

T  
551.48  
ALU.



CIB-ESPOL

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra



CIB-ESPOL

**“CORTE GEOLÓGICO DEL NEÓGENO EN LOS  
ACANTILADOS ENTRE SANTA ROSA Y SAN JOSÉ,  
PROVINCIA DE MANABÍ”**

TESIS DE GRADO



CIB-ESPOL

Previa a la obtención del título de:

INGENIERA GEÓLOGA

Presentada por:  
Viviana Alvarez Córdova



CIB-ESPOL

Guayaquil – Ecuador



CIB-ESPOL

2002



D-34070

# AGRADECIMIENTO

A Dios, que hace todo posible.

A todas las personas que, de uno u otro modo, colaboraron en la realización del presente estudio, y a quienes me han apoyado personalmente.

A mis profesores, que contribuyeron en mi formación académica y personal.

Especialmente, a mi director de tesis, por la guía, por las ideas, por su invaluable ayuda.

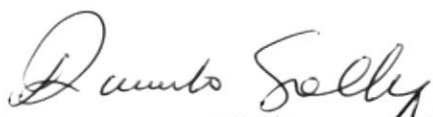
# DEDICATORIA

A DIOS

A MIS PADRES

A MI HERMANA

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



---

Ing. Ricardo Gallegos O.  
DECANO DE LA FICT



---

Dr. Stalin Benítez A.  
DIRECTOR DE TESIS



---

Ing. Galo Montenegro  
VOCAL



---

Ing. Edison Navarrete C.  
VOCAL

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

---

Viviana Alvarez Córdova

## RESUMEN

Se estudiaron las relaciones estratigráficas de la Formación Canoa en el área comprendida entre el pueblo de Santa Rosa y el balneario de San José, por la carretera, por la línea de costa y tierra adentro, en la provincia de Manabí, tomando como centro el pueblo de Pile, al N de Puerto Cayo y al S del cabo San Lorenzo. Se hicieron 9 cortes geológicos de la parte S de la península de Manta, que comprendieron un área mayor a la del presente estudio, para analizar el contexto geológico-estructural en el cual se encontraba. Se levantó un corte de 15 Km. del acantilado comprendido entre Santa Rosa al N y San José al S. Se efectuaron análisis sedimentológicos, petrográficos y bioestratigráficos de las muestras recogidas. A partir de esto se elaboró un corte geológico simplificado del acantilado y una sección cronoestratigráfica relacionada a él, y se elaboró un esquema paleogeográfico.

Como resultados, se encontró que la formación que subyace discordantemente a la Formación Canoa no es la Formación Tosagua, como lo especificaba el mapa geológico, sino la Formación Angostura; se encontró que la Formación Canoa gradúa a facies más litorales hacia su tope, por lo que se la dividió en los miembros Canoa Inferior o Canoa s.s. y Canoa Superior; se determinó la potencia de su miembro inferior (Formación Canoa s.s.) en 63 m y una potencia total, que incluye el miembro superior, en 80-85

m; se encontró que la Formación Tablazo la sobreyace discordantemente, y que los depósitos pleistocénicos post-Tablazo alcanzan potencias mayores a 60 m en el área de Pile hacia el O. Bioestratigráficamente se determinó la edad de la Formación Canoa s.s. como tope del Plioceno inferior-Plioceno medio y la edad de la discordancia bajo la Formación Tablazo como Pleistoceno basal.

Los resultados de los análisis indican que la Formación Canoa se depositó en un ambiente de plataforma interna somera, que se encontró parcialmente cerrada. Todo esto indica la instalación de una bahía que tuvo como límites: al N, el alto constituido por el cabo San Lorenzo-pueblo de El Aromo-cerro de Montecristi; al E, la Cordillera Costera; al S, el alto estructural constituido por la Formación Cayo que aflora actualmente en el cerro El Carmen y en la zona de Puerto Cayo.

## RECONOCIMIENTOS

Al personal del Centro de Investigaciones Geológicas Guayaquil – Petroproducción, por el apoyo técnico y científico brindado, en especial a la Dra. Martha Ordóñez y al Ing. Nelson Jiménez que colaboraron en el área de micropaleontología.

A la compañía EDC, por el aval que brindó para financiar la parte final del trabajo de tesis. Al Ing. Hugo Reinoso, gerente de relaciones gubernamentales de EDC, persona de amplia visión, progresista, quien apoyó el presente trabajo de investigación.



## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN .....	II
RECONOCIMIENTOS .....	IV
ÍNDICE GENERAL .....	V
ABREVIATURAS .....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	IX
ÍNDICE DE MAPAS .....	X
ÍNDICE DE CORTES .....	XI
1 INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Objetivos .....	3
1.2 Estudios Anteriores .....	4
1.3 Metodología .....	11
1.4 Localización .....	13
1.5 Clima y Vegetación .....	15
2 MARCO GEOLÓGICO REGIONAL .....	19
2.1 Marco Geotectónico y Estructural: El Sistema de Subducción Ecuatoriano .....	19
2.1.1 Dominios geotectónicos del Ecuador continental .....	19
2.1.2 La Península de Manta .....	30
2.2 Geología Histórica .....	31
2.3 Estratigrafía .....	33
3 GEOLOGÍA LOCAL .....	45
3.1 Geomorfología .....	45
3.1.1 Geomorfología de la Región y de la Zona de Estudio .....	45
3.1.2 Geomorfología de la Línea de Costa .....	48
3.2 Geología Estructural .....	55
3.2.1 Observaciones Estructurales de Campo .....	55

3.2.2	Drenaje y Estructuras .....	58
3.2.3	Análisis Morfo-estructural .....	59
3.3	Estratigrafía .....	60
3.3.1	Litoestratigrafía .....	63
3.3.1.1	Introducción Teórica .....	63
3.3.1.2	Observaciones de Campo .....	69
3.3.2	Sedimentología .....	81
3.3.3	Petrografía .....	101
3.3.4	Bioestratigrafía .....	104
3.3.4.1	Edad .....	105
3.3.4.2	Paleoambiente de Deposición .....	113
4	EVOLUCIÓN TECTONO-SEDIMENTARIA .....	124
4.1	Por formaciones .....	124
4.1.1	Formación Tosagua(?) .....	124
4.1.2	Formación Angostura .....	128
4.1.3	Formación Canoa .....	131
4.1.3.1	Miembro Canoa Inferior .....	132
4.1.3.2	Miembro Canoa Superior .....	136
4.1.4	Formación Tablazo .....	137
4.2	Discordancias .....	140
4.3	Esquema Paleogeográfico .....	142
4.3.1	Miembro Canoa Inferior .....	142
4.3.2	Miembro Canoa Superior .....	143
4.3.3	Formación Tablazo y Depósitos Pleistocénicos .....	144
4.3.4	Holoceno .....	148
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	149
APÉNDICES		
APÉNDICE A.	Análisis Sedimentológico de las Muestras .....	158
APÉNDICE B.	Petrografía de Láminas Delgadas .....	168
APÉNDICE C.	Estudio Micropaleontológico de las Muestras .....	173

APÉNDICE D. Análisis Micropaleontológico de 2 Muestras de la Cuenca Manabí (Informe Técnico No. 018-CIGG-2002) .....	210
APÉNDICE E. Fotos de Afloramientos Estudiados en Campo .....	220
BIBLIOGRAFÍA .....	226

## ABREVIATURAS

aprox.	aproximadamente
CCC	Cordillera Chongón-Colonche
CCO	Cordillera Costanera Occidental
cm.	centímetro
HCC	Herdoíza y Crespo S.A. (compañía constructora)
H.	hacienda
Ka	kilo-año (equivalente a mil años)
Km.	kilómetro
Ma	millón de años
mm.	milímetro
m.s.n.m.	metros sobre el nivel del mar
E	Este
N	Norte
NE	Nor-Este
N-NE	Norte – Nor-Este
NO	Nor-Oeste
O	Oeste
S	Sur
SE	Sur-Este
SO	Sur-Oeste

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1 Columnas estratigráficas de la Fm. Canoa según diferentes autores .....	6
Figura 1.2 Mapa de ubicación de la zona de estudio .....	13
Figura 2.1 Contexto geodinámico del Bloque Nor-Andino .....	20
Figura 2.2 Dominios geotectónicos-morfoestructurales del Ecuador. (A) Mapa geotectónico-morfoestructural del Ecuador. (B) Corte geológico-estructural esquemático Este-Oeste .....	21
Figura 2.3 Las cuencas del antearco ecuatoriano y nor-peruano .....	26
Figura 2.4 Modelo digital de elevación (DEM) de la Península de Manta y batimetría de la plataforma continental circundante .....	31
Figura 2.5 Mapa geológico de la zona de estudio (DGGM-IGM) .....	36
Figura 2.6 Esquema de la formación de terrazas marinas: (A) en una costa tectónicamente estable; (B) en una costa en levantamiento; (C) en una costa subsidente .....	42
Figura 3.1 Tipos de discordancias hacia un límite secuencial .....	65
Figura 3.2 Esquema ilustrando los diferentes tipos de discordancias .....	67
Figura 3.3 Rangos de edad de las muestras VAC-19, -54 y -61, representativas de la base de la Fm. Canoa .....	108
Figura 3.4 Rangos de edad de la muestra VAC-56, representativa del tope de la Fm. Canoa .....	109
Figura 3.5 Rangos de edad de la muestra VAC-55, en base a foraminíferos plantónicos .....	111
Figura 4.1 Corte geológico simplificado del acantilado entre Santa Rosa y San José .....	125
Figura 4.2 Sección cronoestratigráfica del acantilado entre Santa Rosa y San José .....	126
Figura 4.3 Las terrazas marinas de la Península de Manta. (A) Modelo digital de elevación. (B) Niveles de terrazas marinas, formadas alrededor del Cerro Montecristi, y los paleo-golfos de San Mateo al N y Pile al S .....	145

## ÍNDICE DE MAPAS

- Mapa 1 Mapa Geológico del Área de Estudio
- Mapa 2 Mapa de Ubicación de Muestras

## ÍNDICE DE CORTES

Cortes 1-9	Cortes Geológico-estructurales de la Región Sur de la Península de Manta
Corte 10	Corte Geológico Detallado del Acantilado entre Santa Rosa y San José

# Capítulo 1

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

El presente trabajo de tesis fue sugerido por el Instituto Francés para el Desarrollo en Cooperación, IRD (*Institut Français pour le Développement en Cooperation*) a través del Dr. Jean Francois Dumont, cooperante de dicha institución. Posteriormente, se concretó el apoyo del Centro de Investigaciones Geológicas – Guayaquil (CIGG) de Petroproducción y de la compañía EDC (*Energy Développement Company*).

El Centro de Investigaciones Geológicas – Guayaquil (CIGG) de Petroproducción viene realizando trabajos de investigación en la costa ecuatoriana desde hace dos décadas. Uno de sus propósitos es estudiar la evolución geológica de la región de antearco. El IRD, a través de varios cooperantes, ha realizado en la última década varios



estudios en la línea de costa ecuatoriana. EDC se encuentra actualmente explotando el gas del Golfo de Guayaquil y realiza investigaciones geológicas en la costa ecuatoriana en general y se interesa especialmente en la evolución geológica neógena.

La región de Manabí reviste un interés especial por cuanto en ella se registran los mayores cambios geológicos de épocas recientes debido principalmente a la subducción de la cordillera submarina Carnegie, y es en la península de Manta que se encuentran presentes el mayor número de niveles de terrazas marinas cuaternarias, testigos del importante levantamiento que ha sufrido dicha península. Se ha elegido la zona de Pile como área de estudio por las siguientes razones:

- Por no haber sido estudiada previamente.
- Por existir en ella todavía muchos afloramientos susceptibles a ser levantados y estudiados, que se crearon con la apertura de la carretera que une a Puerto Cayo y San Lorenzo por la costa y que, por el estado poco consolidado de los sedimentos expuestos y por el clima particularmente húmedo de la zona, no van a estar "disponibles" dentro de pocos años.
- Por encontrarse en ella particularidades geológicas de interés, tales como importantes movimientos de tierra y presencia de niveles de terrazas marinas.

- Por presentarse la Fm. Canoa pliocénica en el área, sobre la cual no se han realizado estudios recientes a detalle. Sobre este punto se justifica el estudio a detalle de los acantilados comprendidos entre la población de Santa Rosa al N y San José al S, incluyendo la localidad tipo de la formación, siendo éste indispensable para propósitos de correlación con las unidades tierra adentro.

## 1.2 Objetivos

Los objetivos generales del presente trabajo de tesis son:

- Verificar, ampliar y profundizar los conocimientos que se tienen de la Formación Canoa del Plioceno medio.
- Establecer las condiciones paleoambientales y paleogeográficas anteriores al depósito de la Formación Canoa.
- Definir los cambios tectónico-estructurales que se han sucedido desde el momento de depositación de dicha formación (Plioceno medio), en la zona de estudio.

Los objetivos específicos son:

- Realizar el levantamiento detallado de la línea de costa, entre las poblaciones de Santa Rosa y San José.

- Realizar el levantamiento de columnas estratigráficas en los cortes expuestos en la carretera Puerto Cayo-San Lorenzo, y en los poblado de Pile, Río de Caña y Santa Rosa.
- Estudiar la sedimentología, microfauna y petrografía de las diferentes muestras de campo, para definir edades y paleoambientes de depositación.
- Correlacionar las columnas de los diferentes sitios, e integrar la información obtenida durante el trabajo de laboratorio, para obtener un modelo paleogeográfico y verificar actividad tectónica y migración de movimientos.
- Ampliar el modelo paleogeográfico hasta incluir la depositación de sedimentos cuaternarios que cubren a la Formación Canoa.

### 1.3 Estudios Anteriores

El término "Formación Canoa" fue utilizado por primera vez en el año 1930 por Sheppard, al hacer referencia de la *Canoa silt* (limo Canoa) y la *Canoa formation* en su "*Geology of Southwest Ecuador*", Bulletin of American Association of Petroleum Geologists 14, no.3, p.287.

La definición original de la formación, según consta en el Léxico Estratigráfico del Ecuador [Bristow y Hoffstetter, 1977] es:

**Formación Canoa.- limo arenoso compacto, fosilífero, de color gris azulado en capas subhorizontales; descansa en discordancia angular sobre lutitas Punta Blanca (Eoceno-Oligoceno)[=Fm. Manta de Pilsbry y Olsson = Fm Tosagua]. Está sobrepuesta con cambio de facies por depósitos del Pleistoceno [=Fm. Tablazo y depósitos cuaternarios].**

La localidad tipo está constituida por los acantilados aflorantes en y hacia el Sur de Punta Canoa (coordenadas 0 514 000 / 9 872 300), y desde ahí continúan los depósitos pliocénicos hacia Punta San José.

Pilsbry y Olsson, en "*A Pliocene fauna from Western Ecuador*", de la Academia de Ciencias Naturales de Filadelfia, en 1941, describen la localización de la Fm. Canoa y su relación estratigráfica con las formaciones contiguas:

**Las capas pliocenas empiezan en Punta Blanca [=Punta Canoa] donde se pueden ver descansando con fuerte discordancia sobre lutitas fosilíferas del Oligoceno superior que buzando con fuerte ángulo, y de ahí se extienden al S por una distancia aproximada de 3 millas donde desaparecen buzando bajo las series superiores o pleistocénicas. En Punta Canoa [=Punta San José], aún más al S, los acantilados están formados enteramente por depósitos pleistocénicos. En algunos lugares, como cerca de la desembocadura de la pequeña y seca quebrada El Mangle, las capas pliocénicas se encuentran fuertemente plegadas y derrumbadas (*slumped*), de manera que en esta zona una sección regular o continua no puede ser seguida. Las capas pliocenas, como las pleistocenas, engrosan hacia el S, en parte como resultado de un normal adelgazamiento u *overlap* hacia el N y por la introducción de nuevos miembros.**

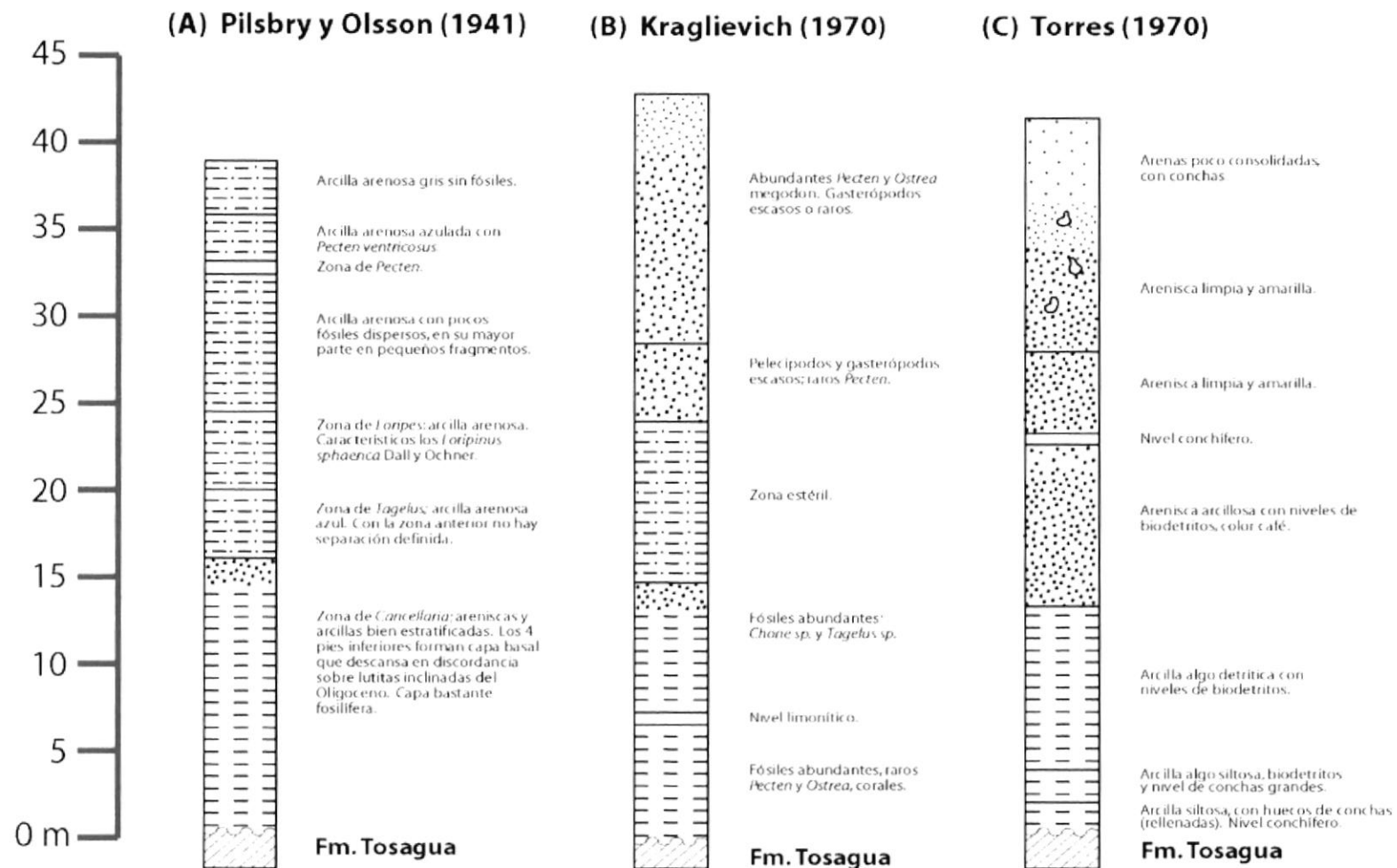


FIGURA 1.1 Columnas estratigráficas de la Fm. Canoa según diferentes autores (en Torres, 1973).

En esa publicación, Pilsbry y Olsson presentan un extenso estudio geológico y malacológico de las formaciones pliocénicas Jama y Canoa. En esta última se confirma la edad establecida por Barker en base al estudio del registro fósil. Se asigna un espesor de 42 metros, en la localidad tipo (Punta Canoa) y se distinguen 7 zonas de arriba hacia abajo en la columna estratigráfica (Fig. 1.1A):

<b>Reciente</b>	Arenas de coloración clara, margosas, con regular o fuerte estratificación cruzada. Se encuentran fósiles de <i>Arca tuberculosa</i> , <i>Potamides</i> y varias conchas terrestres.	
<b>Pleistoceno</b>	( <i>Tablazo de Manta</i> )	
Zona A	Arcillas bien estratificadas, de colores ocres o terrosos, poca arena, sin fósiles.	7-10 m
Zona B	Arenas de playa con estratificación paralela a cruzada, grises o blancas. A la base hay una arena de canal formada por fragmentos de conchas conteniendo principalmente <i>Pecten</i> y <i>Mellita</i> .	4 m
Zona C	Arenas masivas, café, sin estratificación cruzada. Localmente es común un erizo de mar pequeño e irregular. A la base hay una zona de <i>Pinnas</i> grandes, a lo largo de la cual hay una vertiente de agua cargada con carbonato. Por un tramo el contacto se ve inconforme, la subyacente formación pliocénica buzando a un ángulo ligeramente mayor.	1 m
<b>Plioceno</b>	( <i>Formación Canoa</i> )	
Zona D	Arcillas arenosas de color gris claro, sin fósiles.	3-4 m
Zona E	Arcillas arenosas azuladas, poco fosilíferas hacia arriba, más fosilíferas hacia abajo. <i>Pecten ventricosus</i> ( <i>Argopecten circularis</i> ), fragmentos de <i>Chione</i> , <i>Arca</i> y <i>Polinices</i> .	3 m
Zona F	Zona de <i>Pecten</i> : numerosos <i>Argopecten circularis</i> y <i>Ostrea Megodon</i> , <i>Anomia</i> , <i>Placunanomia</i> , <i>Panopaea</i> , <i>Dosinia grandis</i> , <i>Turritella</i> , <i>Cidaris</i> , <i>Balanus</i> y <i>Coronula</i> .	0.5 m
Zona G	Arcilla arenosa azul, maciza, con pocos fósiles dispersos en pequeños fragmentos.	8 m
Zona H	Zona de <i>Loripes</i> : arcillas arenosas azules, muy fosilíferas. Muchos fósiles, siendo los más característicos <i>Loripinus sphaerica</i> Dall & Ochsner.	5 m

Zona I	Zona de <i>Tagelus</i> : arcillas arenosas azules, muy fosilíferas. Entre esta zona y la superior no hay línea precisa de separación.	4 m
Zona J	Zona de <i>Cancellaria</i> : arenas y arcillas azules, masivas a bien estratificadas, muy fosilíferas, en sitios llenas de huecos, producto de organismos perforadores y llenos de fragmentos de concha. A la parte superior las arenas son más o menos nodulares. El último metro constituye una costra o capa basal que descansa inconformemente sobre las lutitas oligocénicas que buzanan con gran ángulo.	17 m

Los fósiles estudiados por Pilsbry y Olsson comprenden 161 especies de moluscos marinos, de los que 10 (6.2 %) son conocidos en el Mioceno, 20 (12.4 %) en la formación pliocénica Jama y 88 (54.6 %) en la fauna actual. El conjunto indica el Plioceno, poco más reciente que en Jama, pero con condiciones locales muy distintas, que explican las diferencias faunísticas.

