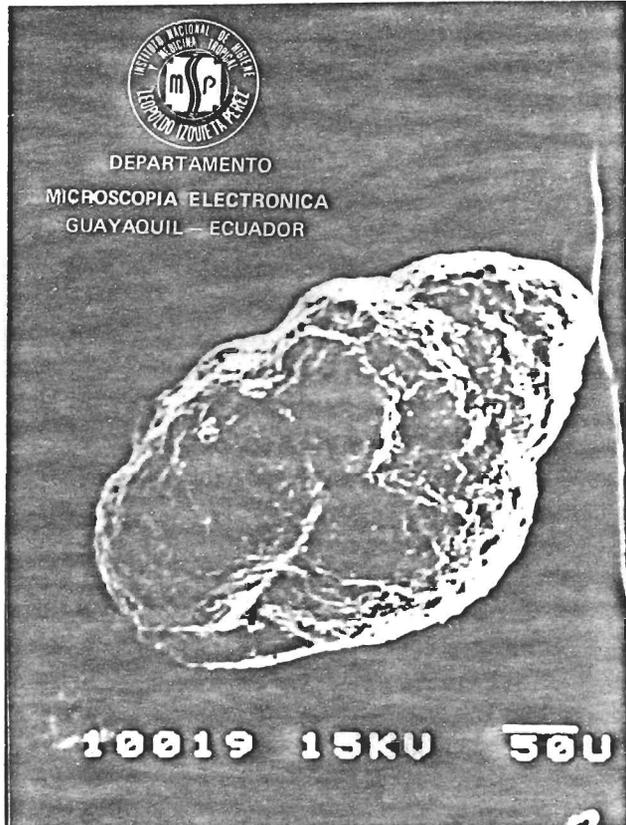
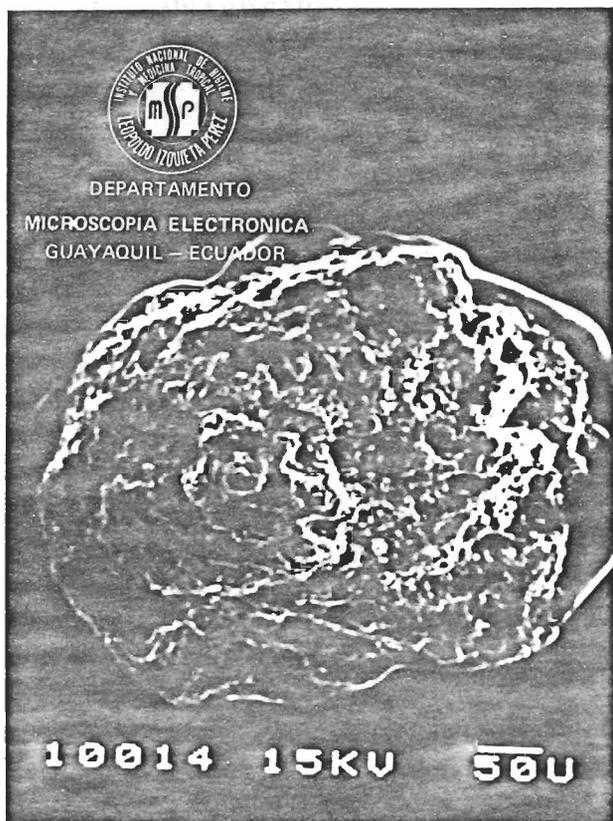
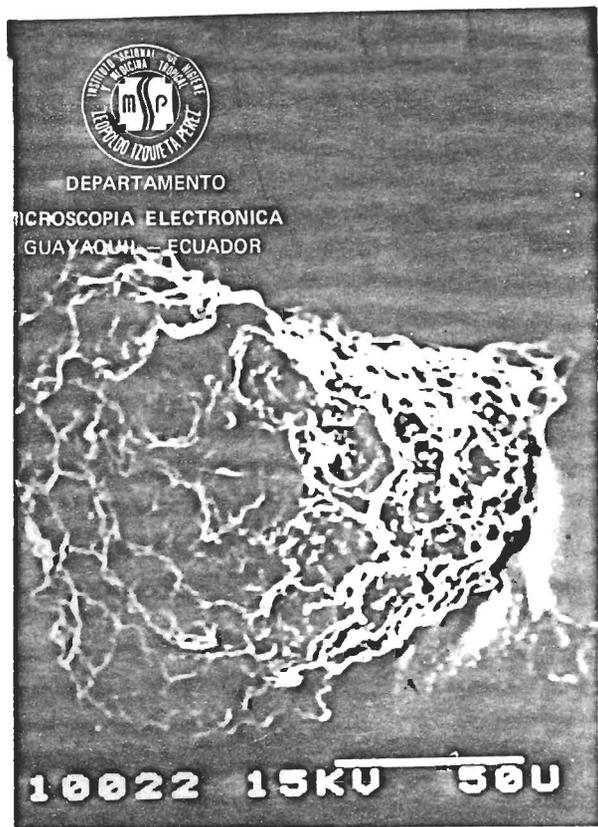
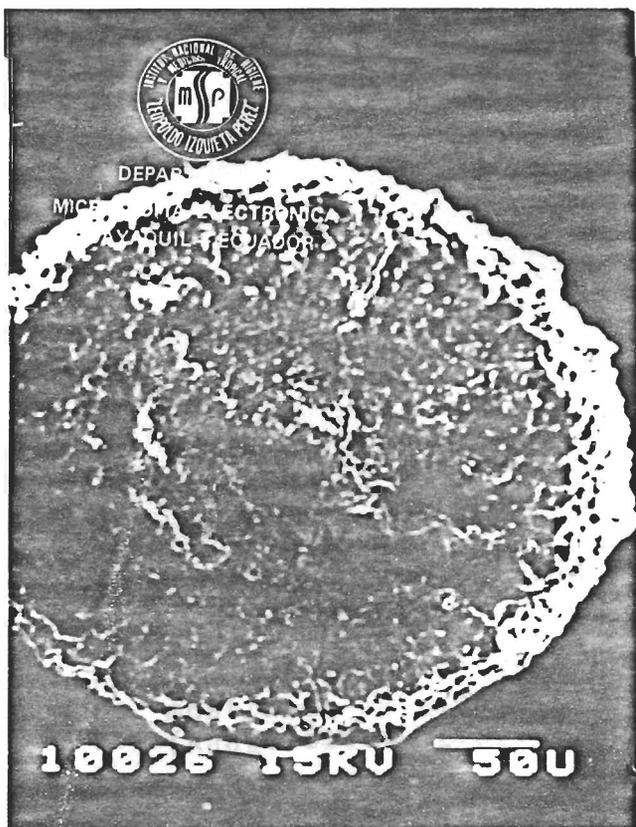
DEPARTAMENTO
MICROSCOPIA ELECTRONICA
GUAYAQUIL - ECUADOR