Tschopp (1948, p. 32) colocó la formación en el Mioceno Superior sin justificar su opinión.

Bizon, del Instituto Francés del Petróleo (1970, hoja geológica de Montecristi a escala 1:100000) indicó el Plioceno medio a superior como edad de la formación. El análisis de la microfauna de las muestras recogidas en Punta Canoa y estudiadas por el Instituto Francés del Petróleo da una edad Plioceno medio a superior. Los foraminíferos incluyen *Globorotalia dutertrei* d'Orbigny, *G. cultrata* d'Orbigny,

*Globigerinoides ruber* d'Orbigny, *G. sacculifer* Brady, *Globigerina bulloides* d'Orbigny y *Pulleniatina* sp. La presencia de *Pulleniatina primalis* Banner y Blow (edad N17-N20) acota a la base como no más joven que Plioceno medio.

Kraglievich (1970), en su "Informe preliminar sobre la fauna fósil de la Formación Canoa", Archivo DGGM, concuerda con esta edad para la formación. Distingue 3 zonas, asignándole a cada una un espesor aproximado de 15 metros (Fig. 1.1B). En sucesión de abajo hacia arriba:

- A.1 Limoarcillas gris-verdes flojas, con abundantes pelecípodos y gasterópodos, con pocos Pecten; atravesada por numerosas galerías entrecruzadas de hasta 5 cm. de diámetro, rellenas de arena y detrito conchil. La forma y disposición de estas galerías, de diseño irregular, sugiere un agente orgánico, pero no se encuentra en ellas el fósil del organismo horadante. En la base de esta zona aparecen fósiles de moluscos encastrados en la infrayacente formación Tosagua.
- A.1' Estrato delgado amarillento de limoarcillas limoníticas; sugiere un nivel oxidado por exposición temporal o bajo aguas muy someras.
- A.1" Limoarcillas gris-verdes, flojas, con bastantes moluscos entre los que se destacan grandes ejemplares de *Tegelus* sp. Lamentablemente, es muy difícil recobrar estos fósiles completos, pues se desintegran fácilmente.
- B.1 Limoarcillas gris-verdes, con regular cantidad de moluscos parecidos a los de la zona A.
- C.1 Sección de arenas flojas, amarillentas, con bastante *Pecten* y *Ostrea Megodon*.

Marco Torres (1971), en su trabajo de tesis de grado "Estudio geológico y cartográfico a la escala 1:50000 de la zona comprendida entre las coordenadas 0° 55' S, 1° 20' S y 80° 45' W y la costa en la provincia de



Manabí", realiza otro levantamiento de la columna estratigráfica de la Formación Canoa en Punta Canoa (Fig. 1.1C), y en su breve artículo "Plioceno en el Suroeste de Manabí - Formación Canoa" [1973] apunta que en las columnas definidas anteriormente (Pilsbry y Olsson, Kraglievich, y Torres),

**los niveles arcillosos y arenáceos se encuentran aproximadamente a la misma altura del contacto con las arcillas de la Formación Tosagua, en las tres diferentes columnas; en igual forma, los niveles fosilíferos se hallan localizados, con bastante aproximación, a la misma altura de las diferentes columnas.**

Torres plantea que la formación se presenta con diferentes facies según la zona en que aflora. Así, hacia el Noreste, en la localidad Río de Manta, la parte arcillosa o baja de la formación desaparece y sólo se presenta como areniscas sueltas (arenas) de color amarillo conteniendo *Pecten* en buen estado y abundantes biodetritos, que se hallan en contacto con las lutitas de Tosagua "por un cambio lateral de facies o por medio de una discordancia", mientras que en las zonas de Montecristi y Membrillal se presenta como "conglomerados de elementos pequeños". Concluye que la formación Canoa cambia de facies hacia el este de su lugar típico, volviéndose más arenácea en esta dirección.

John E. Whittaker (1988), en su libro "*Benthic Cenozoic Foraminifera from Ecuador*" del Museo Británico de Historia Natural, escribe sobre la Formación Canoa:

**A continuación del levantamiento del Plioceno temprano, la sedimentación cesó en la cuenca de Manabí. Sin embargo, a lo largo de la margen costera del Ecuador, ciertas áreas se encontraban todavía sujetas a subsidencia local y a levantamiento. Al Suroeste de Montecristi, un extenso tramo de arena gris calcárea y arcilla arenosa, de hasta 40 m de potencia, llamado Formación Canoa, se depositó en tiempos pliocénicos. Ésta descansa discordantemente sobre la Formación Tosagua y está sobreyacida por, o grada a, la Formación Tablazo, un depósito de playa levantado, o más precisamente, áreas levantadas de fondo marino somero las mismas que en el SO de Ecuador y en el NO de Perú cubren extensas áreas costeras y tienen una edad Plio-Pleistocénica.**

En algunos lugares, como en la quebrada El Mangle, las capas pliocénicas se encuentran fuertemente afectadas por derrumbes, por lo que no es posible seguir ahí una sección regular o continua. Las capas pliocénicas, así como las pleistocénicas, se engrosan hacia el Sur, en parte como resultado de un normal adelgazamiento u *overlap* que se da al Norte hacia la Fm. Tosagua, en parte por la introducción de nuevos miembros, que hacen que la formación alcance los 100 m de potencia.

#### **1.4 Metodología**

La realización del estudio comprendió tres tipos de trabajo:

**Trabajo de campo:** Realización de las observaciones de campo, toma de muestras, toma de datos estructurales, registro de localización de afloramientos y de fallas, levantamiento de columnas estratigráficas y de cortes.

**Trabajo de laboratorio:** Para el presente estudio se procesaron 54 muestras para determinaciones bioestratigráficas, de las que se obtuvieron las determinaciones de paleoambiente y la edad, cuando fue posible; se realizaron y analizaron 6 láminas delgadas para estudios petrográficos; y se analizó la composición mineralógica y otros aspectos sedimentológicos de 71 muestras, ayudando esto a la determinación de la fuente de los aportes sedimentarios, condiciones de depositación y otros parámetros. Las muestras para sedimentología comprenden la totalidad de las muestras recogidas.

**Trabajo de oficina:** Incluye el análisis posterior de los resultados del trabajo de laboratorio y de las observaciones de campo, su integración en un esquema geológico-estructural y en un modelo paleogeográfico, la digitalización de columnas y cortes, de las hojas topográficas y del esquema geológico y estructural resultante.

## 1.5 Localización y Acceso

La zona de estudio se encuentra localizada al Sur de la península de Manta, en la provincia de Manabí. En la nueva carretera construida hace 3-4 años por la concesionaria Herdoíza y Crespo S.A. (HCC) se encuentra en muy buenas condiciones y permite el acceso rápido a las poblaciones que se encuentran entre Puerto Cayo y San Lorenzo. La vía entre Puerto Cayo y Santa Rosa se encuentra a menos de 4 Km. del mar y desde Santa Rosa continúa hasta San Lorenzo siguiendo la línea de costa.

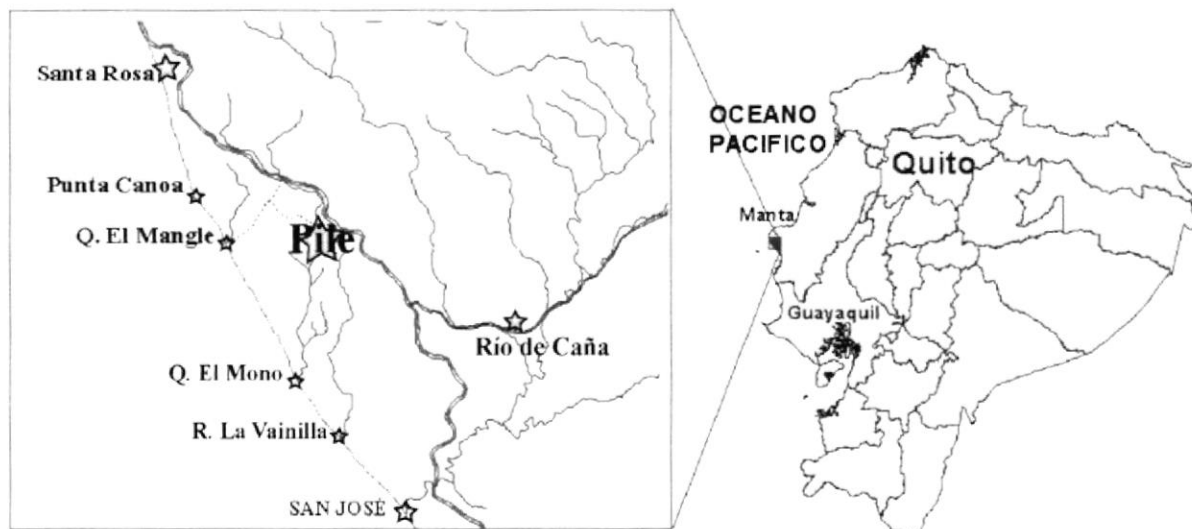


FIGURA 1.2 Localización de la zona de estudio.

Partiendo de Puerto Cayo, se entra a la zona de estudio, empezando a partir de la cantera de material pétreo que se encuentra en el último cerro en que aflora la Fm. Cayo como parte de la Cordillera Costera. Por varios kilómetros se sucede un terreno relativamente plano y bajo donde se han instalado varias piscinas camaroneras, y es casi donde termina esta morfología que se encuentra la entrada al balneario de San José, hacia el Oeste. Luego el terreno empieza a levantarse y la morfología se vuelve más accidentada, y a los pocos kilómetros se encuentra la entrada a las poblaciones de Unión y Patria y Río de Caña, al Este. A 2.5 kilómetros hacia el NO a lo largo de la vía se encuentra la entrada al poblado de Pile, asentado en la ladera izquierda del río del mismo nombre. En la cantera de Pile al S del pueblo, de donde se ha extraído arena, la carretera alcanza 120 m.s.n.m., mientras que el nivel del río Pile se encuentra a aprox. 55 m.s.n.m. La siguiente población es Santa Rosa, a 5 Km. al N de Pile, la cual se encuentra frente al mar en las orillas de una quebrada y sobre terreno muy susceptible a movimientos de tierra. De aquí la vía sigue paralela a la línea de playa, y pasa por los poblados de Río Cañas y Las Piñas, para llegar a San Lorenzo, poblado que se encuentra al Sur del cabo del mismo nombre. De aquí la carretera se desvía al E, donde se encuentra con la vía de acceso a Ligüique, y continúa al N para pasar por El Aromo y San Mateo, y finalmente llegar a Manta.

El pueblo de Pile se encuentra a 3 kilómetros del mar, separado por elevaciones que alcanzan los 120 m.s.n.m. Existe un camino antiguo que sube hacia el NO hasta la cima de una colina, donde se encuentra el caserío de Dos Cruces, para luego virar al SO y descender al mar a un punto llamado El Mangle, donde también desemboca una profunda quebrada del mismo nombre.

## 1.6 Clima, Vegetación y Uso de Suelo

En la zona de estudio se presentan, según las cartas de suelos y de aptitudes agrícolas del Ministerio de Agricultura y el PRONAREG - Ecuador [1971], cuatro regímenes de humedad del suelo:

- **Régimen árido**, al que corresponden características climáticas de **zona árida**, esto es, precipitación anual menor a 300 mm., con 12 meses secos y un déficit hídrico medio anual de 1000 mm., siendo las condiciones climáticas marginales para cultivos de ciclo corto, a excepción de las zonas con escurrimiento subterráneo (valles). Se encuentran suelos arcillosos, limosos y arenosos, según el sustrato, en general poco profundos (excepto en los valles, con  $\text{pH} > 7$  debido a la presencia de  $\text{CaCO}_3$ : son suelos bien emplazados sobre las terrazas marinas o sobre sus vertientes. La

irrigación es indispensable en esta zona, si bien se presentan dificultades debido a la escasez de recursos hídricos en la cercanía. Esta zona se localiza a manera de una franja irregular que atraviesa la península de Manta en sentido aproximado NE-SO, encerrando una amplia zona de régimen más húmedo que incluye San Lorenzo como punto límite NO, Río de Caña en su extremo Sur, y El Aromo como punto límite NE. Entonces, el régimen arídico incluye el balneario de San José y es irrigada por los ríos Cañas (=Río San José), de la Naranja (=Río Amargo) y Vainilla en su mitad Sur.

- **Régimen ústico-arídico**, con características climáticas de una **zona muy seca**, precipitación media anual entre 300 y 600 mm., 10 a 12 meses secos, y un déficit hídrico de 850 a 1000 mm., apta para cultivos de ciclo corto con algunos riesgos debido a las variaciones climáticas inter-anales. Dentro de la zona de estudio se encuentra marginalmente al Sur, bordeando la elevación constituida por el extremo Norte de la Cordillera Costera. Para el uso agrícola la irrigación es necesaria.
- **Régimen ústico**, que se corresponde a la **zona seca**, con precipitación media anual entre 600 y 1000 mm., 8 a 10 meses secos, y un déficit hídrico de 500 a 850 mm. Estos suelos contienen poco o nada de  $\text{CaCO}_3$ , son poco profundos, de  $\text{pH} < 7$

en superficie y  $>7$  en profundidad, con contenido de montmorillonita. Se encuentran al tope de las planicies elevadas (antiguas terrazas marinas) y en sus vertientes, desde la línea de costa hasta Río de Caña y unos kilómetros más al NE, hacia donde se vuelve más arcilloso, duro en seco, de pH neutro a ligeramente ácido, sin  $\text{CaCO}_3$ . Aquí se dan cultivos de ciclo corto sin problemas, con posibilidad de pastos artificiales. La irrigación es recomendada.

La variedad de climas y de suelos en un área relativamente pequeña, como lo es ésta, da como resultado una variedad de cultivos, que incluyen hortalizas, árboles y arbustos frutales, leguminosas y maíz.

En cuanto a la vegetación natural se tiene, al Sur, una vegetación arbustiva árida constituida casi exclusivamente por cactus y asociada localmente con florón que debió también existir en las zonas donde actualmente se encuentran asentadas las piscinas camaroneras. Subiendo al N, en el camino a la playa de San José, se tiene una vegetación semidesértica, arbustiva, de bosque seco, más densa en época lluviosa. A la altura de la quebrada El Mono y hacia Pile se tienen árboles y una ligera cobertura de suelo de hojas. En cambio, hacia Río de Caña no se encuentra vegetación natural, y los cultivos no



son tan variados como en Pile por la menor disposición de agua. Al NO de Río de Caña y alrededor de Pile se encuentran zonas de bosque bajo caracterizado por la presencia de bototillo, algarrobo y otras leguminosas. A la altura de la H. La Clemencia, al N de Pile, la vegetación se vuelve más densa y se encuentran árboles altos y frondosos en los valles del río Pile y del estero Agua Fria.

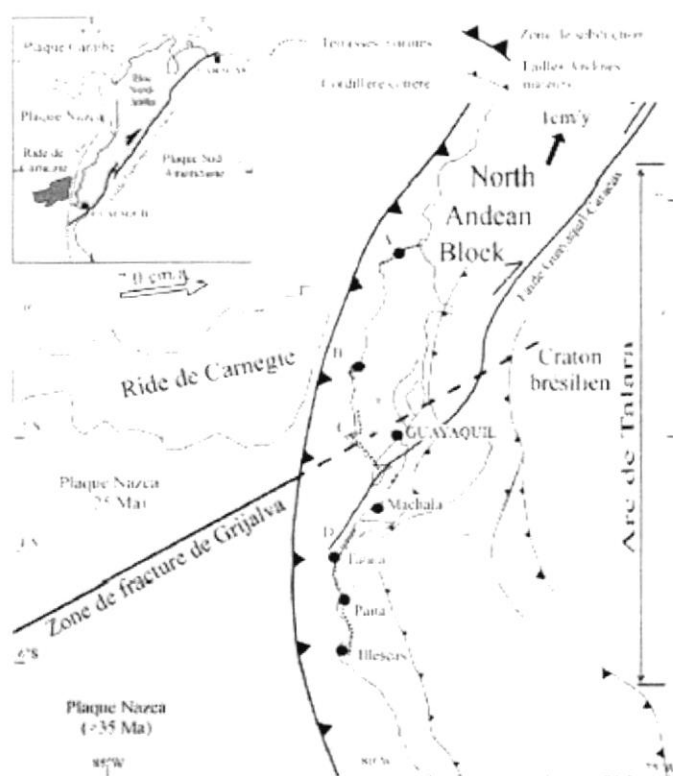
# Capítulo 2

## 2. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

### 2.1 Marco Geotectónico y Estructural: el Sistema de Subducción Ecuatoriano

Ecuador se localiza en la costa del Pacífico, parte centro-norte de Sudamérica, sobre la Placa Sudamericana. La placa oceánica Nazca se está subduciendo bajo ésta a lo largo de una zona de fosa convexa hacia el Oeste y cuya profundidad media es de 3000-3500 m. El carácter oblicuo de la subducción sería el causante de la expulsión del Bloque Nor-Andino hacia el N-NE a lo largo de un sistema de fallas transversales conocido como Falla, Megacizalla o Zona de Fractura Guayaquil-Caracas [i.e. Ego, 1995] (Fig. 3.1). Esta oblicuidad no es constante a lo largo de la fosa ecuatoriana: posee un valor medio de  $30^\circ$  entre Guayaquil y Esmeraldas, y alcanza  $50^\circ$  en el tramo comprendido entre Esmeraldas y Buenaventura, Colombia [Alvarado, 1998]. La velocidad de convergencia

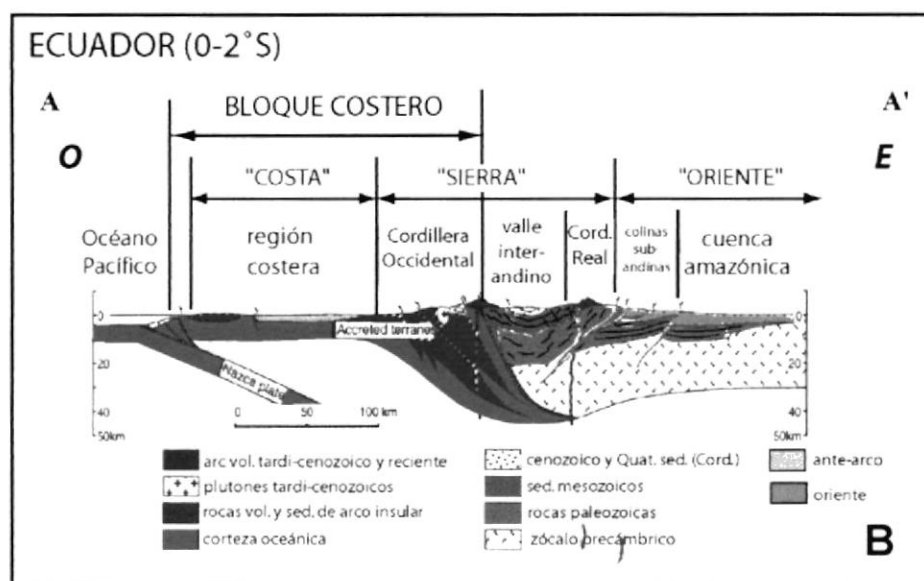
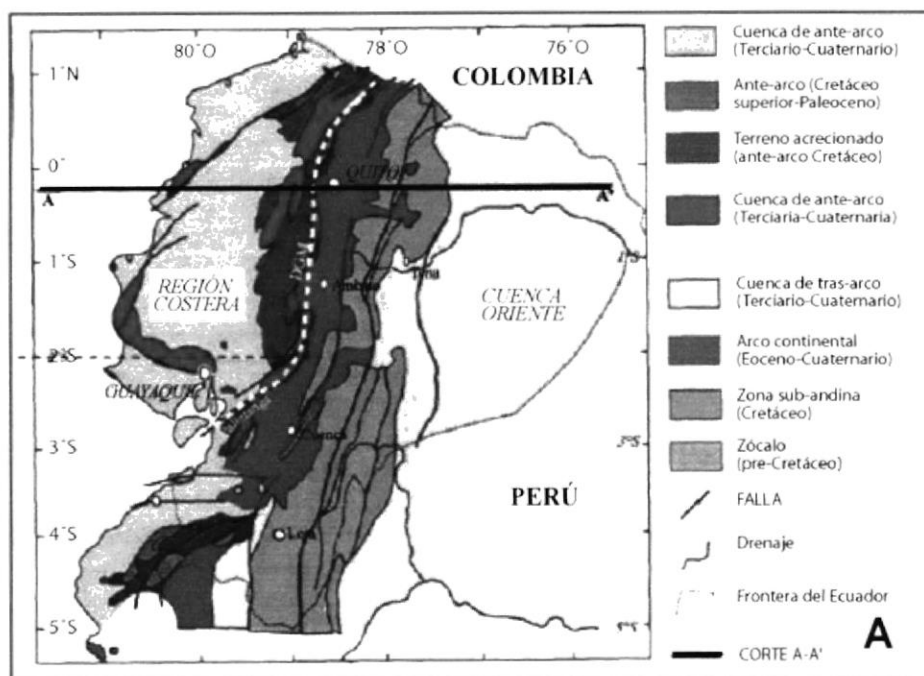
entre estas placas es del orden de 80 mm/año y tiene una dirección N80 [De Metz et al., 1989; Daly, 1989].



**FIGURA 2.1** Contexto geodinámico del Bloque Nor-Andino. Proporcionado por Pedoja, tesis doctoral en preparación.

### 2.1.1 Dominios Geotectónicos de Ecuador Continental

Las provincias fisiográficas mayores se corresponden bastante bien con los dominios geotectónicos (Figuras 2.2A y 2.2B), que se describirán a continuación, de Oeste a Este, según Benítez [1995]:



**FIGURA 2.2** Dominios geotectónicos-morfoestructurales del Ecuador. (A) Mapa geotectónico-morfoestructural del Ecuador. (B) Corte geológico-estructural esquemático Este-Oeste, referido a la línea A-A' en el mapa de la Figura 2.2A. Modificado de Deniaud (2002).

Placa Oceánica Nazca y Cordillera Carnegie (Fig. 2.1).- La edad de la litosfera de la placa Nazca frente a la fosa de Ecuador varía entre 25 Ma al S y 12 Ma al N. El rasgo más notable de esta placa, frente al territorio ecuatoriano, lo constituye la cordillera asísmica de Carnegie, formada por el punto caliente de las Galápagos, situado sobre la cordillera oceánica que divide las placas de Nazca y de Cocos; por lo tanto, constituye el límite S de la cuenca oceánica de Panamá y el límite N de la cuenca oceánica de Perú. La cordillera o *ridge* Carnegie, considerada en todo su ancho, entra en la fosa de subducción frente a las costas de la provincia de Manabí entre las latitudes 0° y 2° S, y justamente su punto de máxima elevación sobre el fondo marino coincide con la península de Manta, zona sobre la cual se encuentran relativamente bastante bien desarrollados varios niveles de terrazas marinas, las que constituyen evidencia de un rápido levantamiento reciente. La edad del inicio de este evento no ha sido determinada con una precisión aceptable. Lonsdale [1978] estima que hace unos 2 a 3 millones de años la cordillera Carnegie empezó a subductarse en base a las edades estimadas de los cambios que serían causados por el levantamiento de las cuencas de antearco, mientras que Gutscher [1999] calcula dicha

edad en 8 Ma en base a la relación levantamiento-subsidencia presente entre la zona suroccidental de Colombia y la zona costera de Ecuador.

La fosa y el plano de Benioff.- La fosa de Ecuador presenta todas las características morfoestructurales de una fosa activa, aún cuando se encuentra desprovista de un importante relleno sedimentario, sea a causa de fenómenos de erosión submarina o de no deposición por falta de aportes continentales [Lonsdale, 1978]. Su profundidad mínima de 2920 m se encuentra frente a la cordillera Carnegie, y luego aumenta hacia el S hasta alcanzar cerca de 5000 m en las zonas aledañas a la fosa de Perú ( $5^{\circ}$  S). El ángulo de subducción calculado a partir de los hipocentros de sismos que ocurren en la placa subductada es de  $30^{\circ}$ , correcto únicamente para la parte Norte del sistema, asociada a un volcanismo activo hasta el S de Colombia. No existen datos publicados para la parte Sur de Ecuador, aunque se puede suponer existe una transición hacia un plano de Benioff mucho menos inclinado ( $<15^{\circ}$ ), como se presenta el segmento contiguo del N de Perú.

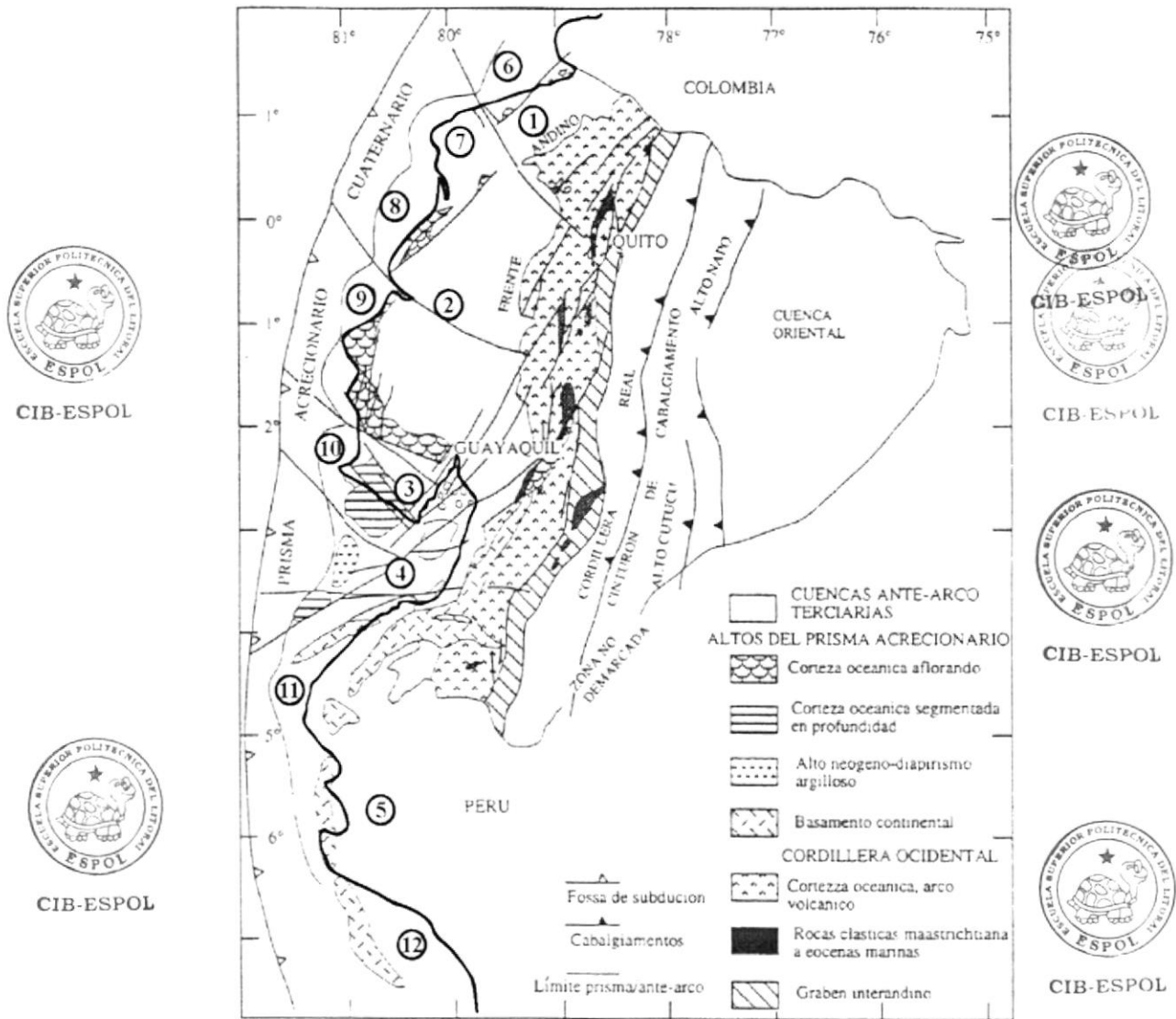
**La pared interna de la fosa.-** Comprende una parte submarina (el talud y la plataforma continental), y una parte emergida (la cordillera costera o cordillera externa de Seely). Esta última se encuentra aún sumergida en el Golfo de Guayaquil, de la misma manera que la cuenca de antearco asociada.

Al N del Golfo de Guayaquil, el talud continental tiene un ancho promedio de 40-50 Km. y una pendiente media de  $4^{\circ}$  a  $6^{\circ}$ , con un zócalo escalonado bajo una delgada cobertura sedimentaria [Miró et al., 1973; Lonsdale, 1978]. Frente al Golfo de Guayaquil, el talud continental es diferente, distinguiéndose tres zonas: el reborde, el talud superior y el talud inferior. El reborde es una zona de transición entre las bajas pendientes de la plataforma continental ( $< 0.5^{\circ}$ ) y las más fuertes del talud. El talud superior presenta pendientes regionales entre  $1^{\circ}$  y  $2^{\circ}$ , escalonado, con una delgada cobertura sedimentaria erosionada por cañones submarinos. El talud inferior presenta pendientes alrededor de  $5^{\circ}$ , aparentemente sin sedimentación actual. El zócalo del talud ha sido interpretado como un prisma acrecionario [Gueneau et al., 1974], con escamas de corteza oceánica, cuyo punto más elevado lo constituye el reborde, que forma una barrera para los

sedimentos que se depositan al Este en *onlap* sobre la cuenca de antearco asociada (el Graben de Jambelí).

En la plataforma continental también hay que diferenciar entre el tramo situado al N del Golfo de Guayaquil y el mismo Golfo de Guayaquil. En el primer tramo se encuentran pequeñas cuencas de poca cobertura sedimentaria (1-3 Km.) denominadas cuencas de antearco externas (Fig. 2.3), dadas su posición entre el talud y la cordillera costera. Dentro del Golfo de Guayaquil, donde la cordillera costera y las cuencas de antearco se encuentran sumergidas, la plataforma continental comprende el conjunto cordillera costera más cuencas de antearco.





CUENCAS DE ANTEARCO INTERNAS

- 1 Borbón s.s. o Borbón Este
- 2 Manabí
- 3 Progreso
- 4 Jambelí
- 5 Sechura (Perú)
- 12 Salaverry (Perú)

CUENCAS DE ANTEARCO EXTERNAS

- 6 San Lorenzo-Buenaventura (Colombia)
- 7 Borbón Oeste
- 8 Jama
- 9 Manta
- 10 Valdivia
- 11 Talara (Perú)

FIGURA 2.3 Las cuencas del antearco ecuatoriano y nor-peruano o "Arco de Talara" de Pedoja, en prep. (ver Figura 2.1) según Benítez (1995).

La cordillera externa o *outer high* [Seely, 1973] está representada por la Cordillera Chongón-Colonche y se continúa hacia el N como la Cordillera Costanera, constituida por rocas cretáceas de origen oceánico cubiertas localmente por sedimentos eocenos a oligocenos. Se encuentra segmentada por fallas sinestrales NO-SE y su borde oriental está constituido por fallas dextrales NE-SO. Hacia el S, la cordillera externa no es continua: aparece constituida por segmentos oblicuos con relación a la dirección general del sistema de subducción. Parecen representar estructuras más antiguas heredadas y deformadas por la falla Guayaquil. La Península de Santa Elena, en sí, constituye la cordillera externa, con la Cordillera Estancia y el Cerro Azúcar como sus relieves más altos. Dentro del Golfo de Guayaquil la cordillera no presenta relieves emergidos, pero el reborde o zona de transición está constituido por rocas paleógenas y cretáceas elevadas de una magnitud semejante a la de la Cordillera Costanera. En Perú ( $5^{\circ}$  S), la cordillera externa se vuelve paralela al sistema de subducción pero posee ahí un zócalo netamente continental.

Las cuencas de antearco externas (Fig. 2.3).- Al N de la Cordillera Chongón-Colonche se encuentran cuencas de zócalo

oceánico, alargadas más o menos paralelamente a la fosa. Estas son las cuencas Borbón Este, Manabí Norte y Manabí Sur en Ecuador. Entre la Cordillera Chongón-Colonche y la continuación marina del terreno de Amotape en el NO peruano, se encuentra una zona de transición, muy subsidente durante el Cenozoico, y cuyo zócalo también representa una transición entre oceánico al N y continental al S. Estas son las cuencas Progreso, Jambelí y Esperanza en Ecuador, y Túmbez y Talara en Perú. En Perú, al S de Talara, las cuencas de Sechura y Salaverry de zócalo continental retoman una disposición paralela a la fosa.

**El arco magmático (Fig. 2.2).**- Su expresión actual se encuentra en los volcanes activos de los Andes del S de Colombia y del N de Ecuador, entre 5° N y 2° S. En Ecuador, los volcanes forman dos líneas bien definidas, constituyendo los puntos más altos de las cordilleras Occidental (son activos el Pichincha y el Quilotoa) y Real u Oriental (son activos el Tungurahua, el Cotopaxi y el Antisana); un tercer alineamiento de volcanes, menos definido, se encuentra en el límite de la Cordillera Real con la zona plegada subandina (activos el Sangay, el Sumaco y el Reventador).

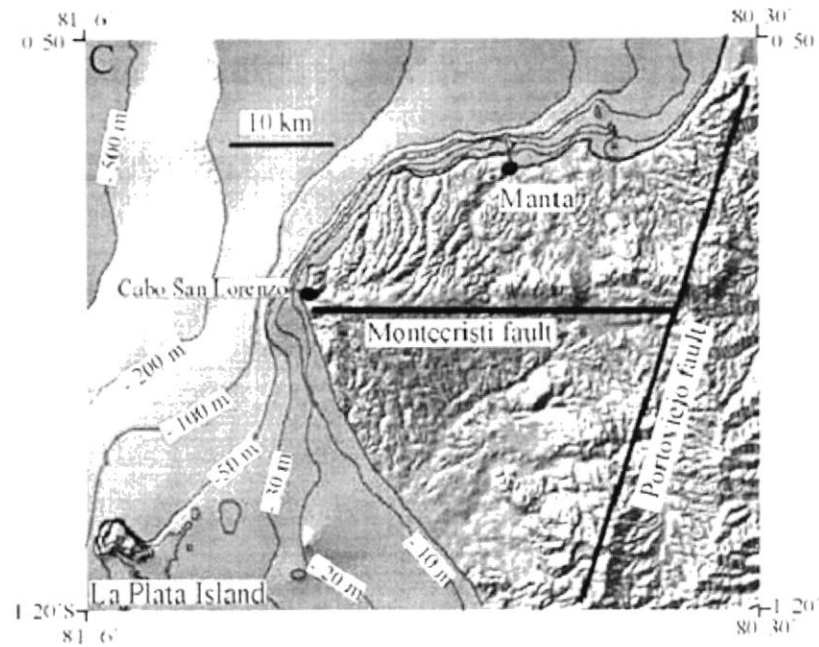
La Cordillera Occidental tiene un zócalo cretáceo de origen oceánico, aparentemente en continuidad con el zócalo de la Costa, de mismo origen. Por las dataciones de lavas e intrusivos se pueden inferir episodios de actividad magmática importante durante: el Plioceno, el Mioceno superior, el Oligoceno terminal-Mioceno inferior y el Eoceno superior.

La Cordillera Real está constituida por rocas metamórficas y plutónicas, en las que se reconocen al menos tres eventos magmáticos importantes durante: el Triásico superior-Jurásico inferior, el Jurásico medio a superior y el Cretáceo superior.

**El tras-arco (Fig. 2.2).**- Al E de la Cordillera Real, se encuentra primero la zona plegada subandina, formada por escamas tectónicas con vergencia hacia el E, y a continuación la cuenca de antepaís u Oriental. El límite Oeste de la zona subandina es la falla o frente de cabalgamiento andino, con vergencia hacia el E. La cuenca de antepaís, *foreland basin* o Cuenca Oriental sensu stricto se encuentra al Este de la falla Cutucú-Galeras o frente de cabalgamiento subandino y constituye una zona poco deformada y subsidente durante el Terciario como consecuencia de la orogénesis andina.

### 2.1.2 La Península de Manta

Estructuralmente, la península de Manta se constituye en una zona fallada de bloques levantados alineados con la gran falla San Lorenzo – El Aromo – Montecristi, de dirección E-O (*Montecristi fault*, Fig. 2.4). En San Lorenzo, afloran el basamento oceánico y rocas volcánicas (formaciones Piñón y San Lorenzo, ver sección 2.3 ESTRATIGRAFÍA) las que, siendo resistentes, constituyen el cabo que lleva su nombre. Múltiples fallas, de sentido mayormente N30, afectan las lutitas eocénicas y la ubicación de las terrazas inmediatamente al N de dicha falla en los sectores de San Lorenzo, Ligüique, Pacoche y El Aromo, pero más al E ya no son apreciables. Vuelven a aparecer, en gran número, a unos 6 Km. antes del cerro Montecristi, donde conservan el sentido o se alinean un poco más en sentido N-S [Coronel, 2002]. Los cerros Montecristi y de Hojas constituyen dos altos notorios de material volcánico cretácico alineados en la falla.



**FIGURA 2.4** Modelo digital de elevación (DEM) de la Península de Manta y batimetría de la plataforma continental circundante. Se muestran las fallas mayores San Lorenzo – El Aromo – Montecristi (*Montecristi fault*) y Jipijapa – Portoviejo (*Portoviejo fault*). Tomado de Pedoja, tesis doctoral en preparación.

## 2.2 Geología Histórica

Durante el Eoceno inferior y probablemente hasta el fin del Eoceno medio ocurrieron importantes fallamientos inversos que afectaron al basamento. Estas fallas constituyen estructuras complejas en forma de flor, que caracterizan grandes juegos de fallas transversales. A través de una de estas fallas transversales, la falla Jipijapa–Portoviejo de dirección N45, se habría iniciado el levantamiento de la Cordillera Costanera.

Entre el Mioceno medio y el Plioceno, procesos de levantamiento y subsidencia afectaron la zona de antearco. La cordillera Chongón-Colonche presentaba un levantamiento activo, el cual fue acompañado por un proceso de inversión tectónica de todas las cuencas de antearco, todo esto relacionado a un incremento de la velocidad de convergencia durante este período. Cuando la formación de la Cordillera Chongón-Colonche concluyó, cesó la inversión tectónica y los depocentros migraron hacia el Este, estando la formación de cuencas asociada a partir de entonces a estructuras dextrales de extensión regional (i.e. falla Babahoyo, cuenca *pull-apart* de Jambelí) [Daly, 1989].



CIB-ESPOL

El último proceso de deformación de la zona de antearco ocurre en el Cuaternario, con el levantamiento vertical de la zona costera, donde sedimentos cuaternarios están siendo levantados en la actualidad a elevaciones que en zonas, como en El Aromo, alcanzan entre los 320 y 360 m.s.n.m. La tasa de emersión de estos sedimentos bastante recientes, en los que se incluyen terrazas marinas (ver sección 2.3 **ESTRATIGRAFÍA – Terrazas marinas o “tablazos”**), es comparable a la tasa de emersión alcanzada por los Andes en su período de levantamiento principal [Dumont, com. pers.].