10039 15KV 50U

LAMINA III

1. *Lithocyclia ocellus Ehrenberg*. Vista del caparazón circular y la naturaleza esponjosa de la pared, se nota un poco el caparazón concéntrico (Rango estratigráfico Eoceno inferior parte media-Eoceno superior parte media).
2. *Lychnocanium (Lychnocanella) sp. Haeckel, 1887*. Vista del caparazón reticular de este espécimen, el cual no es posible apreciar en su verdadera forma (Rango estratigráfico Eoceno-Reciente).
3. Foraminífero rotárido que muestra señales de corrosión en el caparazón.
4. *Bulimina sp. D'Orbigny, 1826*. Vista del caparazón mostrando señales de desgaste por transporte. (Rango estratigráfico Paleoceno-Reciente).



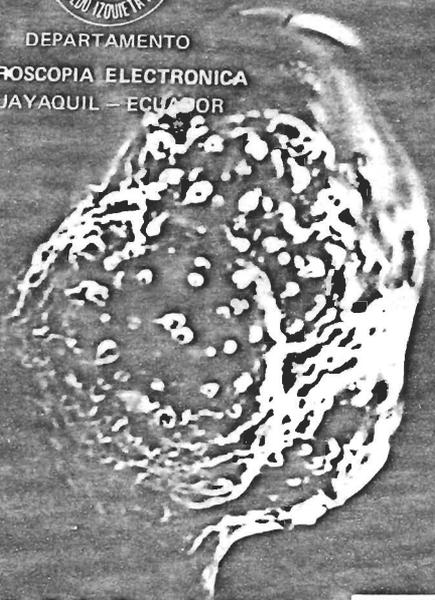
LAMINA IV

1. *Uvigerina* sp. *D'Orbigny, 1826*. Vista del caparazón mostrando la ornamentación en forma de espinas (Rango estratigráfico Eoceno-Reciente).

2. *Uvigerina* sp. *D'Orbigny, 1826*. Detalle del espécimen anterior para mostrar un acercamiento de la pared y de su ornamentación.



DEPARTAMENTO
MICROSCOPIA ELECTRONICA
GUAYAQUIL - ECUADOR



10018 15KV 50U



DEPARTAMENTO
MICROSCOPIA ELECTRONICA
GUAYAQUIL - ECUADOR



10042 15KV 50U

BIBLIOGRAFIA

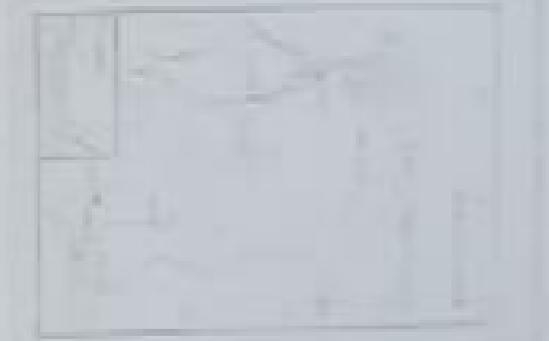
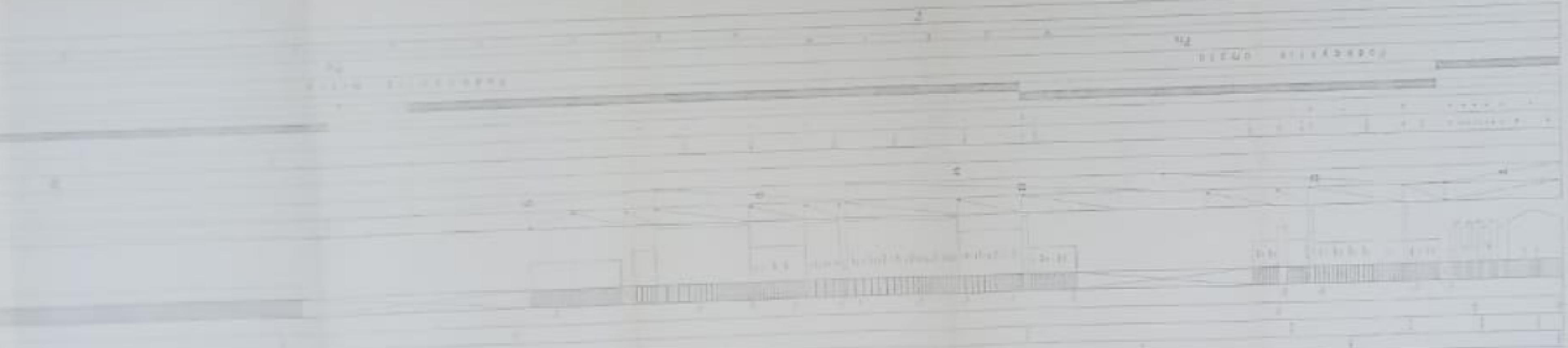
1. AMERICAN ASSOCIATION OF PETROLEUM GEOLOGISTS (AAPG). Sandstone depositional environments, Scholle and Spearing, USA, 1982, pp. 329-404.
2. BENITEZ S. Contribución al estudio de las cuencas se dimentarias del suroeste ecuatoriano, Memorias del Tercer Congreso Ecuatoriano de Ingenieros Geólogos de Minas y Petróleos, Tomo 1-A, Sección A, Guayaquil, 1983, 39 p.
3. BIGNOT G. Les microfossiles, Dunod Université, Paris, 1982, 212 p.
4. BRISTOW C., HOFFSTETTER R. Léxique stratigraphique in ternational, vol. V, Amérique Latine, Fasc. 5 a 2, Ecuador; CNRS, Paris 1977, pp. 87-89, pp. 289-292.
5. CAMACHO H. Invertebrados fósiles, Editorial Universii taria, Buenos Aires, 1966, pp. 71-149.
6. CORRALES I. ET AL. Estratigrafía, Editorial Rueda, Madrid, 1977, 718 p.
7. DELFAUD J. Application de l'analyse séquentielle a

- l'exploration lithostratigraphique d'un bassin sédimentaire. L'exemple du Jurassique et du Crétacé inférieur de L'Aquitaine, Mem. BRGM, N° 77, Paris, 1972, pp. 593-611.
8. EGUEZ H. Sedimentología y estratigrafía de la formación San Mateo, Provincia de Manabí-Ecuador, Tesis de Grado, Facultad de IGMP, ESPOL, Guayaquil, 1985, 111 p.
 9. FAUCHER B., SAVOYAT E. Esquisse géologique des Andes de l'Equateur, Revue de Géographie physique et de Géologie dynamique (2), vol. XV, fasc. 1-2, Paris, 1973, pp. 115-142.
 10. FAUCHER ET AL. A stratigraphic and micropaleontological survey, IFP, Paris, 1971, pp. 157-159.
 11. FEININGER T., BRISTOW R. Cretaceous and paleogene geologic history of coastal Ecuador, Geologische Rundschau, vol. 69, 1980, pp. 849-874.
 12. FRIEDMAN G., SANDERS J. Principles of sedimentology, John Wiley and Sons, Canada, 1978, pp. 197-217.
 13. HAQ B., BOERSMA A. Introduction to marine micropaleontology, Elsevier, New York, 1978, pp. 19-77, pp. 203-244.