CIB-ES



CIB-ESPOL

## 2.3 Estratigrafía

Formación Piñón, o Complejo Ígneo Básico de Goosens y Rose, 1973 (Fig. 2.5).- La Cuenca Manabí, al igual que la Cordillera Chongón-Colonche (CCC) y la Cordillera Costanera Occidental (CCO), tiene como basamento a rocas volcánicas básicas de la Fm. Piñón, al momento indiferenciadas. Se presentan dos sectores bien diferenciados: al S el basamento se encuentra a poca profundidad (1 a 2 Km.), mientras que al N se profundiza y amplía paulatinamente hasta alcanzar profundidades de hasta 9 Km. [Santos, 1983]. Esta formación constituye un complejo ígneo en el cual se distinguen ahora varias unidades y eventos diferenciados petrográficamente por Raharijaona [1980] y geoquímicamente por Lebrat [1985]:

- Formación Piñón *sensu strictu* (Aptiano superior-Albiano).- Está constituida esencialmente de basaltos afaníticos (feldespato An 50-80), con estructura almohadillada. Las lavas de Piñón s.s. son tholeítas MORB de tipo N, características de las dorsales mid-oceánicas, generadas probablemente en la dorsal fósil Pacífico-Farallón [Lebrat, 1985]. Estas rocas han sufrido metamorfismo en la facies "prehnita-pumpellyta" hasta esquistos verdes [Raharijaona, 1980]. Se encuentran algunos intrusivos básicos

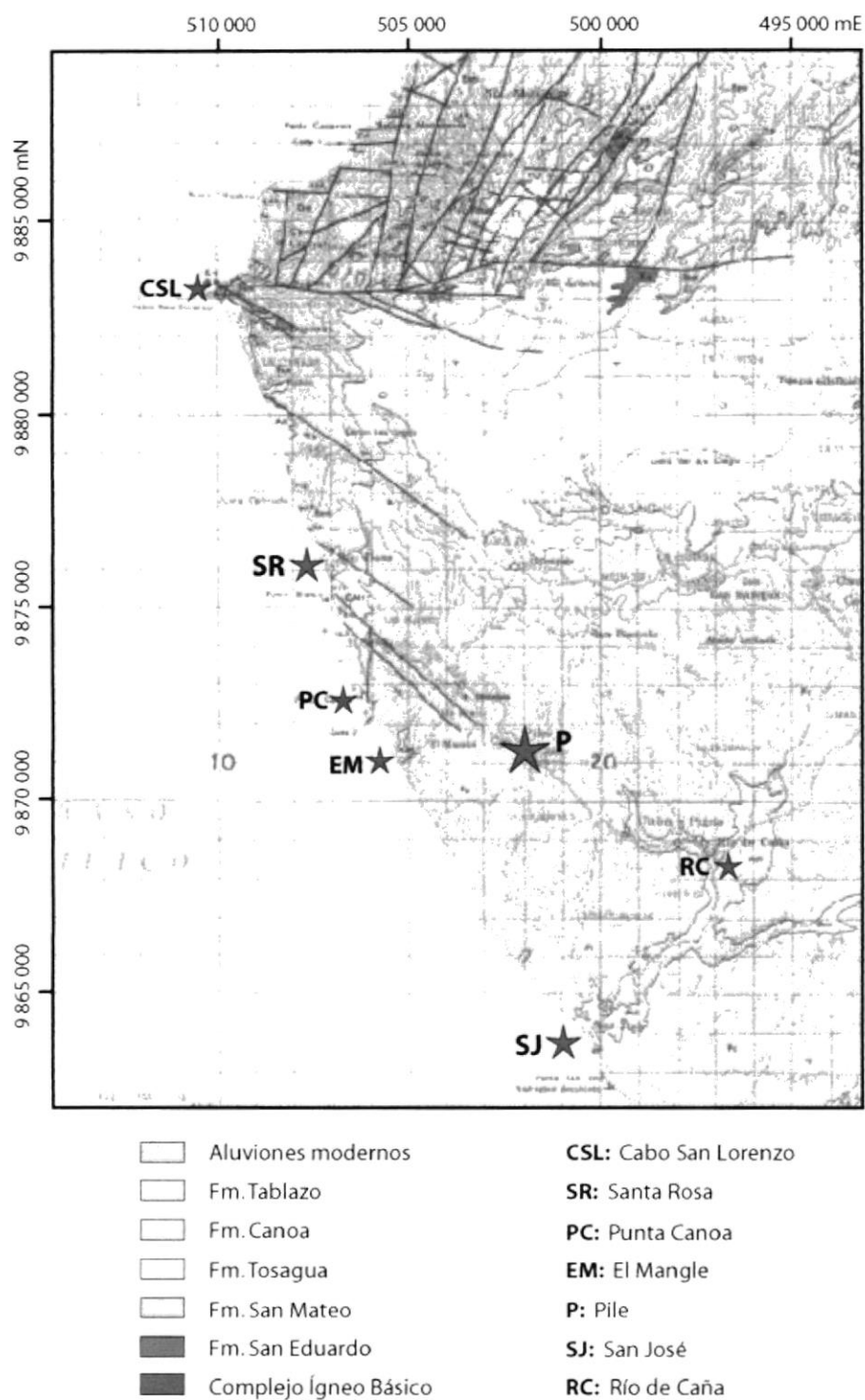


(gabros) y ultrabásicos, y también lutitas silíceas intercaladas. En la CCO de Manabí, el basamento Piñón s.s. aflora, desde La Rinconada hasta Membrillal, en pequeños bloques levantados tectónicamente, mientras que su cobertura volcanoclástica Cretáceo Superior, la Fm. Cayo (ver más adelante), se encuentra fallada y erosionada con excelentes afloramientos en los acantilados de Machalilla y Puerto Cayo. La edad de Piñón s.s. ha sido determinada sólo en la CCO como Aptiano superior-Albiano según dataciones de Goosens y Rose (1973, edad 110 y 104 Ma) y de Kennerly (1980, edad 113 y 107 Ma).

- **Formación San Lorenzo (Santoniano a Maastrichtiano superior).**- Volcánica, con características petrológicas y geoquímicas de tholeítas de arco insular [Lebrat, 1985], la Fm. San Lorenzo es en realidad una cobertura volcánica y volcano-sedimentaria confundida con la Fm. Piñón s.s. Está constituida por andesitas basálticas porfíricas (plagioclasas An 40-50, Lebrat, 1985) que presentan comúnmente estructuras de lavas almohadilladas (*pillow lavas*). También se encuentran sedimentos intercalados o formando brechas con las lavas. Se caracterizan por ser rocas frescas que no presentan ningún indicio de alteración metamórfica, como sí sucede con las rocas de Piñón s.s. Aflora en el cabo San Lorenzo, Membrillal, Barranco Prieto (Cerro Montecristi), Picoaza

(Cerro de Hojas) y La Pila. La edad de la formación es Santoniano-Maastrichtiano en base a las dataciones radiométricas, y por microfósiles contenidos en sedimentos asociados a las pillow lavas varía entre Campaniano y Maastrichtiano superior. El conjunto faunístico indica una paleoprofundidad de plataforma externa a talud superior.

- **Intrusivos de varias edades y diferente composición.-** Se registran varios eventos intrusivos relacionados a la actividad magmática del arco insular: *stocks de tonalita* de edad campaniana [Pichler y Aly, 1983] en Pascuales y Pedro Pablo Gómez en la provincia del Guayas; *dique dacítico* del Eoceno inferior [Wallrabe y Adams, 1990] a 6 Km. al E de Puerto Cayo en la CCO, vía Puerto Cayo-Jipijapa; *sills de diabasas o gabros* que cortan sedimentos terciarios del Eoceno? en el sector de San Lorenzo, también en la CCO (dato sin precisar edades, de Raharijaona, 1980).



**FIGURA 2.5** Mapa geológico de la zona de estudio (hoja geológica Montecristi, escala 1 : 100 000, coordenadas UTM, DGGM-IGM, 1970).



CIB-ESPOL

**Formación San Eduardo (Eoceno medio) (Fig. 2.5).**- La localidad tipo e la cantera San Eduardo de La Cemento Nacional, en la Vía a la Costa, provincia del Guayas, a 2 Km. al O del cerro San Eduardo. Desde allí bordea el flanco S de la Cordillera Chongón-Colonche hasta unos 40 Km. al O de Guayaquil. Afloramientos esporádicos de calizas tipo San Eduardo ocurren en la provincia de Manabí (sectores de Pacoche, La Travesía, Santa Marianita) y se extienden hasta la provincia de Esmeraldas. Está constituida por una calcarenita turbidítica hasta calcrudita bien estratificada que contiene algas y clastos de calcilutitas y cherts [Duque, 2000]. Su edad Eoceno medio es sugerida por los foraminíferos presentes. Su potencia bordea los 200 m.

**Formación San Mateo (Eoceno medio a superior) (Fig. 2.5).**- El nombre deriva de la localidad tipo, la población de San Mateo a unos 15 Km. al O de Manta. La litología, en la parte inferior, está constituida por lutitas de origen pelágico y hemipelágico, propias de una cuenca de talud de fosa, correlacionable en litofacies y biofacies con la Formación Cerro [Navarrete, 1985; Egüez, 1985], y en la parte superior, por secuencias de conglomerados con intercalaciones de lutitas y secuencias de areniscas que se corresponderían a conos de deyección submarinos desarrollados en la cuenca, constituyendo la CCC un arco volcánico



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL

activo que actuó como área fuente del material de relleno de la cuenca. Si bien todos los investigadores anteriores la han considerado producto de depositación de aguas someras, a excepción de Mills [1967], el análisis de la microfauna y de la sedimentología a detalle [en Navarrete, tesis de grado, 1985] señalan que su ambiente de depositación corresponde a "aguas cargadas de sílice, producto de la cercanía a un área volcánica, con aportes continuos de ceniza, y con una profundidad de depositación aproximada entre 2000 y 2500 m en una cuenca de talud de una margen continental activa". El miembro inferior tiene una edad que va del Eoceno medio al límite Eoceno medio-Eoceno superior, mientras que el miembro superior tiene una edad indiscutible Eoceno superior [Navarrete, 1985].

#### Formación Tosagua (Mioceno inferior-Mioceno medio basal) (Fig. 2.5).-

Aflora ampliamente en la Cuenca de Manabí, en el alto costanero de Manta-Montecristi debajo de la Fm. Tablazo, y en el alto costanero alrededor de Bahía de Caráquez. En algunos sectores de la CCO aparecen, hacia la base, rocas oligocénicas no diferenciadas de la Formación Playa Rica [Benítez, 1995]. Es un equivalente estratigráfico del conjunto de las formaciones Dos Bocas, Villingota y Subibaja de la Cuenca Progreso. En las perforaciones de Texaco-Pecten, se encuentran rocas correlacionables con la Fm. Dos Bocas, lo que no

ocurre en la superficie de la cuenca Manabí. Pelitas grises con diatomeas y microfauna y pelitas blancas tobáceas de la Fm. Tosagua, correlacionables con la Formación Villingota s.s., se encuentran al NO de San Vicente y en San Agustín, con edades N5-N6 y N7 respectivamente (Mioceno basal). Las argilitas gris oscuras que se alteran a marrón chocolate, que constituyen la mayoría de los afloramientos de la Fm. Tosagua, son correlacionables con la Fm. Subibaja, tanto por litología como por edad. En afloramiento, la edad de la Fm. Tosagua es N8-N10 en Salinas (ruta San Vicente-Chone), N8B en Jaramijó, y N8-N10 en Punta Canoa [Tsuchi, com. pers. en Benítez, 1995], mientras que en el pozo Ricaurte-1 es N5B a N7 (base y tope del conjunto de facies Dos Bocas-Villingota) y N8B-N9A a N9B-N10 (base y tope de la facies Subibaja, siendo la edad del tope inferida por la edad de la base de la Fm. Angostura suprayacente).

**Formación Angostura.-** Está constituida por rocas areno-arcillosas con fragmentos de moluscos, arenas friables intercaladas con pelitas decimétricas verdes, arenas potentes con clastos blandos y estratificación cruzada local, y secuencias estratodecipientes al tope que se interpretan como secuencias de progradación sublitorales [Benítez et al., 1991]. Su localidad tipo es la desembocadura del estero Angostura, del río Santiago; también aflora en el sector de Banchal y en



[CIB-ESPOL,



CIB-ESPOL

el flanco Norte de la CCC, en el sector de Cascol. En el pozo Ricaurte-1, a 148 m de profundidad aparece la Fm. Angostura, con 920 m de potencia, diferenciándose cuatro subunidades; en la segunda unidad desde la base se encuentran niveles localmente tobáceos o glauconíticos, hacia las zonas N11-N12. La edad de la base de la formación no ha sido determinada con precisión en los afloramientos y sería N10 o más joven considerando la edad del tope de la formación Tosagua subyacente, si bien en el pozo Ricaurte-1 se define con precisión como N10, mientras que su tope estaría hacia la base de la zona N16 [Whittaker, 1988]. Por la microfauna, se deduce que la base y el tope de la formación fueron depositados en un medio nerítico externo, y la parte central en un medio menos profundo, entre nerítico interno y transicional.

Formación Canoa (Plioceno medio a superior) (Fig. 2.5).- Ver descripción en sección 1.2 ESTUDIOS ANTERIORES, presente estudio.

Formación Tablazo (Pleistoceno inferior) (Fig. 2.5).- Cabe aquí hacer distinción entre los depósitos marinos pleistocenos que constituyen en sí una formación, y los depósitos a manera de terrazas (anteriormente conocidas como "tablazos") que constituyen una morfoestructura de pequeña a mediana escala, si bien éstas últimas pueden alcanzar

grandes extensiones. La *formación Tablazo* está constituida por el conjunto de los depósitos de las terrazas marinas compuestas por material bioclástico arenoso [Baldock, 1982], y es reconocida en la Isla Puná y en las penínsulas de Santa Elena y de Manta. En el Boletín Explicativo del Mapa Geológico del Ecuador a escala 1:1000000, Baldock [1982] describe:

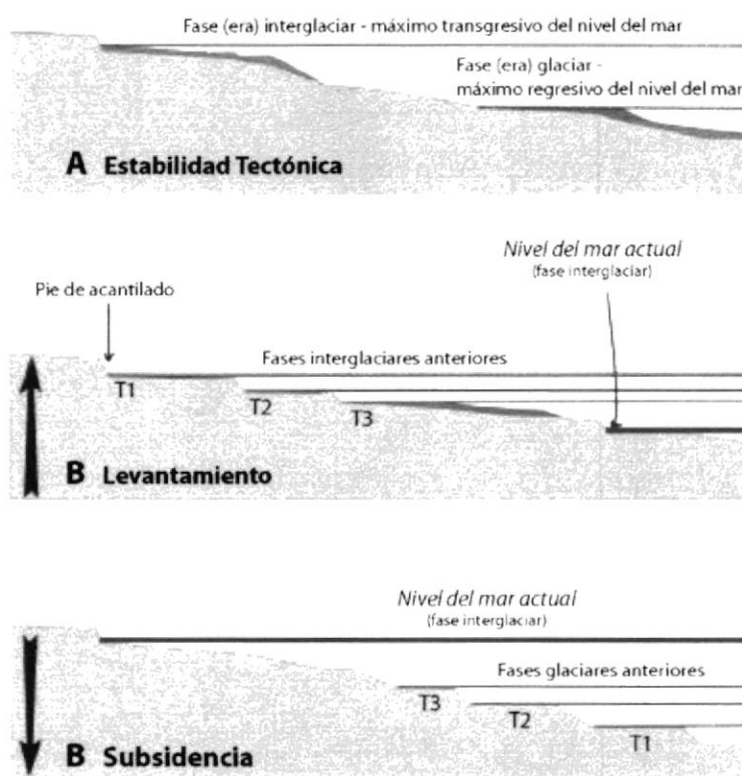
**El espesor total de la formación varía considerablemente, pero ciertamente excede los 80 m y probablemente los 100 m; se encuentra sobreyacida, en partes, por sedimentos marinos y/o continentales cuaternarios más recientes.**

Una situación similar se da en la zona de estudio, desde El Mangle hasta San José, y con bastante seguridad estas potencias se alcanzan tierra adentro, fuera de la zona de estudio, donde gran parte de áreas mapeadas como Fm. Canoa en realidad presentan una potente cobertura pleistocénica, aflorando el plioceno únicamente en las quebradas que permiten ver el substrato inferior.

Terrazas marinas o "tablazos" (Pleistoceno, diferentes edades).- Son morfoestructuras en forma de terraza que se originaron en una plataforma de abrasión, durante un máximo transgresivo del nivel del mar (Fig. 2.6). Al irse formando estas terrazas contemporáneamente al levantamiento activo de la península de Manta, los primeros niveles de



terrazza fueron emergiendo por sobre el nivel del mar mientras que niveles más recientes se formaban a una cota inferior; así, los niveles más antiguos se corresponden con las cotas más altas, mientras que los más recientes a las cotas más bajas, cerca de la línea de costa actual.



**FIGURA 2.6** Esquema de la formación de las terrazas marinas: **(A)** En una costa tectónicamente estable, las líneas de costa de las diferentes fases glaciares e interglaciares se confunden. **(B)** En una costa en levantamiento, las terrazas creadas durante los altos niveles del mar son preservadas de la erosión marina. **(C)** En una costa subsidente, las terrazas marinas creadas durante los bajos niveles del mar son conservadas y se encuentran actualmente sumergidas. T1 corresponde a la terraza más antigua. Tomado de Pedoja, en preparación.

Litológicamente se constituyen, mayormente, en los sedimentos que deja la línea de costa, que erosiona y deposita a la vez, pudiendo variar entre arenas calcáreas de playa, coquinas, conglomerados y depósitos mixtos con componentes más finos. Sin embargo, se reconocen terrazas marinas formadas en roca dura, creadas por el efecto erosivo de las olas, si bien éstas son atípicas y de poca extensión (como ocurren en la Isla de la Plata). Se reconocen, entonces, más por su estructura que por su litología: deben ser horizontales a subhorizontales, tener una extensión areal semejante a una franja costera (por lo general mucho más larga que ancha, aunque ciertos niveles son particularmente anchos) y presentar un quiebre de pendiente que se corresponda al "pie de acantilado", requisito éste último indispensable para identificar una terraza marina de abrasión como tal. Actualmente se reconocen 3 niveles de terrazas en la Península de Santa Elena y en Punta Galera, provincia de Esmeraldas (correspondientes a los tres últimos interglaciares), en la Isla de la Plata 4, en la Isla Puná 3 y al menos 5 niveles (posiblemente hasta 7) en la península de Manta, cuyas edades varían entre el Pleistoceno inferior y el Pleistoceno reciente [Pedoja, com. pers.].

Depósitos cuaternarios recientes (“aluviones modernos”, Fig. 2.5).- Se localizan en quebradas y ríos, a manera de derrubios o de aluviales. Su composición varía considerablemente según la zona de alimentación: arcillas removidas de la formación Tosagua, con guijarros varios; grava y brechas sueltas en las zonas donde afloran las formaciones Piñón y San Mateo; arenas arcillosas en la parte occidental donde aflora la formación Canoa; arenas con bioclastos marinos donde aflora la Fm. Tablazo.



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL

# Capítulo 3

## 3. GEOLOGÍA

### 3.1 Geomorfología

#### 3.1.1 Geomorfología de la región y de la zona de estudio

La zona de estudio presenta un relieve de terrazas erosionadas, suavemente ondulado, con cortes escarpados en los ríos generalmente de tipo torrente y que corren solamente en la estación lluviosa entre Febrero y Abril. Hacia el N se presentan las mayores elevaciones, alcanzando 130 m.s.n.m. por la carretera frente al campamento de HCC, al S-SE de Santa Rosa (Mapa 1. MAPA DE UBICACIÓN DE MUESTRA). Hacia el S, aproximadamente a la altura del poblado de Río de Caña, las elevaciones bajan (70 m.s.n.m. en la entrada al pueblo) y las pendientes se encuentran más suavizadas, onduladas. Más al S, pasando la



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL

entrada a San José, el relieve es muy bajo (menos de 10 m.s.n.m.), aunque se encuentra casi totalmente retrabajado por la instalación de piscinas camaroneras.

Considerando la red de drenaje, en la región que comprende la zona de estudio y sus alrededores hasta la línea San Lorenzo-Manta por el N, y la línea N-S entre los sitios La Boca-Camarones-La Victoria hacia el Este, se observan tres grandes zonas geomorfológicas:

1. Al N de la gran falla San Lorenzo – El Aromo – Montecristi de dirección E-O (Figs. 2.4 y 2.5), los ríos presentan un patrón de drenaje paralelo con vertiente hacia el NE. Cortan los sedimentos antiguos de las formaciones San Mateo y Tosagua, con una delgada cobertura cuaternaria, muy localizada.
2. Al S de la falla San Lorenzo – El Aromo – Montecristi y teniendo como límite S aproximado la vía Santa Rosa-Río de Caña y los ríos Camarones y Salado como límite SE, se encuentra una zona de meseta elevada en la que los ríos son más espaciados, presentan un patrón de drenaje paralelo-subdendrítico y con pendiente regional hacia el SE. En esta zona la cobertura cuaternaria (Fm. Tablazo y otros depósitos suprayacentes) es más potente y se encuentra amplia y

uniformemente distribuida y con poca erosión. Esta zona pasa gradualmente a la tercera zona geomorfológica hacia el Oeste y el Sur.

3. Ubicada hacia el S y el O de la zona 2, presenta un relieve muy disectado por frecuentes ríos y quebradas que forman un patrón de drenaje ortogonal subdendrítico. Al N, por el sector de Pile, los ríos llegan a cortar sedimentos pliocénicos hacia su base, pero la cobertura es principalmente de depósitos litorales tipo Tablazo y sus asociados pleistocénicos, sobretodo al S, donde se suman depósitos más recientes.



CIB-ESPOL

Las mayores pendientes se encuentran hacia los cauces de los ríos de la mitad Norte de la región, algunos de ellos muy escarpados (quebrada El Mangle, esteros La Canoa y Agua Fria, Río de Caña en su parte más alta) (Mapa 1. MAPA DE UBICACIÓN DE MUESTRA). En la parte media, por Río de Caña, hay que distinguir entre los cauces que se encuentran al O y al E de la carretera. Al O, hacia el mar, los cauces cavan un corte en V en los sedimentos litorales a manera de mesas, pero el corte no es tan pronunciado ni cerrado como ocurre más al N. El nivel de base de los ríos ahí suele seguir los niveles de litología resistente,



CIB-ESPOL



CIB ESPOL

tal como se observa en el caso de la quebrada El Mono, cuyo nivel de base se corresponde con un estrato de coquina tipo Tablazo, de unos 2 m de espesor y bastante resistente, por un tramo de alrededor de 1 Km. Al E de la carretera y del poblado Río de Caña, el relieve es relativamente suave y de muy poca altura, y los cauces de los ríos Los Mapas, Camarones y Salado son bastante amplios (el cauce del río Los Mapas sobrepasa los 20 m de luz) y se encuentran bordeados por sedimentos y terrazas fluviales que, en el río Los Mapas, sobrepasan los 5 m. Asimismo, al Sur, a partir de la entrada a San José por la carretera, hacia el O se continúan cauces de perfil en V, de menor altura pero más escarpados por la litología local (frecuentes horizontes bioclásticos y calcareníticos endurecidos intercalados en la arena), mientras que hacia el E los cauces son de poco relieve pero muy frecuentes.

### **3.1.2 Geomorfología de la Línea de Costa**

Para la ubicación de los puntos de referencia en el acantilado y de los derrumbes mencionados en las secciones a continuación, referirse al Mapa 2. MAPA GEOLÓGICO-ESTRUCTURAL DEL ÁREA DE ESTUDIO.

### 3.1.2.1 Acantilados

Los **acantilados** que se recorren en el trayecto de aprox. 14 Km. de playa desde Santa Rosa hasta San José tienen su máxima altura hacia el N, al S de Santa Rosa, donde se calcula que sobrepasan los 80 m de altura. Este nivel prácticamente se mantiene hasta El Mangle donde, si bien desde la playa no se puede inferir la altura por la presencia del segundo derrumbe (ver sección 3.1.2.3 DERRUMBES), subiendo por el camino de El Mangle se aprecia un corte de más de 100 m de altura, por el lado de la quebrada. Al S de El Mangle, por donde se distingue un nivel de nódulos delgados en el afloramiento, el acantilado alcanza 50-60 m de altura, y así descende hacia el S. Localmente, en el sitio Barranco Azul no alcanza más de 10 m de altura, seguramente porque la arcilla que sobreyacía (el material del tercer derrumbe, ver sección 3.1.2.3 DERRUMBES) fue totalmente removida. Pero inmediatamente al S, encima del derrumbe se alza a aprox. 25 m de altura. A partir de allí el perfil del acantilado es casi recto y



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL



desciende lentamente hacia el S, a lo largo de 8 Km. hasta el S de San José. Se encuentra interrumpido localmente por algunas quebradas colgadas, más frecuentes en los 4 Km. inmediatamente al N de San José. También se encuentran unos pocos cauces pequeños colgados en el sitio Las Goteras, unos 700 m al N de Barranco Azul, cuyo nivel base está constituido por los depósitos de barra que ahí se encuentran hacia el tope del corte. También en este sitio, de acantilado recto y vertical, la marea sube casi dos metros desde su base cuando se encuentra en su punto más alto, lo que hace peligroso el intentar pasar mientras la marea esté subiendo.

### 3.1.2.2 Línea de Playa

En cuanto a la **línea de playa**, desde San José hasta Santa Rosa se encuentra una playa arenosa localmente cubierta por clastos redondeados y bloques que caen de las capas que afloran en el acantilado. En tramos, éstos llegan a bloquear totalmente la playa y tornan imposible el paso en marea alta.

Al S de Santa Rosa, desde 1.5 Km. al SSE y por un poco más de kilómetro y medio de playa, abundan bloques redondeados de nódulos dolomíticos caídos de las formaciones Tosagua y Angostura aflorantes en ese tramo. Su espesor promedio es de 1 m, aunque algunos sobrepasan el metro y medio. Tienen una suave inclinación hacia el mar, con un rumbo promedio de N125 y un buzamiento general entre 15° y 20° al SO; localmente se encuentran muy diaclasados. Hacia la parte Sur de este tramo, los nódulos ya no se ven caídos en la playa sino que forman una plataforma diaclasada lutítico-dolomítica gris oscuro verdoso, visible en marea baja. Esto se debe a que el estrato nodular alcanza el nivel del mar, y éste es más resistente a la erosión marina que las lutitas que lo contiene.

En cambio, a aprox. 1 Km. al SSE de El Mangle y por casi 600 m, la playa se encuentra cubierta de clastos tabulares de bordes redondeados y de espesores no mayores a los 10 cm. Son de composición similar a los anteriores, es decir, lutítico-dolomíticos, aunque son un

poco menos calcáreos. Su superficie meteorizada se encuentra muy oxidada y parecen consistir de calcarenita muy endurecida, pero en superficie fresca se ven más homogéneos (grano más fino) y tienen un color gris verdoso intenso. Asimismo, hacia la parte Sur del tramo, donde este segundo nivel nodular llega al nivel de la playa, se tiene una plataforma gris oscuro verdoso visible mayormente durante la marea baja.

### 3.1.2.3 Derrumbes

Los sedimentos marinos escasamente consolidados de la Formación Angostura y del Miembro Canoa Inferior son muy susceptibles a derrumbes. En general, a mayor contenido de arcilla, más plástico es el sedimento y más susceptible a los grandes movimientos de masa. En el corte del acantilado se encuentran tres grandes derrumbes que cubren las capas, y no permiten seguir en esos tramos un corte continuo. Estos se ubican, de N a S:

- Al S de Santa Rosa (D1, Mapa 2).- Empieza a 700 m al SSE de Santa Rosa y cubre 800 m hacia el Sur a lo largo de la playa. Este derrumbe compromete las

capas de las formaciones Tosagua y Angostura suprayacente. Directamente al E, en la carretera, se tiene ya al tope un afloramiento de la Fm. Angostura; sin embargo, la Fm. Tosagua no cuenta con buenos afloramientos, excepto en el afloramiento de la carretera frente al pueblo que muestra que las capas se encuentran fuertemente diaclasadas y falladas e inclinando hacia el S con un ángulo mayor al de la Fm. Angostura.

- **Al N y al S de El Mangle (D2, Mapa 2).**- El sitio denominado El Mangle, punto donde el camino que viene de Pile y pasa por el caserío de Dos Cruces llega a la playa, se localiza a 3.5 Km. al SSE de Santa Rosa. Este derrumbe empieza a aprox. 500 m al NNO de este sitio y termina a 1 Km. al SSE del mismo. Compromete un tramo en el que afloraba una parte netamente arcillosa de la Fm. Canoa s.s., y afecta todas las capas que la subyacieron; es así como en la sección al S de El Mangle abundan grandes bloques de coquina con estratificación cruzada y bioturbada, de más de 1 m de espesor provenientes de los depósitos tipo Tablazo

originalmente suprayacentes, entre la masa arcillosa verdosa y naranja. Aunque en la hoja topográfica se infiere que los acantilados alcanzan los 80 m de altura, desde la playa se observa una pendiente escarpada hacia el tope y más suave hacia la base, y el material removido que se acumula en la playa forma depósitos amplios que impiden observar el corte.

- **Al S de Barranco Azul (D3, Mapa 2).**- El sitio denominado Barranco Azul, donde una berma a manera de mesa de arcilla verdeazulada sobresale del acantilado en la playa, se localiza a 2.65 Km. al SSE de El Mangle. A 250 m al S de Barranco Azul y por unos 750 m de playa, un derrumbe de material arcilloso marrón verde oscuro con intercalaciones de arena cubre gran parte del acantilado, que en ese tramo no sobrepasa los 30 m, y lo hace retroceder a unos 30 m detrás de la línea que sigue el acantilado al N y al S, por la playa. Su presencia dificultó la observación de la sección aflorante en este tramo del corte.

## 3.2 Geología Estructural

En la zona de estudio, el mayor área de afloramiento, según la hoja geológica (Fig. 2.5, sección 2.3 ESTRATIGRAFÍA), la constituye la formación pliocénica Canoa, desde el centro hacia el sur, y la formación pleistocénica Tablazo la constituye hacia el centro-norte. El carácter relativamente reciente de los depósitos plio-cuaternarios hace poco evidentes las fracturas y fallas de las formaciones más antiguas, tapándolas. Sin embargo, la forma de presentarse estos depósitos en terrazas escalonadas sugiere la presencia de numerosos bloques separados por saltos de falla del orden decamétrico.

### 3.2.1 Observaciones estructurales de campo

Para ubicar los puntos de observación y de mediciones estructurales, referirse al Mapa 2. MAPA GEOLÓGICO-ESTRUCTURAL DEL ÁREA DE ESTUDIO.

*Fm. Tosagua(?)*.- De acuerdo al mapa geológico (hoja geológica Montecristi, 1970) la Fm. Tosagua aflora en los acantilados desde Santa Rosa en dirección de Pile a lo largo de un poco más de 3 kilómetros. En este sitio sus estratos se encuentran muy fallados

y plegados sinsedimentariamente y presentan una disposición general N105/20SO y buzan con un mayor ángulo al SO que las capas de la Fm. Angostura que la superponen con una disposición general promedio N125/7SO. La diferencia en sus rumbos generales, aunque pequeña, apoya la suposición de que el límite entre estas dos formaciones, sería una discordancia regional no detectable en los cortes. Las capas que corresponden a la Fm. Tosagua(?) en el acantilado, se encuentran cubiertas y removidas por el primer derrumbe descrito en la sección 3.1.2.3.

**Fm. Angostura.-** Sus estratos presentan una disposición general N130/10SO en el acantilado y N120/5S en la carretera (medición hecha frente al campamento de HCC). El sentido del rumbo es casi el mismo, considerando que los valores constituyen una aproximación, dado el bajo ángulo de buzamiento. Se comprueba una ligeramente mayor inclinación de las capas en el acantilado, seguramente debida a reptación causada por el peso de la columna en el acantilado, su grado de fallamiento y el intemperismo al que han sido sometidas. De hecho, se comprueba la existencia de múltiples fallas de talud en los afloramientos del acantilado.



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL

En la sección aflorante en el acantilado, hacia el N, la Fm. Angostura se presenta bastante diaclasada y fallada. En general, en el acantilado, se encuentran dos juegos de fracturas: un conjunto con dirección general N90-N100 de diaclasas y pequeñas fallas, más recientes, y un conjunto con dirección general N45 de fallas más antiguas que presentan un mayor desplazamiento. En conjunto, las diaclasas tienden a buzarse al N (puntos 107 y 112, Mapa 2), si bien a un poco más de 100 m al S se presenta un tramo de alrededor de 1 kilómetro con predominancia de diaclasas que buzarse al S. Las fracturas suelen cortarse entre sí formando cuñas, las cuales son especialmente obvias en los puntos 108 y 111. En el punto 110 se midió una falla de posición N70/65N por la que el bloque N se hundió unos 2 m. Al S, donde el contacto con la Fm. Canoa se encuentra a 5 m de altura (punto 105), las fallas que cortan las capas y los nódulos y horizontes tobáceos contenidos en ellas buzarse con gran ángulo aparente al N, con los bloques subiendo y bajando aleatoriamente. En esta zona de *slumping*, los nódulos plegados buzarse ligeramente al N y presentan una disposición general local de N30/25NO.

Depósitos cuaternarios.- Afectando a los depósitos tipo Tablazo y otros depósitos pleistocénicos, se encuentran fallas de poco salto



(1 a 4 m, como en el punto 77) y pequeños bloques levantados tipo horst de no más de 45 m de ancho en el corte de la carretera (punto 84), un poco hacia el N de la entrada a Pile. También, en el acantilado, a menos de 200 m al NO de la entrada pública del balneario San José, una falla de dirección aproximada N40/80NO levanta el bloque N aprox. 1 m, rompiendo las coquinas de los depósitos tipo Tablazo que se encuentran al tope y abriendo una quebrada (punto 94). Esto evidencia una actividad tectónica durante el Pleistoceno superior y muy posiblemente también durante el Reciente. Los desplazamientos se encuentran mayormente cubiertos por pequeños derrumbes locales y afectados por la erosión. Así, las fallas pueden permanecer ocultas cuando afectan, en la superficie, a depósitos de arena o de arcilla no consolidados, pero pueden igualmente encontrarse muy bien representadas en el relieve cuando cortan las capas resistentes de la Fm. Tablazo.

### **3.2.2 Drenaje y Estructuras**

El patrón de drenaje en las tres zonas geomorfológicas definidas en la sección 3.1.1 se encuentra fuertemente influenciado por la presencia de fallas, lo cual es más evidente en las zonas

geomorfológicas 1 y 3. En realidad, en la zona geomorfológica 3, la red de drenaje evidencia dos conjuntos de alineamientos ortogonales entre sí: uno de dirección N40 y otro de dirección N130. En la zona geomorfológica 2 la dirección general es N120° (hacia el límite N) a N145 (hacia el S), y aunque no existen fallas mapeadas actualmente en dicha zona, se infiere un control estructural del drenaje por fallas de la misma dirección.

### **3.2.3 Análisis Morfo-Estructural**

La península de Manta al S de la falla San Lorenzo – El Aromo – Montecristi, presenta una morfología de meseta (zona geomorfológica 2). Este alto no es, sin embargo, una planicie con una misma cota promedio regional ni una superficie suavemente inclinada, sino que presenta más bien una geomorfología escalonada que se continúa en la zona geomorfológica 3.

Se realizaron 9 cortes topográficos en esta región de la península de Manta, que incluye la zona de estudio: 4 cortes en sentido NO-SE y 5 cortes en sentido NE-SO (CORTES 1-9 Cortes Geológico-Estructurales de la Región Sur de la Península de

Manta, presente estudio). En estos cortes se evidencian múltiples escalones que se encuentran en la mayoría de los casos delimitados por ríos y quebradas que se interpretan como fallas (ver sección 3.2.2 DRENAJE Y ESTRUCTURAS y Mapa 2. MAPA GEOLÓGICO-ESTRUCTURAL). También, la considerable magnitud del levantamiento de capas plio-cuaternarias depositadas casi horizontalmente y que no han sufrido mayores plegamientos (formaciones Canoa y Tablazo), hace inferir la presencia de múltiples e importantes fallas normales, posiblemente delimitando los escalones. Al esquema geomorfológico-estructural deducido se agregó una interpretación geológica de las formaciones afectadas por los fallamientos en profundidad. La correlación se basó principalmente en las observaciones de campo realizadas en el acantilado y en la carretera Santa Rosa-Puerto Cayo, y se apoyó adicionalmente en las observaciones y datos geológicos que se han efectuado previamente en otros puntos de la región [Torres, 1970; hoja geológica Montecristi, 1970; Benítez, 1985].

### **3.3 Estratigrafía**

Los resultados de los análisis sedimentológicos, petrográficos y bioestratigráficos de las muestras recolectadas se presentan en las secciones 3.3.2, 3.3.3 y 3.3.4 respectivamente. Para ubicar los puntos de toma de muestras, referirse al Mapa 1. MAPA DE UBICACIÓN DE MUESTRAS; para ubicar los puntos de observación a lo largo de la carretera, referirse al Mapa 2. MAPA GEOLÓGICO-ESTRUCTURAL DEL ÁREA DE ESTUDIO. Éstas fueron agrupadas de la siguiente manera:

#### CORTE DEL ACANTILADO (Corte 10)

En el acantilado comprendido entre el poblado de Santa Rosa, al Norte, y el balneario de San José, al Sur, afloran varias formaciones. Para propósitos de análisis, las muestras tomadas en el acantilado se subagrupan según la formación a la que pertenecen:

Formación Angostura - Tomadas hacia el Sur del poblado de Santa Rosa, tanto en el acantilado como en la carretera. Comprende las muestras VAC-01, -02, -03, -17, -18, -51, -52, -53, -63, -76 y -77.

Formación Canoa - Recolectadas en el acantilado, desde 3 Km. al Sur de Santa Rosa al N hasta el Río La Vainilla al S. Comprende las

muestras VAC-19, -54, -55, -56, -57, -58, -59, -61, -71, -72, -73, -74 y -75.

Depósitos recientes (San José) - Recolectadas en las secciones aflorantes en los afloramientos cercanos a San José. Comprende las muestras VAC-39, -40, -69 y -70.

#### OTROS SITIOS:

Formación Tosagua(?) - Muestra VAC-62, tomada en la carretera frente al paradero o mirador turístico del N de Santa Rosa, fuera del área de estudio.

Carretera - Recolectadas en los afloramientos al pie de la carretera, dentro del área de estudio. En general, los microfósiles se encuentran en mal estado de conservación, pero se pueden distinguir la Fm. Canoa y los depósitos cuaternarios que se corresponderían con la Fm. Tablazo. Comprende las muestras VAC-04, -05, -06, -07, -09, -32, -34, -37, -38, -48, -49, -50, -60, -64, -65, -66, -67 y -68.



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL

Pile - Recolectadas a lo largo del Río Pile, de su tributario y en las lomas que circundan al pueblo. Comprende las muestras VAC-22, -23, -24, -25, -26, -27, -28, -29, -30, -31, -33, -35, -36 y -78.

Río de Caña - Recolectadas en el poblado de Río de Caña y en el Río Los Mapas. Comprende las muestras VAC-10, -11, -12 y -13.

Camino a Ligüique - Muestra VAC-08, tomada en la carretera donde se bifurca el camino a Ligüique yendo desde San Lorenzo a Manta (fuera del área de estudio).

Manta - Muestras VAC-20 y VAC-21, tomadas en Manta, en el afloramiento bajo el Hotel Oro Verde.

Santa Rosa - Muestras VAC-14, -15, -16, tomadas en Santa Rosa, para confirmar la proveniencia de los depósitos que conforman los derrumbes del poblado.

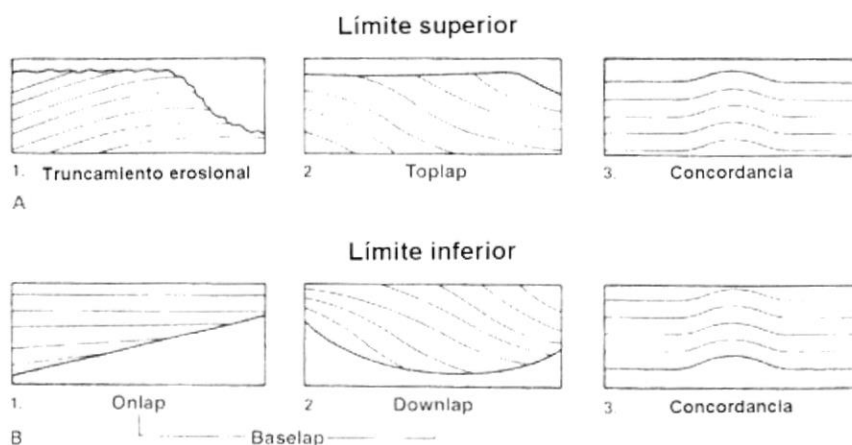
### **3.3.1 Litoestratigrafía**

#### **3.3.1.1 Introducción Teórica**

Una **secuencia sedimentaria** se define, de manera restringida, como una agrupación vertical de estratos limitados por discordancias. El concepto de secuencia fue extendido y redefinido por Mitchum, Vail y Thompson [1977] al definir una **secuencia deposicional** como

**una unidad estatigráfica compuesta por una sucesión relativamente concordante de estratos relacionados genéticamente y limitados en la base y techo por discordancias o sus extensiones laterales concordantes o correlativas.**

Según Boggs [1995], traducido por Benítez [2000], los estratos que conforman una secuencia pueden ser **concordantes**, es decir, paralelos al límite de secuencia, o **discordantes**, cuando no son paralelos al límite de secuencia. Las relaciones concordantes pueden ocurrir tanto en el límite superior como en el inferior de la secuencia y se expresan por su paralelismo con una superficie inicialmente horizontal, inclinada o irregular (Fig. 3.1).



**FIGURA 3.1** Tipos de discordancias hacia un límite secuencial (tomado de Boggs, 1995).

Dos tipos principales de discordancia se reconocen según la forma en que los estratos se terminan contra el límite de secuencia. **Truncamiento** es la terminación lateral de los estratos por efecto de erosión, afectando al techo de la secuencia deposicional; es muy común en las secuencias que han sufrido diastrofismo y erosión antes del depósito de la nueva secuencia; su extensión puede ser local o regional. **Lapout** es la terminación lateral de los estratos contra un límite de secuencia en su posición original (dentro de sus límites originales de depositación) y se denomina **baselap** cuando el límite de secuencia a que se hace referencia es el basal y **toplap**



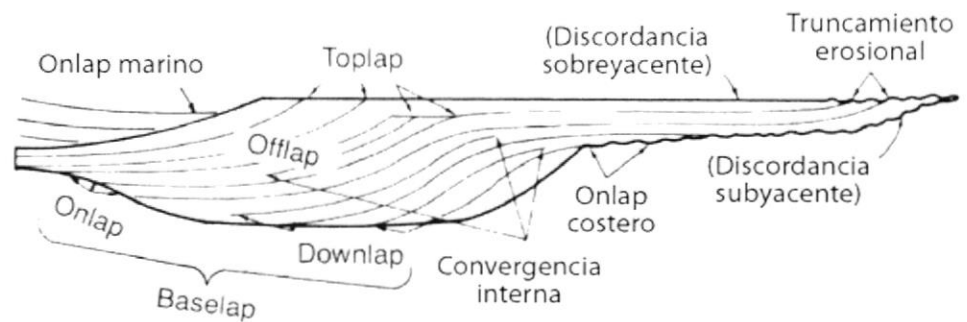
cuando el límite es el techo de la secuencia (Fig. 3.1).

El **baselap** puede ser de dos tipos (Fig. 3.1): **onlap** es la terminación sedimentaria de un estrato horizontal o ligeramente inclinado contra una discordancia de mayor inclinación, caracterizando especialmente a las facies proximales de las cuencas (tal como el onlap costero); **downlap** es la terminación lateral de un estrato inclinado contra una superficie horizontal o de menor inclinación, caracterizando a las facies distales de una cuenca. Ambas figuras representan un hiatus de sedimentación en el límite de secuencia y no un fenómeno erosivo.

El **toplap** es la terminación superior de un estrato inclinado contra un estrato horizontal o discordancia suprayacentes (Fig. 3.1). Al igual que el *baselap* (*onlap* y *downlap*), no representa un período erosivo sino un hiatus de sedimentación. El *toplap* resulta de la existencia de un nivel de base muy bajo, lo que permite la transferencia de sedimentos probablemente con un poco de erosión, al mismo tiempo que se produce un depósito de progradación superficial inmediatamente por

debajo del nivel de base.