14. HEDLEY R., ADAMS C. Foraminifera, Academic Press, London, 1974, pp. 1-53.
15. INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR (IGM). Atlas del Ecuador, Banco Central del Ecuador, 1982, 80 p.
16. INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO (IMP). Foraminíferos bentónicos del terciario superior de la Cuenca Salina del Istmo de Tehuantepec, México, vol. 1 y 2, 1972, 535 p.
17. LOMBARD A. Séries sédimentaires: Genese-Evolution, Ed. Masson, Paris, 1972, 425 p.
18. LONSDALE P. Ecuadorian subduction system, AAPG, vol. 62, N° 12, 1978; traducción al español por Benitez S., Barquet J., Hernández M., Guayaquil, 1983, 26 p.
19. MELENDEZ B. Paleontología, Tomo 1, Paraninfo, Madrid, 1970, pp. 231-262.
20. MILLS S. The stratigraphy of the tertiary rocks of southern Manabi and Guayas Provinces (excluding the Santa Elena Peninsula) with notes on Esmeraldas Province - Ecuador; AEO, Report SJM1, 1967, 60 p.

21. MOORE R. Treatise on invertebrate paleontology, Protista 2, part C, vol. 1 and 2, Geological Society of America and University of Kansas Press, 1964, 900 p.
22. MOORE R. Treatise on invertebrate paleontology, Protista 3, part D, Geological Society of America and University of Kansas Press, 1954, reprinted 1975, 195 p.
23. MORENO M. Estratigrafía detallada del Grupo Azúcar en los acantilados de Playas, Tesis de grado , Facultad de IGMP, ESPOL, Guayaquil, 1983, 182 p.
24. POMEROL CH. Les variations du niveau marin, Geochronique N° 9, 1984, pp. 16-20.
25. POSTUMA J. Manual of planktonic foraminifera, Elsevier Publishing Company, New York, 1971, 420 p.
26. RESIG J. Biogeography of benthic foraminifera of the northern Nazca Plate and adjacent continental margin, Geological Society of America, Memoir 154, 1981, pp. 619-665.
27. RIGBY J., HAMBLIN W. Recognition of ancient sedimentary environments, SEPM, Spec. Pub. 16, 1972, pp. 289-292.

28. SANTOS M. La subcuenca Manabí y su contexto regional, Memorias del Tercer Congreso Ecuatoriano de Ingenieros Geólogos de Minas y Petróleos, Tomo 1-B, Sección A, Guayaquil, 1983, 32 p.
29. SCHULMAN N. ET AL. Geology and groundwater possibilities of central Manabí, Ecuador; State of Israel, Ministry for Foreign Affairs, Jerusalem, 1965, 80 p.
30. SEYFERT C., SIRKIN L. Earth history and plate tectonics, Harper & Row Publishers, New York, 1973, pp. 380-421.
31. SIGAL J. Quelques acquisitions recentes concernant la chronostratigraphie des formations sedimentaires de l'Equateur, Revista Española de Micropaleontología, vol. 1, num. 2, 1969, pp. 205-236.
32. SHEPPARD G. The geology of south-western Ecuador, London, 1937.
33. STRAHLER A. Elements of physical geography, John Wiley & Sons, New York, 1979, pp. 525-529.



DIMENSIONS	
1	1.5
2	2.0
3	3.0
4	4.0
5	5.0
6	6.0
7	7.0
8	8.0
9	9.0
10	10.0
11	11.0
12	12.0
13	13.0
14	14.0
15	15.0
16	16.0
17	17.0
18	18.0
19	19.0
20	20.0
21	21.0
22	22.0
23	23.0
24	24.0
25	25.0
26	26.0
27	27.0
28	28.0
29	29.0
30	30.0
31	31.0
32	32.0
33	33.0
34	34.0
35	35.0
36	36.0
37	37.0
38	38.0
39	39.0
40	40.0
41	41.0
42	42.0
43	43.0
44	44.0
45	45.0
46	46.0
47	47.0
48	48.0
49	49.0
50	50.0
51	51.0
52	52.0
53	53.0
54	54.0
55	55.0
56	56.0
57	57.0
58	58.0
59	59.0
60	60.0
61	61.0
62	62.0
63	63.0
64	64.0
65	65.0
66	66.0
67	67.0
68	68.0
69	69.0
70	70.0
71	71.0
72	72.0
73	73.0
74	74.0
75	75.0
76	76.0
77	77.0
78	78.0
79	79.0
80	80.0
81	81.0
82	82.0
83	83.0
84	84.0
85	85.0
86	86.0
87	87.0
88	88.0
89	89.0
90	90.0
91	91.0
92	92.0
93	93.0
94	94.0
95	95.0
96	96.0
97	97.0
98	98.0
99	99.0
100	100.0