Una transgresión seguida por una regresión tiende a producir una cuña en la que sedimentos más profundos (más marinos) se depositan sobre sedimentos más someros en la parte basal de la cuña y luego sedimentos más someros se depositan sobre los sedimentos más profundos al tope de la misma. Esta forma de depositación recibe el nombre de *onlap* costero, y puede ser particularmente útil para determinar variaciones cíclicas del nivel relativo del mar (Fig. 3.2).



**FIGURA 3.2** Esquema ilustrando los diferentes tipos de discordancias, incluyendo los *onlaps* costero y marino (tomado de Boggs, 1995).

Otra figura importante es el **offlap**, que representa los

techos de los estratos muy inclinados que forman parte de una secuencia de **progradación frontal** con **megaestratificación cruzada** que caracteriza a los depósitos deltaicos distales (Fig. 3.2).

Los cambios del nivel del mar han sido estudiados de manera particularmente intensiva por P. R. Vail y sus asociados en el laboratorio de investigación de Exxon en Houston [Vail, Mitchum y Thompson, 1977a, 1977b, en Boggs, 1995; Haq, Hardenbol y Vail, 1988, en Boggs, 1995]. Estos autores utilizaron datos de sísmica y afloramientos en superficie para integrar ocurrencias de *onlap* costero, *onlap* marino (de aguas profundas) y *lapout* de base y de tope en un modelo que involucra oscilaciones asimétricas del nivel relativo del mar. Principalmente, infirieron cambios relativos en el nivel del mar por referencia a cartas o cuadros de *onlap* costero. La magnitud de progradación costera es una medida de la subida relativa del nivel del mar y el desplazamiento hacia el mar del *onlap* costero indica una bajada relativa del nivel del mar; una estabilidad relativa del nivel del mar es indicada por *toplap* costero. Los cambios en

*onlap* costero relativo son usados como base para inferir los cambios. El intervalo de tiempo ocupado por una subida y una bajada relativa del nivel del mar, interpretado a partir de un cuadro de *onlap* costero, constituye un ciclo de cambio relativo del nivel del mar en una región. Después de su publicación, los cuadros de *onlap* costero de Exxon y las curvas del nivel relativo del mar inferidas a partir de estos cuadros generaron un vivo interés, discusión y controversia entre los geólogos [Boggs, 1995].

### 3.3.1.2 Observaciones de Campo

Aflorando en el acantilado encontramos, de NNO a SSE, depósitos marinos progresivamente más jóvenes y más someros. Éstos se agrupan en las formaciones Angostura, Canoa con sus miembros Inferior y Superior, Tablazo, y depósitos del Cuaternario indiferenciado (post-Tablazo). Se reconocen 2 límites formacionales discordantes: la discordancia erosiva entre las formaciones Angostura y Canoa de edad N12 superior a N19, y la discordancia regional bajo la Fm. Tablazo de



edad Plioceno superior-Pleistoceno basal. La formación Tablazo descansa en discordancia sobre la formación Canoa. Se presenta la posibilidad de que exista una tercera discordancia del Mioceno medio (biozona N11) en el contacto entre las formaciones Tosagua(?) y Angostura, de estar presente esta última formación en el límite N del área de estudio.

A continuación, referirse al CORTE 10. Corte Geológico Detallado del Acantilado entre Santa Rosa Y San José.

*Formación Angostura.-* Al Norte, por la carretera, las rocas presentan una litología similar a la de la Fm. Tosagua (lutitas laminadas gris oscuro que meteorizan a marrón). Hacia el Sur del pueblo de Santa Rosa y del primer derrumbe descrito en la sección 3.1.2.3 DERRUMBES, en un acantilado que alcanza 80-90 m de altura, se encuentran las lutitas arcillosas calcáreas deleznales, diaclasadas y cizalladas de la formación Angostura. En el extremo N del acantilado, la litología aflorante consiste de arcillolitas gris oscuro a claro. A 1.5 Km. al S de Santa Rosa, por la playa, a 35 m de altura se



CIB-ESPOL

observa un quiebre geomorfológico de la pendiente del acantilado y un cambio litológico a un color blanco más homogéneo y a una mayor laminación. Arriba del cambio, la pendiente es escarpada, subvertical, la estratificación se hace más notoria, y las lutitas se vuelven más limosas y aparentemente más tobáceas.



CIB-ESPOL

Los nódulos se vuelven localmente más frecuentes, y a 3.4 Km. al S de Santa Rosa, a 6-10 m sobre el nivel de la playa, presentan un intenso plegamiento de carácter sinsedimentario debido a un depósito de tipo *slump*.



CIB-ESPOL

También los horizontes tobáceos, de espesores centimétricos, localmente alterados a yeso, aparecen con mayor frecuencia, y hacia el tope, desde unos 3.1 Km. al S de Santa Rosa hasta donde la discordancia con la Fm.



CIB-ESPOL

Canoa suprayacente llega a la playa, se observan con una frecuencia local de hasta cada 2 m. En la zona de plegamiento nodular, los horizontes tobáceos se encuentran también muy deformados, pero por encima de la misma vuelven a presentarse rectos y concordantes con el sentido del buzamiento regional. La potencia total de la Fm. Angostura se estima entre 600 y 700 m.



CIB-ESPOL

Formación Canoa.- El límite entre la Fm. Angostura y la Fm. Canoa es una superficie discordante de erosión que buza al S con un ángulo menor al del buzamiento de las lutitas de Angostura infrayacentes. En los sedimentos limosos no consolidados de la Fm. Canoa s.s., no se ve estratificación en sentido estricto, pero la presencia de delgadas capas tobáceas, de nódulos y niveles de *hardground* indican un plano regional de depositación cuyo buzamiento aparente visto en el corte del acantilado es ligeramente menor a  $1^\circ$  hacia el SSE. Si el buzamiento real es hacia el E, como se infiere, su valor sería de varios grados.

Esta capa basal constituye la primera capa limo-arcillosa verde oscuro del Miembro Canoa Inferior; es más limosa hacia la base, más arcillosa hacia el S de El Mangle (5.35 Km. al S de Santa Rosa por la playa), y luego nuevamente más limosa hacia el tope. Tiene una potencia calculada entre 60 y 65 m, dado que aflora por 3.7 Km. de playa intinterrumpidamente. Su base llega al nivel de la playa a 3.25 Km. al S de Santa Rosa o a 900

m al N de El Mangle, y su tope a 2.8 Km. al S de El Mangle o a 250 m al S de Barranco Azul. La columna tipo de la Fm. Canoa, de 42-45 m de potencia, fue levantada en esta capa por Pilsbry y Olsson [1941], a la altura de Punta Canoa.

Aunque hacia el S de El Mangle afloran zonas con abundantes fragmentos de conchas de moluscos dispersos en el sedimento, se reconocen por lo menos 3 niveles delgados y muy ricos en conchas de moluscos o *hardgrounds*: a 5 m sobre la base discordante con Angostura, a 4 m bajo el tope de esta capa, y en el tope de la misma, donde marca un límite regresivo. Dos delgados niveles nodulares dolomíticos (menos de 25 cm de espesor), que están separados aprox. 1 m entre sí, se encuentran a 1350 m al N del tope a lo largo de la playa, es decir a 22-23 m por debajo del tope.

Sobre esta capa descansan 4-5 m de areniscas calcáreas endurecidas, que corresponden a la parte distal de una barra costera. Esta facies, notoriamente más proximal que la subyacente, marca un evento





CIB-ESPOL



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL

regresivo. Sobre estas calcarenitas se encuentra una arcilla verde oscuro sumamente plástica, que constituye un derrumbe (el tercer derrumbe descrito en sección 3.1.2.3 DERRUMBES), y cuyo afloramiento es muy escasamente visible y se encuentra prácticamente cubierto. Esto se aprecia hacia el S a partir de 2.8 Km. al S de El Mangle o, lo que es lo mismo, a 300 m al S de Barranco Azul.

En el mismo sitio se observa que unos 3 m de arenas con estratificación cruzada sobreyacen la arcillolita verde oscuro del derrumbe. Estas arenas cruzadas se corresponden con una nueva facies proximal de barras litorales (segundo evento de barras), y 250 m más al S pasan a una facies más distal de arenas masivas bioturbadas.

Este segundo evento de barras litorales es sobreyacido, a su vez, por 0.5 m (?) de arena fina amarillenta, visible en este mismo sitio del derrumbe. Esta delgada capa engrosa considerablemente hacia el S, alcanzando entre 8 y 10 m de potencia donde su base llega al pie del

acantilado, aún cubierta por parte del derrumbe (a 3.5 Km. al S del El Mangle o a 1 Km. al S de Barranco Azul). Constituye una facies un poco más distal: su base y su parte media consisten en arena fina bioturbada, luego presenta delgados niveles de pequeñas concreciones calcáreas orgánicas que forman pequeños nódulos relictos de canales de bioturbación, y al tope pasa a limolita arenosa verdosa con un nivel de *hardground* a 1.5 m de su tope. Estos depósitos, que aún se consideran distales, van a constituir el tope del Miembro Canoa Inferior.

El notable engrosamiento de esta última capa distal hacia el S se debe a su depositación en *onlap* sobre una superficie mucho más inclinada que las anteriores, y es probable que su depositación haya sido contemporánea con el levantamiento de la parte N de esta superficie. Incluso, el origen por remoción masiva de los subyacentes depósitos arcillosos verde oscuro del derrumbe (ver sección 3.3.4 BIOESTRATIGRAFÍA) sugiere que el inicio del levantamiento es anterior a la depositación de esta capa. La depositación de algunos



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL

estratos en *onlap* y de sus directamente suprayacentes en *toplap* se va a repetir varias veces hacia el S antes de llegar a San José. Un estudio más profundo y detallado de los mismos podría datar con mayor o menor exactitud los ciclos de variación del nivel eustático del mar, los cuales causan una ciclicidad en la litología y sedimentología de estos depósitos.

Sobre esta capa distal que constituye el tope del Miembro Canoa Inferior, yace en *onlap*, a 200 m al S del punto en que ésta alcanza la base, un delgado estrato de arena masiva que engrosa hasta alcanzar una potencia máxima aflorante de 3 m a 650 m de su primera aparición. Esta arena masiva constituye la base del Miembro Canoa Superior.

En *toplap* la cubre una secuencia de arenas que, en su extremo N (750 m al S de Barranco Azul) nace como arenas con laminación paralela recta, para desarrollarse como arenas con estratificación cruzada (2.5 m inferiores), estratificación convoluta (2.5 m centrales), y laminación subhorizontal paralela recta (1.5 m

superiores), alcanzando su base el pie del acantilado a aprox. 2050 m al S de Barranco Azul.

En *onlap* aparecen, a aprox. 1425 m al S de Barranco Azul, una capa de arenas amarillas bioturbadas con una potencia máxima aflorante de 3 m al llegar su base al pie del acantilado, aprox. 2250 al S de Barranco Azul. Un *hardground* marca su tope discordante.

En *toplap* la sobreyace una capa de arenas limosas – limos arenosos, que nace prácticamente en la mitad Sur del derrumbe (a 700 m al S de Barranco Azul) a aprox. 14 m sobre el nivel del acantilado; ahí se presenta como una arena masiva de 1 m de potencia; 1.5 Km. al S de Barranco Azul alcanza 2 m de potencia y presenta numerosos niveles de pequeñas concreciones nodulares debidas a bioturbación relictas; al llegar su base al pie del acantilado (2.5 Km. al S de Barranco Azul), alcanza 3 m de potencia y se distingue una débil estratificación paralela recta y unos pocos y tenues niveles de concreciones.

Hacia su tope, a 2250 m al S de Barranco Azul y a 6 m sobre la base del acantilado, aparece un nivel calcáreo endurecido de menos de medio metro de espesor, de base erosiva, que presenta por lo menos 3 secciones de paleocanales. Unos 300 m al S grada a una calcarenita coquinácea.

En *onlap* yace una nueva secuencia de arenas cruzadas, convolutas y laminadas paralelamente, de aproximadamente la misma potencia pero con una predominancia de las arenas cruzadas de barra sobre las otras: de hecho, su primera aparición hacia el N, a 2 Km. al S de Barranco Azul, es de arenas cruzadas. Este hecho se debe a que su verdadero límite deposicional superior fue erosionado (tope truncado) y la Fm. Tablazo la sobreyace discordantemente.

Esta secuencia de arenas se va a continuar, a dividir y a diversificar, incluyendo nuevas capas que engrosan hacia el S, volviéndose más distales en esta dirección, pero sin alcanzar potencias mayores a 2 m al S de la desembocadura del río La Vainilla. Los depósitos

continuarán siendo de arenas litorales, localmente más o menos bioturbadas, más o menos laminadas, algunas cruzadas pero con ángulos menores, con algunos niveles limo-arenosos verdoso claro que corresponden a horizontes más tobáceos (muestras VAC-39 y VAC-40). Localmente las capas más gruesas, micro-conglomeráticas, pasan a calcarenitas bioclásticas con estratificación cruzada, las que no deben confundirse con las coquinas y los depósitos litorales similares de gran continuidad lateral de la Fm. Tablazo, que se encuentran por encima de la discordancia.

**Formación Tablazo.-** La discordancia plio-cuaternaria sobre la que yace la Fm. Tablazo en *onlap* con los depósitos litorales más superiores del Miembro Canoa Superior y en discordancia erosiva sobre los depósitos del Miembro Canoa Inferior y más antiguos, es una superficie de transgresión recta, casi horizontal, de gran extensión, y que se puede seguir desde San José al S hasta las cercanías del derrumbe del Sur de Barranco Azul al N (tercer derrumbe descrito en sección 3.1.2.3 DERRUMBES), donde se encuentra muy erosionada y

cubierta como para seguirla desde la playa. Se ven depósitos tipo Tablazo descansando también sobre el nacimiento de una barra, ya posiblemente cuaternaria, al N del sitio Las Goteras, a 200 m al S de los nódulos dolomíticos, es decir, prácticamente sobre el Miembro Canoa Inferior o Fm. Canoa s.s., a aprox. 23 m sobre la base del acantilado. En el sitio del derrumbe, tierra adentro, también se encuentra un nivel de coquina tipo Tablazo, muy continuo (llega hasta Pile), a 50-55 m.s.n.m.; en este caso se trataría de otro nivel de formación de terraza marina. A 4.4 Km. al S de Santa Rosa se observan arenas tipo Tablazo a aprox. 50-60 m de altura, sobre las arcillolitas de Canoa, correlacionables con el nivel de coquina que llega a Pile. A 3.6 Km. al S de Santa Rosa, las arenas tipo Tablazo alcanzan 70-80 m de altura.

Por San José, desde la entrada a la playa hasta 1 Km. al N, sobre la discordancia se presentan varios niveles bioclásticos de coquinas formando una secuencia grano-estrato-decreciente cuya base es una capa de coquina de base localmente ondulada y con estratificación





cruzada de bajo ángulo. Todo el conjunto, con sus sedimentos intercalados, se consideran depósitos de la Formación Tablazo por su posición estratigráfica.

*Cuaternario post-Tablazo indeferenciado.*- En la entrada pública a la playa, al N del río San José, se observa el en corte de 2 a 3 m de un relleno limoso de canal de río, lo que constituye un depósito reciente. Unos 600 m al S de dicha entrada se encuentran depósitos similares pero húmedos, meteorizados a verde oliva y con yeso local (muestras VAC-69 y VAC-70); muy probablemente éstos últimos constituyeron depósitos de un delta de río (ver sección 3.3.4.2 PALEOAMBIENTE DE DEPOSITACIÓN – Depósitos recientes).

### **3.3.2 Sedimentología**

#### CORTE DEL ACANTILADO

En el acantilado entre Santa Rosa y Punta Canoa afloran arcillolitas y lutitas calcáreas gris oscuras a gris oliva oscuro en superficie fresca, que hacia arriba pasan a amarillo oliva, blanco,

gris claro y amarillo pálido. Éstas han sido todas atribuidas a la Fm. Tosagua por Whittaker [1988] y autores posteriores, quienes no han entrado en detalle en su definición ni han profundizado en su descripción.



CIB-ESPOL

**Fm. Angostura.- Las lutitas calcáreas arcillosas grises visibles en**

la carretera al N de Santa Rosa y que se alteran a marrón chocolate son muy semejantes a la litología de la Fm. Tosagua s.s., apreciable en la mayoría de los afloramientos de la Cuenca Manabí. Se encuentran horizontes tobáceos localmente



CIB-ESPOL

amarillentos por la formación de yeso diagenético y nódulos calcáreos (muestra VAC-64). Esta litología es similar a la de la

Fm. Dos Bocas de la Cuenca Progreso. Las lutitas grises pasan a lutitas más limosas, calcáreas, blancas, gris claro y amarillo pálido que se encuentran sobre las primeras en aparente concordancia. El cambio de color parece obedecer a un mayor



CIB-ESPOL

contenido de ceniza volcánica. Se encuentran más horizontes tobáceos y nodulares dolomíticos. En Punta Canoa y a pocos metros al N, los nódulos evidencian un marcado plegamiento sinsedimentario y las capas de ceniza asociadas presentan deformación por fluencia. En los niveles inmediatamente sobreyacentes, a menos de 5 m bajo el contacto discordante con



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL

la Fm. Canoa, las capas de lutita y sus horizontes tobáceos se vuelven a presentar rectos y concordantes con el buzamiento anterior.

Fm. Canoa.- Aflorando en el acantilado se encuentran las limolitas localmente más o menos arenosas y arcillosas de la Fm. Canoa s.s., aquí referida como Miembro Canoa Inferior, de color gris oliva oscuro con tonos azul verdosos, cuando no se encuentran oxidadas. Hacia el S, a partir del sitio denominado Las Goteras, a 1.8 Km. al SSE de El Mangle, se presentan intercalaciones de depósitos de barras, encontrándose a partir de ese sitio ya sólo dos unidades de limos verdosos transgresivos, menos potentes, para luego dar paso a las barras arenosas y los depósitos litorales típicos del Miembro Canoa Superior.

En general, en las muestras de limo marrón oliva se encuentran óxidos y una marcada menor proporción de granos verdeazulados de vidrio cloritizado en relación con los sedimentos limosos mejor preservados. En las muestras con manchas de óxidos macroscópicamente visibles, los granos

verdeazulados se encuentran ausentes (como en la muestra VAC-61) pues sufren oxidación.

#### *Miembro Canoa Inferior*

Directamente sobre el contacto discordante con la Fm. Angostura, el Miembro Canoa Inferior o Fm. Canoa s.s. se presenta como una limolita arenosa con arcilla, de arena muy fina, y su color es el típico gris oliva oscuro (muestras VAC-54 y VAC-19). Unos 200 m al Sur de Punta Canoa, al comienzo del derrumbe, ya caen en el acantilado los mismos sedimentos pero oxidados. Desde ahí y por casi dos kilómetros de playa predomina la arcilla, y hay un contenido importante (>25%) de limo, lo que sugiere condiciones locales de una depositación marina más profunda. Luego, disminuye la arcilla, aumenta la arena y sobretodo el limo, y aparece un nivel nodular dolomítico-limolítico delgado, de entre 10 y 20 cm de espesor, y a un metro por encima un nivel endurecido lutítico-dolomítico que presenta una estructura externa bandeada de deformación por sobrecarga. El color de estos dos niveles nodulares es gris oliva con manchas de óxido, y los sedimentos próximos también presentan un notable contenido de óxidos. Hacia el Sur

desaparece por completo la arcilla y se presenta un limo arenoso de marcado tono azul verdoso oscuro (muestra VAC-72), el mismo que en Barranco Azul (4 Km. al SSE de Punta Canoa) vuelve a presentar un poco de arcilla y de óxidos, y dos niveles transgresivos de *hardground*: uno a un metro de su tope y otro al tope marcando la discordancia. La potencia de estos sedimentos marinos se estima en alrededor de 60 m.

En la quebrada a 200 m al SSE de Barranco Azul, llegan a la base del acantilado unos depósitos transgresivos de arenas de barra con estratificación cruzada localmente endurecidos y sobre ellas arenas masivas con estratificación convoluta. Este paquete alcanza aprox. 5 m de potencia. Sobre éstos se encuentran nuevamente sedimentos marinos más profundos, arcillosos, con menos de 10% de limo y arena (muestra VAC-71), cuyo afloramiento casi no resulta visible por el derrumbe; se estima su potencia en 5 m. A éstos los sobreyacen nuevos depósitos transicionales de arenas cruzadas sobreyacidas por arenas masivas convolutas, más potentes que el anterior paquete, y visibles en el mismo sitio. Y sobre estos nace una arena muy fina amarillenta que buza y se engrosa hacia el S hasta alcanzar una potencia máxima aflorante de 8 m a 1 Km. al SSE de

Barranco Azul, al llegar a la base del acantilado. Ahí se constituye en su base y su parte media como una arena limosa amarillo verdoso, bioturbada y con fósiles de moluscos, más litoral, mientras que hacia el tope se vuelve más verdosa, aumenta el contenido de limo, y se encuentra un nivel de *hardground* a un metro del tope.

#### *Miembro Canoa Superior*

Sobre la última capa descrita yace, en *onlap*, una capa de arenas finas, algo oxidadas, masivas, cuya primera aparición se distingue a 9 m sobre la base del acantilado a 1.15 Km. al SSE de Barranco Azul. Se engrosa hacia el Sur, como todas las capas anteriores, y su base alcanza el pie del acantilado 1.8 Km. al SSE de Barranco Azul, alcanzando una potencia máxima aflorante de 3 m.

En *toplap* sobre esta última capa y la anterior, se depositaron arenas medias con estratificación cruzada en la parte inferior (3-4 m de espesor), con estratificación convoluta hacia la mitad (aprox. 4 m de espesor) y con laminación paralela recta al tope. Esta capa nace a 750 m al SSE de Barranco Azul. Se distinguen

estructuras sedimentarias tipo *herring bone*, que indican depositación en ambiente con fuerte influencia mareal. Este ciclo va a constituir una parasecuencia que se repetirá posteriormente hacia el Sur.

Sobre el ciclo anterior aparece una capa de arena media calcárea, bioturbada, de potencia máxima aflorante de 3 m, con fragmentos de conchas y con un nivel de *hardground* en el tope discordante que se hace distinguible hacia la mitad Sur aflorante, y más notorio más hacia el S (ambiente más marino). La sobreyace una arena fina algo limosa, amarillo oliva, laminada, bioturbada, con horizontes de pequeñas concreciones nodulares, de metro y medio de potencia. Sobre esta delgada capa yace un nivel resistente de base erosiva ondulada, calcáreo y microconglomerático, donde se distinguen varios paleocanales.

Sobre el nivel conglomerático se depositaron potentes secuencias de arenas cruzadas, convolutas y laminadas, repitiéndose el ciclo o parasecuencia indicado anteriormente. Las arenas cruzadas gradan lateral y localmente a microconglomerados bioclásticos, y en partes se vuelven coquinas localmente potentes.

Los afloramientos al S de la desembocadura del Río La Vainilla, a 2.5 Km. al NO de la desembocadura del Río Callejón o San José, son enteramente depósitos litorales de Canoa Superior. Las arenas con estratificación paralela, cruzada y masivas dominan, presentando localmente abundante bioturbación y frecuentes niveles microconglomeráticos bioclásticos. La potencia máxima que aflora en el acantilado se estima en 25 m.

Entre dos niveles de calcarenitas bioclásticas se recolectaron las muestras VAC-39 y VAC-40, en una capa que aparece y se engrosa hacia el Sur hasta alcanzar 1.5 m al llegar a la base del afloramiento. Son areniscas limoarcillosas que presentan componentes volcánicos similares a los de las zonas de Río de Caña y Pile, con abundante anfíbol y marcada presencia de óxidos y de vidrio cloritizado, éste último común en el Miembro Canoa Inferior. La coloración verdosa clara se presenta localmente en bloques caídos de arenisca limoarcillosa blanca gris tobácea, por lo que se asume es producto de la alteración por el contacto con el agua; lo mismo se observa en capas blancuzcas que se tornan verdosas en los afloramientos de El Mangle. Se sugiere que esta litología es producto de la caída de



ceniza limo-arcillosa en un ambiente litoral de aguas relativamente agitadas, por un tiempo prolongado.

*Estructuras sedimentarias del Miembro Canoa Superior (Mapa 2. MAPA GEOLÓGICO-ESTRUCTURAL):* En el acantilado, 100 m al N de la desembocadura de la quebrada El Mono, en el tercer evento de barras de arenas litorales de la Fm. Canoa se encuentran estructuras sedimentarias de depositación tipo *herring bone* o “en espina de pescado”, la misma que indica un sentido local de fuertes mareas de dirección N10-N190, lo que se traduce en una paleolínea de costa local de rumbo N110. Al S, a aprox. 600 m al SSE de la mencionada desembocadura, la estratificación cruzada registrada por las arenas del cuarto evento de barras litorales indican un sentido de paleocorriente de N140. Y a 400 m al SSE de este punto, es decir a un poco más de 1 Km. de la quebrada El Mono, la intersección de canales en arenas con estratificación cruzada en festón (quinto evento de barras litorales) indican un sentido de paleocorriente de N250. Estos sentidos de paleocorriente se correlacionan aproximadamente con el rumbo de la paleolínea de costa, los cuales serían de N50 para el cuarto evento de barras y N160 para el quinto evento de barras, promediándose estos dos

valores en N105, valor concordante con el calculado por el *herring bone* del tercer evento de barras litorales.

*Fm. Tablazo.*- Entre un microconglomerado de estratificación cruzada en festón que lateralmente pasa a arenas bioturbadas abajo y una capa coquinácea arriba, aparece una capa de limo con arena y arcilla, con fauna marina bien preservada, que marcaría el último evento transgresivo de la Fm. Canoa (muestra VAC-55). Con este nivel se sigue una discordancia casi horizontal hacia el N y hacia el S, sobre la cual yacen depósitos litorales que por su gran continuidad lateral, su potencia y su composición constituyen depósitos tipo Tablazo y son atribuidos a la formación de dicho nombre, claramente distinguibles a 1 Km. al N de San José. Esta es una superficie recta, de gran continuidad lateral y levemente inclinada hacia el Sur. En su punto más meridional, se ubica a 2.5 m sobre la base del acantilado, mientras que en el sitio del deslizamiento al Sur de Barranco Azul se encuentra a unos 15 m por encima del nivel de la base del acantilado.

*Estructuras sedimentarias de la Fm. Tablazo (Mapa 2. MAPA GEOLÓGICO-ESTRUCTURAL):* A aprox. 1 Km. al SE de San

José, en los depósitos tipo Tablazo, se tiene un sentido de paleocorriente N140 indicado por el sentido de buzamiento de clastos imbricados contenidos en una calcarenita gravosa.

Depósitos recientes (San José).- Las muestras VAC-69 y VAC-70 fueron tomadas a 1 Km. al S de la desembocadura del Río Callejón en dos horizontes de arcilla arenosa calcárea casi contiguos a 4 m sobre la base del acantilado, que descansan sobre arenas bioturbadas, intercalaciones delgadas arenosas y microconglomeráticas, y lentes conglomeráticos de canales litorales. Se corresponden probablemente a un canal de estero parcialmente cerrado, que lavó los sedimentos finos volcánicos. En las capas asociadas hay yeso diagenético. En las capas subyacentes se observa hacia el S un cambio lateral hacia facies más distales y marinas: menor contenido de arena y de clastos y fragmentos líticos, menos cemento calcáreo, y menor potencia de las capas.

#### OTROS SITIOS

Carretera.- Frente al campamento de la compañía HCC S.A., se encuentra un afloramiento en el corte de la carretera donde se

observa la discordancia entre los sedimentos pliocenos de la Fm. Canoa y las rocas miocénicas de la Fm. Angostura. Ahí se tomó la muestra VAC-04, una arcilla arenosa fosilífera marrón amarillenta que se asemeja en apariencia a la muestra VAC-08 en el camino a Ligüique y a los depósitos típicos considerados, en la península de Manta, como correspondientes a la Fm. Canoa, si bien la muestra VAC-04 contiene más arcilla y una microfauna marina más abundante y mejor preservada.

Hacia el S, hasta 1 Km. antes de la H. La Clemencia, los afloramientos son escasos y se encuentran bastante cubiertos por la vegetación y reabajados. La arcilla marrón oliva claro a amarillo oliva se hace más arenosa y localmente empiezan a aparecer capas de arenas limpias y de arcillas verdosas con arena, éstas últimas semejándose a las capas tobáceas alteradas del corte del acantilado. De hecho, en ciertos cortes se observan arenas limosas blancuzcas directamente sobre niveles de arenas o limolitas verduzcas, confirmando que la coloración verdosa se debe a la alteración de sedimentos tobáceos, al menos localmente.

bioclástica con ligera gradación vertical granodecreciente, moderadamente a muy endurecida, de potencia aprox. 2 m y fauna típica del Pleistoceno inferior. Localmente se observa una base erosiva ondulada.

Las arenas bioturbadas presentan fragmentos de limolita verdosa y de vidrio, junto con componentes marinos, y localmente se observan las perforaciones (bioturbación) rellenas por material tobáceo cuando las sobreyace un horizonte blanco.

En el punto 54, a un poco más de medio kilómetro al N de la entrada a Río de Caña, sobre unas arenas medias a gruesas que hacia abajo se convierten en microconglomerados bioclásticos, aparece una arcilla arenosa marrón y una verde oliva oscuro, similar ésta última a la visible a menos de 1 Km. al N de Las Goteras, en el acantilado. Aquí, juntas alcanzan 3 m de potencia, ubicándose la arcilla marrón en el metro inferior y con un contacto deformado por la plasticidad del sedimento. Este punto se encuentra justamente al E, en línea recta, del afloramiento de nódulos dolomítico-limosos del acantilado, los que se ubican estratigráficamente un poco por encima de las arcillas verdes y marrones que constituyen el derrumbe 200 m al



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL

**Norte (segundo derrumbe, sección 3.1.2.3 DERRUMBES) y a las que se asemejan las arcillas del punto 54.**

Otra posible correlación ocurre en el punto 47, unos 2.5 Km. al SSE de la entrada anteriormente referida, donde se observa un nivel de aprox. 60 cm de arena limosa bastante oxidada, a cuya base y tope aparecen nódulos de arena calcárea endurecidos, sobre una capa de arena media masiva gris marrón y bajo arena media a fina gris a marrón oxidada, con fuerte bioturbación y laminación recta. Este nivel se podría correlacionar con el nivel arcilloso oxidado entre las calcarenitas que constituye la transgresión bajo la bse discordante de la Fm. Tablazo del acantilado (muestra VAC-55), el cual aflora en el acantilado a 1 Km. al Sur de la línea recta E-O trazada desde este punto.

Hacia el S de la entrada a Río de Caña los afloramientos son menos potentes, hasta desaparecer al S de la entrada al balneario San José. Se corresponden con depósitos pleistocénicos y recientes. Los sedimentos aflorantes se vuelven más tobáceos, hay mayor presencia de yeso diagenético, y localmente aparecen lentes conglomeráticos con abundantes clastos tobáceos redondeados y algunos líticos máficos

redondeados de Cayo y angulosos de Piñón. En el punto 50, unos 600 m al N del punto 47, se observa una capa conglomerática de base erosiva de clastos blancos dispuestos en desorden, inmediatamente sobreyacida por arenas laminadas bioturbadas con clastos blancos. Podría tratarse de un depósito de movimiento de masa de muy grandes proporciones que ocurriera en una cuenca marina somera.

Pile.- En el pueblo de Pile abundan las arenas tobáceas mal clasificadas, de ceniza tamaño limo, con microfauna corroída y clastos líticos volcánicos máficos milimétricos redondeados. Localmente hay un depósito tipo Tablazo a la altura del Río Pile (muestra VAC-26), a aprox. 55 m.s.n.m., relativamente continuo, de base erosiva y de 1.5 m de potencia. Este depósito presenta gradación vertical, pasando de conglomerado bioclástico a microconglomerado igualmente fosilífero hacia el tope, y contiene clastos tobáceos arenosos.

En las lomas que rodean al pueblo por el S y el O, se distinguen 3 horizontes de arenas tobáceas con influencia litoral, siendo éstos posteriores al depósito tipo Tablazo arriba mencionado por su posición **estratigráfica** relativa, aunque no han sido fechados

por ningún método. También, al tope de las mismas, a aprox. 100 m.s.n.m. se encuentran bloques de coquina de más de 1 m de potencia. Éstas son de color amarillo marrón como el Tablazo de Manta, presentan estratificación, más no una marcada gradación vertical. Nunca se encontró el afloramiento de las coquinas en estas lomas, pero sí en la carretera contigua a Pile, al S y al N, a 105 m.s.n.m.

Se observan depósitos arenosos de flujos de masa o de granos tobáceos en el pueblo en quebradas que dan al río y por la Hacienda La Clemencia, al N. Su potencia media varía entre 2 y 5 m. La abundancia de estos depósitos lleva a sugerir que la falla del río Pile ha sido muy activa durante el Cuaternario, posiblemente desde poco tiempo después de la emersión de los depósitos litorales volcánicos que se observan en las lomas. La abundancia de estructuras de escape de fluidos (a menudo referidas como estratificación convoluta) en las potentes capas de arenas masivas aflorantes en el pueblo y en sus cercanías en la carretera también apunta a una relativa frecuencia de movimientos sísmicos-tectónicos.



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL



Río de Caña.- En el poblado de Río de Caña abundan, como en Pile, arenas arcillosas con decidida influencia volcánica, depositadas submarinamente. Estas arenas friables presentan estratificación paralela y cruzada de bajo ángulo, y localmente se aprecian cortes de pequeños paleocanales con fósiles de moluscos. Aunque no existen buenos afloramientos dada la poca elevación y el bajo desnivel de la zona, en el cementerio de Río de Caña, a aproximadamente 50 m.s.n.m., aflora una toba que no presenta mezcla con otros sedimentos (muestra VAC-11). Es silíceo, muy fina, masiva, friable y conforma un manto de 1.50 m de potencia, cubierto por unos 30 cm de suelo. Al no presentar microfósiles, podría tratarse de un depósito subaéreo y ser objeto de datación radiométrica.

Los ríos Camarones y Los Mapas, hasta 3 Km. al NNE, continúan presentando en sus cauces fragmentos de toba gris oliva, líticos volcánicos máficos redondeados de tamaño milimétrico y fragmentos calcáreos. Estos ríos tienen un cauce importante, alcanzando su ancho los 20 m y formando una terraza de 5 m de depósitos fluviales. Localmente se presentan conglomerados en los que abundan los clastos arenosos tobáceos.

Camino a Ligüique.- A unos 3 m sobre el nivel de la carretera, donde ésta se encuentra con el camino a Ligüique, aflora una arenisca fina arcillosa y bioclástica amarillo parduzca de elevada porosidad (muestra VAC-08), la que por su posición estratigráfica se corresponde con el Plioceno. Este tipo de sedimento es el que aflora en las zonas al interior en donde se mapea la Fm. Canoa como subyacente directa de la Fm. Tablazo, y se corresponde con los depósitos más proximales del Miembro Canoa Superior como los mencionados por Torres [1973].

Manta.- El "Tablazo de Manta" [Hoffsteter, 1948] (muestra VAC-20, afloramiento del Hotel Oro Verde) es más heterogéneo y endurecido que los depósitos de Pile, y su color es más amarillento. Es una arenisca calcárea gruesa, porosa, mal clasificada localmente, de matriz arcillosa, con gradación vertical. Si bien el contenido de clastos de limolita verdosa sugieren una misma área fuente que algunos depósitos litorales cuaternarios de Pile, la ausencia de microfauna y la escasez de toba indican depositación en un ambiente transicional de más alta energía. Está recubierto por arenas tobáceas meteorizadas de varios metros de espesor.

El Plioceno en Manta (Hotel Oro Verde) está representado por un delgado estrato de finas intercalaciones de arenas limosas pardo amarillentas y areniscas que no sobrepasa los dos metros, que se acuña rápidamente hacia el O, y el cual yace discordante sobre lutitas de color blanco amarillento, muy posiblemente tobáceas, masivas con partición tabular y diaclasadas de la Fm. Tosagua (de acuerdo al mapa geológico).

*Santa Rosa.*- Santa Rosa es un pueblo fuertemente afectado por derrumbes de material proveniente de las formaciones circundantes, emplazado prácticamente sobre el cauce de una importante quebrada naciente. La ceniza limosa se mezcla con arena fina de la Fm. Canoa y del Cuaternario y con arcilla de las formaciones Tosagua y San Mateo, resultando en depósitos muy mal clasificados, con clastos de arena tobácea en horizontes conglomeráticos intercalados entre los depósitos más finos. Ocurre un mayor desarrollo de suelos y de procesos diagenéticos.

En el pequeño delta que forma la berma de la playa, bajo los depósitos arenosos del cauce, se encuentra un nivel arcilloso gris

oliva verdoso, el cual trajo el material fino, incluyendo el volcánico, de las zonas circundantes (muestra VAC-16). Posee una fauna bien preservada de distintas edades.

### 3.3.3 Petrografía

La escasez de sedimentos suficientemente endurecidos determinó que sean pocas las muestras de las que se hicieran láminas delgadas. Casi todas evidencian algún grado de influencia volcánica.

*Fm. Angostura.-* Se recogieron dos muestras de roca dura en esta formación: en un nódulo calcáreo (muestra VAC-64), entre lutitas grises alteradas a blanco amarillento y localmente muy diaclasada, fallada, con vetillas de yeso, en un afloramiento en la carretera frente al pueblo de Santa Rosa, actualmente cubierto por derrubios, y en un nódulo dolomítico (muestra VAC-18) en el acantilado, hacia la base del cambio a lutitas más tobáceas. La muestra VAC-64 corresponde a una caliza esparítica, con menos de 3% de fósiles, y trazas de cuarzo y feldespato cuyos bordes se encuentran invadidos por la calcita. La muestra VAC-18 corresponde a una dolomita bioesparítica, con cristales

esparíticos (>10 micras) reemplazando casi completamente a la micrita, diatomeas y algas, y presencia de óxidos, indicando formación en un ambiente marino de aguas un poco más agitadas y someras que aquel donde se formó el nódulo calcáreo.

*Fm. Canoa.-* Las dos muestras para petrografía se recogieron de los niveles nodulares contiguos: VAC-58 de un nivel nodular de aprox. 20 cm de espesor, y VAC-59 de un nivel nodular de 30 cm de espesor medio, deformado por sobrecarga, con aparente fluencia que no se refleja microscópicamente. Ambos presentan una composición ligeramente calcárea, dolomítica, con componentes claramente volcánicos (vidrio, plagioclasas estriadas y partidas, cuarzo volcánico fragmentado, piroxenos, anfíbol máfico, mica, epidota) en proceso de reemplazamiento por rombohedros de dolomita. Se sugiere una formación por caída de ceniza volcánica en una cuenca marina relativamente somera, de plataforma interna o bahía, lo que causó cambios en las condiciones químicas locales y favoreció la formación de concreciones nodulares. El nivel nodular superior (muestra VAC-59) presenta un mayor contenido de vidrio volcánico y también mayor oxidación y alteración, lo cual, junto con su forma de



presentarse en afloramiento, sugiere la depositación en aguas más agitadas, en un ambiente más dinámico, posiblemente más somero.

**Carretera.-** La muestra VAC-05 proviene de uno de los niveles de calcarenitas fosilíferas endurecidas de la Fm. Tablazo o posterior que se encuentran hacia la parte superior de las colinas que rodean Pile. Contiene un alto porcentaje de fósiles (>20%) y de clastos (>50%), la mayoría de cuarzo de tamaño arena, en una matriz microesparítica, por lo que se la denomina biomicroesparita arenosa. La presencia de fragmentos ígneos y de palagonita y la ocurrencia de procesos de cloritización y calcitización indican influencia volcánica.

**Manta.-** El Tablazo de Manta, muestreado al pie del Hotel Oro Verde (muestra VAC-20), presenta una matriz calcárea esparítica a microesparítica que engloba gran cantidad de restos de conchas. Presenta glauconita oxidada y fragmentos líticos y de cuarzo volcánico, lo que indica un ambiente de depositación somero de alta energía (litoral) con influencia volcánica. También se puede denominar como biomicroesparita, pero más microconglomerática.

### 3.3.4 Bioestratigrafía

Para el presente estudio estratigráfico se identificó la microfauna de las muestras recolectadas. Se estudiaron los foraminíferos bentónicos, plantónicos y radiolarios. También se estudiaron los nanofósiles de 6 muestras de la Formación Canoa aflorante en los acantilados, y los palinomorfos de 2 muestras para definir el límite Plio-Pleistoceno. Se hace referencia a otros elementos, útiles también como indicadores paleoecológicos, tales como espículas de esponjas, diatomeas, dientes de pez, algas, espículas de equinodermos, etc., sobretodo en aquellas muestras que no presentaron foraminíferos y radiolarios. Las determinaciones micropaleontológicas fueron efectuadas por los especialistas del Centro de Investigaciones Geológicas Guayaquil, de Petroproducción: Dra. Martha Ordóñez (foraminíferos plantónicos y radiolarios), e Ing. Nelson Jiménez (nanofósiles calcáreos).

Los foraminíferos bentónicos son reconocidos por su valor como indicadores paleoambientales. Los foraminíferos plantónicos y los radiolarios, en cambio, tienen su valor principal como

datadores. Los nanofósiles calcáreos son buenos indicadores ambientales y muy buenos zonadores del Plioceno y del Cuaternario.

### 3.3.4.1 Edad



Fm. Tosagua(?).- La edad de las rocas que afloran en la carretera, subiendo desde Santa Rosa unos 100 m hasta unos 1300 m antes de llegar al campamento de HCC, y cuya litología se corresponde con la Fm. Tosagua(?), fue determinada como tope del Eoceno superior (muestra VAC-62) en base a los radiolarios *Lithocyclus aristotelis*, *Lophocyrtis jacchia* y *Theocyrtis tuberosa*.



Fm. Angostura.- El conjunto de esta formación en el área de estudio tiene una edad Mioceno medio. Las muestras VAC-63 (estéril) y VAC-64 (elementos retrabajados) se corresponden a los derrumbes asociados a la falla NE-SO que pasa por Santa Rosa y separa, según el mapa geológico, hacia el N el afloramiento en forma de cuña de material de San Mateo y hacia el S las rocas de la Fm. Tosagua. En la carretera que da al pueblo, en un gran





afloramiento ahora derrumbado, la Fm. Angostura presenta una edad Mioceno medio parte media inferior (1/2N11-3/4N11). Frente al campamento de HCC S.A. y bajo la discordancia Angostura-Canoa, la edad se determinó como Mioceno medio parte media superior por la presencia del radiolario zonador *Diartus pettersoni* y de *Didymocyrtis laticonus*. En el acantilado, donde se observó el cambio litológico y se recolectaron las muestras VAC-51, -52 y -53, se confirma que no hay un hiatus al menos apreciable al dar la primera una edad Mioceno medio parte media por la presencia de *Diartus pettersoni* y de *Lithopera thornburgi* (este último se extingue en la base de la zona de *D. pettersoni*) y las dos últimas una misma edad Mioceno medio parte media con *Diartus pettersoni* y *Cyrtocapsella aff. tetrapera* (este último se extingue en el primer cuarto de la zona de *D. pettersoni*), correspondiéndose ambas aproximadamente con la mitad superior de la biozona de foraminíferos N11 y la base de la biozona N12. Unos 200 m al S, la muestra VAC-01 confirma la edad como 1/2N11-1/4N12 con el foraminífero plantónico *Globigerina nephentes* y el radiolario *Cyrtocapsella tetrapera*.

Fm. Canoa.- Según Whittaker, la co-ocurrencia de los foraminíferos *Neogloboquadrina dutertrei* y *Globorotalia exilis* data la formación como no más antigua que la biozona N21 tardía. De acuerdo con Kennett & Srinivasan (1983), el primero (*N. dutertrei*) evolucionó en la última parte de N21, y el último (*G. exilis*) se extinguió en el tope de N21. Sin embargo, trabajos posteriores que han recopilado información a nivel mundial (Bolli y Sanders, 1985) asignan a *N. dutertrei* una edad de aparición desde la base de la biozona N18.

La edad de la base del Miembro Canoa Inferior (muestras VAC-19, -54 y -61) se determinó como Plioceno inferior parte superior a Plioceno medio (1/3N19 – 1/4N20) a partir de *Globorotalia ungulata* (aparece hacia el final del primer tercio de la zona N19) y *Globigerina bulloides apertura* (se extingue hacia el primer cuarto de la zona N20) (Fig. 3.3). La edad del tope del Miembro Canoa Inferior (muestra VAC-56) fue determinada por Ordóñez [2002, ver APÉNDICE D] como tope del Plioceno inferior a base del Plioceno superior (2/3N19 – 1/3N21) en base

a la ocurrencia de los foraminíferos *Globigerina rubescens* (aparece en el último tercio de la zona N19), *Globorotalia aff. pseudomiocénica* (*G. Pseudomiocénica* se extingue en el primer tercio de la zona N20, Plioceno medio) y *Globorotalia pertenuis* (se extingue en el primer tercio de la zona N21, Plioceno superior) y del nanofósil calcáreo *Reticulofenestra pseudoumbilica*, cuya extinción ha sido bien documentada en el graben de Jambelí (Fig. 3.4).

EDAD (Ma)	5	4	3	2	1	
EPOCA	PLIOCENO			PLEIST.		
SUB-EPOCA	INFERIOR		SUPERIOR	INF.	SUP.	
ZONA-N	N18	N19	N20	N21	N22	N23
<i>Globigerina juvenilis</i>	←					
<i>Globigerina quinqueloba</i>	←					
<i>Globigerina rubescens</i>						
<i>Globigerinoides quadrilobatus sacculifer</i>	←					
<i>Globigerinoides quadrilobatus triloba</i>	←					
<i>Globigerinoides ruber</i>	←					
<i>Globorotalia aff. pseudomiocénica</i>	←					
<i>Globorotalia cultrata</i>						
<i>Globorotalia pertenuis</i>						
<i>Globorotalia unguata</i>						
<i>Globorotaloides hexagonum</i>						
<i>Neogloboquadrina dutertrei</i>						
<i>Neogloboquadrina humerosa</i>	←					
<i>Orbulina universa</i>	←					

EDAD: 2/3 N19 - 1/3 N21 (tope del Plioceno inferior a base del Plioceno superior).

**FIGURA 3.3** Rangos de edad de las muestras VAC-19, 54 y 61, representativas de la base de la Fm. Canoa.

EDAD (Ma)	5	4	3	2	1	
EPOCA	PLIOCENO				PLEIST.	
SUB-EPOCA	INFERIOR		SUPERIOR		INF.	SUP.
ZONA-N	N18	N19	N20	N21	N22	N23
<i>Globigerina angustumbricata</i>	←					
<i>Globigerina bulloides apertura</i>	←					
<i>Globigerina calida</i>	←					
<i>Globigerinita incrusta</i>	←					
<i>Globigerinoides quadrilobatus immaturus</i>	←					
<i>Globigerinoides ruber</i>	←					
<i>Globorotalia obesa</i>	←					
<i>Globorotalia unguolata</i>	←					
<i>Neogloboquadrina acostaensis</i>	←					
<i>Neogloboquadrina dutertrei</i>	←					

EDAD: 1/3 N19 - 1/4 N20 (mitad superior del Plioceno inferior a Plioceno medio).

**FIGURA 3.4** Rangos de edad de la muestra VAC-56, representativa del tope de la Fm. Canoa.

Cabe hacer referencia aquí a la discusión que gira en torno al Plioceno medio: muchos estratígrafos, sobretudo los que han trabajado en el área del Mediterráneo, subdividen el Plioceno solamente en inferior y superior pues no han observado el Plioceno medio en el área. Esto también ocurre en el Graben de Jambelí [Ordóñez, 1991], donde sólo se observa el Plioceno inferior y el Plioceno superior. Escribe Ordóñez [1991] en su tesis de grado doctoral acerca de este tema:

**Esta subdivisión del Plioceno en inferior y superior también ha sido muy usada por los estratígrafos que han trabajado en el área del**

**Mediterráneo, los que han atribuido que el Plioceno inferior coincide con el Piso Zancleano y con la parte inferior del Piacenziano y su límite superior está marcado con la última ocurrencia de *Globorotalia margaritae* (Mazzei y otros, 1978). El Plioceno superior coincide con el resto del Piacenziano.**

Es importante tener presente, pues, que la mayoría de los investigadores en el área de bioestratigrafía no reconocen la biozona N20, por lo que muchos de los rangos de edad de los foraminíferos plantónicos no van a precisar edades dentro de esa zona.

*Fm Tablazo.-* La edad de la discordancia sobre la cual yace la Fm. Tablazo (muestra VAC-55), en el acantilado, fue determinada como la base del Pleistoceno inferior en base a la asociación de foraminíferos plantónicos, típica del Pleistoceno, que incluye *Globigerina bulloides bulloides*, *G. calida praecalida*, *G. parabulloides*, *Hastigerina siphonifera* y *Pulleniatina obliquiloculata* y a una asociación pleistocénica de nanofósiles calcáreos (Fig. 3.5). La presencia de *Neogloboquadrina asanoi* (aparece en la base de la zona N21 y se extingue al tope de la zona N22) limita la edad de la discordancia como no más antigua que N21 o Plioceno superior. Por lo

tanto, la edad de la Fm. Tablazo en el acantilado hacia el S de Barranco Azul es más joven que Pleistoceno basal.

EDAD (Ma)	5	4	3	2	1	
EPOCA	PLIOCENO				PLEIST.	
SUB-EPOCA	INFERIOR		SUPERIOR		INF. SUP.	
ZONA-N	N18	N19	N20	N21	N22	N23
<i>Globigerina bulloides bulloides</i>	←					
<i>Globigerina calida praecalida</i>	←					
<i>Globigerina foliata</i>						
<i>Globigerina parabulloides</i>						
<i>Globigerinoides quadrilobatus triloba</i>	←					
<i>Globigerinoides ruber</i>	←					
<i>Globorotalia acostaensis</i>	←					
<i>Globorotalia hirsuta</i>						
<i>Globorotalia tumida</i>						
<i>Globorotaloides hexagonum</i>						
<i>Hastigerina siphonifera</i>	←					
<i>Neogloboquadrina asanoi</i>						
<i>Neogloboquadrina dutertrei</i>						
<i>Pulleniatina obliquiloculata</i>						

EDAD: N21 - 1/3 N22 (tope del Plioceno superior a base del Pleistoceno inferior).

**FIGURA 3.5** Rangos de edad de la muestra VAC-55, en base a foraminíferos plantónicos.

En la carretera, se determinó bioestratigráficamente la edad de una calcarenita limosa que sobreyace el paquete principal de coquinas de la Fm. Tablazo (muestra VAC-07) como tope del Plioceno medio a Pleistoceno temprano. En esta muestra, la presencia de *Globorotalia* (*Neogloboquadrina*) *acostaensis* limitaría el tope como el



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL

límite Plio-Pleistoceno, aunque la microfauna presenta signos de retrabajamiento. La asociación de foraminíferos es del tope del Plioceno superior-Pleistoceno basal, con *Neoglobobadrina dutertrei*, *N. blowi*, *Globigerinoides obliquus extremus* y *Globorotalia aff. praemiocenica*.

Depósitos pleistocénicos.- La edad de los depósitos pleistocénicos (encontrados en la carretera sobreyaciendo los depósitos tipo Tablazo) no se puede determinar por medios bioestratigráficos ya que la microfauna se encuentra muy fragmentada, es muy escasa, presenta abundante sobrecrecimiento de arcilla y es retrabajada de sedimentos pliocénicos (foraminíferos de la Fm. Canoa), miocénicos (foraminíferos y radiolarios de la Fm. Angostura) y eocénicos (radiolarios de la Fm. San Mateo). Por posición estratigráfica, al sobreyacer a los depósitos tipo Tablazo del acantilado (que se continúan al N hasta el nivel del río Pile en el pueblo del mismo nombre), no son más antiguos que Pleistoceno inferior.



Depósitos recientes.- En las arcillolitas limosas al S de San José no se encontró una microfauna en buen estado de conservación. Los foraminíferos planctónicos son retrabajados del Plioceno superior-Pleistoceno inferior, con *Globorotalia praehirsuta*, *G. praemiocenica* y *G. ungulata*. También se encuentran radiolarios del Eoceno tales como *Artostrobium miralestense*, *Lithocyclia ocellus*, *L. aristotelis* y *Dictyoprora sp.*, y un radiolario del Plioceno medio a superior, *Theocorythium vetulum*.

#### 3.3.4.2 Paleambiente de depositación

Fm. Angostura.- El medio de depositación se verifica consistentemente en todas las muestras como batial a abisal, que corresponde a una paleopropundidad de depositación entre 200 m (límite aproximado entre zona nerítica y batial superior) y más de 2000 m (límite superior aproximado de la zona abisal). Las muestras contienen fauna de la zona batial superior (*Bulimina striata*), de la zona batial inferior (*Cibicidoides wuellerstorfi*), y de la zona abisal (*Stilostomella antillea*). La presencia de esta última puede ser producto de



transporte por surgencia o *upwelling*. De cualquier manera, la presencia de *Oridorsalis umbonatus* y *Nuttalides sp.* en buen estado confirma un ambiente batial de depositación.

En la parte superior más tobácea, los especímenes aumentan de tamaño y la fauna es más abundante y diversa, con la presencia de *Laticarinina pauperata* y abundancia de *Nuttalides sp.* y *Globocassidulina subglobosa*.

Fm. Canoa.- Cuando Whittaker estudió las muestras recolectadas correspondientes a la Fm. Canoa s.s., encontró que los foraminíferos, tanto bentónicos como plantónicos, eran muy comunes en la parte inferior de la formación y que se encontraban bien preservados. En su opinión, la formación se habría depositado en una bahía lagunar, protegida, posiblemente cerrada parcial y en ocasiones totalmente por una barra o *spit*; la presencia de muchos foraminíferos y ostrácodos phytales indican que hubo abundancia de algas marinas. Durante la depositación de la parte basal de la formación debió

haber existido acceso completo al mar, con profundidades superiores a los 100 m, por la abundancia de foraminíferos plantónicos.

Hacia su base y al N (muestra VAC-54), la sedimentación de la formación Canoa s.s. o miembro Canoa Inferior ocurrió en un ambiente de plataforma interna, con influencia de plataforma media y del continente lo que entrañaba cambios en la salinidad (presencia de especies eurihalinas). Subiendo en la columna estratigráfica se tiene un ambiente de plataforma interna con surgencias o *upwellings* locales que trajeron fauna de ambientes más profundos tales como *Martinottiella* y *Oridorsalis* (muestra VAC-19). Más arriba se observa una mezcla de fauna de laguna costera o *lagoon* y de plataforma interna (*Rosalina* y *Pararotalia*), con abundantes especies eurihalinas (*Ammonia*, *Elphidium*, *Hanzawaia*, muestra VAC-61). A 300 m al S de El Mangle, en las arcillas plásticas del derrumbe, la microfauna indica un ambiente eurihalino, todavía abierto al mar, con posibles surgencias de aguas frías profundas que traen *Uvigerina peregrina subperegrina* (la

subespecie más somera de *U. peregrina*), *Bulimina* y juveniles de *Cibicidoides wuellerstorfi* (muestras VAC-74 y VAC-75). En el sitio de depositación de los nódulos lutítico-dolomíticos la fauna indica un ambiente somero parcialmente abierto (*Bulimina marginata*, *Pararotalia*); los microfósiles se encuentran fragmentados y corroídos, lo que indica condiciones físico-químicas agresivas debidas probablemente a la presencia de ceniza volcánica, y abundan los radiolarios silíceos discoidáceos (muestra VAC-73). Por la entrada a Las Goteras, ya cerca del tope, en la fauna se constata una abundancia de individuos de diferentes especies de *Elphidium* y aparece el género *Quinqueloculina*, indicando localmente el cerramiento de la bahía dando paso a un lagoon; una pequeña *Bolivina striatula*, especie somera casi lagunar, y una *Ammonia*, se encuentran como relictos recristalizados (muestra VAC-72). En Barranco Azul, al tope del primer y potente evento marino basal de la Fm. Canoa, se presenta una notable abundancia de especímenes del género *Textularia*, de gran tamaño (algunos >1 mm), lo que indica abundancia de limo, de posible origen tobáceo; la mezcla de especies de

plataforma interna y lagoon, y de ambiente eurihalino a hipersalino, indican que el lagoon se abrió nuevamente al mar, dando paso a una bahía. La apertura y el cerramiento de la bahía se pudieron repetir varias veces durante la depositación del Miembro Canoa Inferior.

El primer evento transgresivo se manifiesta cerca del tope del Miembro Canoa Inferior con la presencia de calcarenitas que corresponden a la parte distal de una barra costera. Suprayace a la anterior arcillolitas con microfauna mezclada de varias edades, con escasa fauna bentónica consistente en *Bolivina vaughani*, *Uvigerina hispidocostata* y *Uvigerina charapotoensis*, propia de un ambiente de plataforma externa a batial y que parece ser retransportada de sedimentos del Mioceno medio. Los nanofósiles y los radiolarios son mezcla de fauna de esa edad y del Eoceno superior, indicando proveniencia de las formaciones Angostura y San Mateo, que en su momento de depositación pudieron constituir altos estructurales y su principal fuente. Así también lo sugiere su litología arcillosa. La relativamente poca potencia de esta capa (<10 m?) y su



CIB-ESPOL

probable intercalación con arenas (su afloramiento se encuentra cubierto por derrumbes) apuntan a un origen por remoción masiva.



ESPOL

Hacia arriba, una nueva parasecuencia marca el tope del Miembro Canoa Inferior: una nueva intercalación de un evento regresivo y uno transgresivo. La muestra VAC-56, tomada al tope de este último evento transgresivo marino, evidencia una predominancia de especies lagunares y eurihalinas a hipersalinas, lo que indica la instalación del lagoon, aunque la presencia de especies de plataforma interna sugiere que éste aún se conectaba al menos ocasionalmente con el mar.



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL

*Discordancia Canoa Superior-Tablazo.-* La muestra VAC-55, tomada en una delgada capa de sedimento arcilloso oxidado encima de la discordancia entre la Fm. Canoa pliocénica y la Fm. Tablazo cuaternaria, se corresponde con un evento transgresivo marino de gran escala en el que se tiene fauna alóctona procedente de las formaciones Canoa, Angostura, San Mateo y San Lorenzo.



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL

Depósitos recientes.- En la muestra VAC-69 hay una fauna exclusivamente eurihalina, con escasos foraminíferos plantónicos y *Pararotalia* traídos del mar; la presencia de *Palmerinella gardenislandensis*, especie que en el Reciente se encuentra casi exclusivamente en las zonas inmediatas a las desembocaduras de ríos en el mar y a menos de 50 m de profundidad, apunta a que el relleno de la paleoensenada o bahía de San José es un proceso activo hasta hace poco, y que el drenaje continental ha sido un importante agente actuante. La muestra VAC-70, a 1 m por arriba de la anterior, contiene más fauna marina, correspondiéndose a un período transgresivo o a una facies depositada localmente por un estero, como ocurre actualmente en el estero San José o río Callejón.

Carretera.- En todas las muestras tomadas a lo largo de la carretera se encuentra una mezcla de faunas: una de ambiente somero, y otra de ambiente más profundo. La primera indica un medio sub-litoral (fragmentos de moluscos, microbivalvos, microgasterópodos), de aguas

temperadas a cálidas, parcialmente cerrado (equinodermos, propios de aguas relativamente tranquilas) pero de igual manera indiscutiblemente abierto al mar (espículas de alcionarios, foraminíferos plantónicos), con variaciones del nivel de salinidad en el agua, ocasionalmente por encima de la media (presencia de *Quinqueloculina* y *Sigmoilina*), constituyendo una ensenada o bahía. La segunda es alóctona, escasa, más desgastada (si está presente), propia de un medio batial, típica del Mioceno medio, y es seguramente retrabajada. Se encuentran evidencias de procesos diagenéticos más o menos agresivos (recristalización, oxidación, en algunos casos un poco de piritización) y de retrabajamiento mecánico que suele dificultar la identificación. Toda la fauna presenta relleno de arcilla, localmente más limosa, en casos presentándose en forma de recristalización gruesa, que apuntan a una intensa depositación de ceniza volcánica en la bahía. La muestra VAC-05, hacia el tope de los depósitos, es la que presenta con mayor seguridad un ambiente lagunar, por la abundancia de *Sigmoilina* y otros elementos y sólo moldes en arcilla oxidada de globigerinas y globorotalias



menardiformes; también la muestra VAC-34, por el puente Pile, presenta condiciones lagunares y depósitos de ceniza que crearon condiciones de anoxia, posible causante de cierto grado de deformidad en especímenes de *Cibicides* [Murray, 1991]. Hacia el S de la entrada a Río de Caña, todas las muestras son estériles excepto VAC-48, cuya fauna es fragmentaria, muy escasa, con intenso sobrecrecimiento de arcilla-limo.

**Pile.-** La fauna es en general un poco más escasa y retrabajada y presenta más desgaste y mayor relleno de limoarcilla blanca, con granos de cuarzo acrecionados a los microfósiles, pero es la misma que la que se encuentra en la carretera. En ocasiones los foraminíferos se encuentran ausentes o muy fragmentados, aún cuando el sedimento es arcilloso (muestras en arcillolita oliva verdoso en el río Pile), lo que apunta a que han sido objeto de intensa remoción o condiciones físico-químicas bastante agresivas. También se encuentran especímenes deformes de *Cibicides* (muestra VAC-24). En el horizonte tobáceo inferior de las lomas al SSO de Pile, a aprox. 65 m.s.n.m., se encuentra microfauna



bastante retrabajada y rellena con ceniza de aguas litorales eurihalinas (*Elphidium*). Todas las muestras corresponden a depósitos pleistocénicos.

Río de Caña.- La muestra VAC-10, tomada en el pueblo de Río de Caña (loma al N, aprox. 60 m.s.n.m.) contiene poca fauna, retrabajada de sedimentos pliocenos a plio-cuaternarios, fragmentada, que ha sufrido recristalización, con ejemplares deformes posiblemente por intoxicación por ceniza volcánica [Murray, 1991].

Bifurcación Liguíque.- La fauna de la muestra VAC-08 (depósitos cuaternarios retrabajados) de la Fm. Canoa muestra signos de retrabajamiento de sedimentos litorales de bahía y de ambiente más profundo, y de haber sufrido procesos diagenéticos que han llevado a una recristalización y sobrecrecimiento de cristales de calcita sobre los foraminíferos.

Manta.- Escasísima fauna en la muestra VAC-21 (Fm. Tosagua según la hoja geológica Manta), con radiolarios retrabajados, producto seguramente de la actividad

volcánica que localmente cambia las condiciones físico-químicas del agua y disuelve el carbonato, permitiendo sólo la depositación de organismos de caparazón silíceo. Probable ambiente batial a nerítico externo.

*Santa Rosa.*- La muestra VAC-14, correspondiente a depósitos pleistocénicos o recientes, presenta fauna con mucho sobrecrecimiento arcilloso debido a volcanismo, y es producto del retrabajamiento de sedimentos litorales de bahía, con evidencia de oxidación. La muestra VAC-16, tomada en el pequeño delta de la quebrada Santa Rosa, muestra una microfauna abundante y diversa, en buen estado general, con poca arcilla, con óxido de hierro y trazas de pirita, proveniente de diversos ambientes: marino profundo (batial, mejor preservada) y marino somero de playa de bahía (regularmente preservada) de alta energía (presencia de pellets oxidados).



# Capítulo 5



CIB-ESPOL

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES



CIB-ESPOL

A partir del estudio realizado, se puede concluir lo siguiente:

1. Se comprobó la presencia de la Fm. San Mateo con una muestra tomada de un afloramiento frente al mirador turístico ubicado al N del pueblo de Santa Rosa. La microfauna de radiolarios de dicha muestra dio una edad muy precisa del tope del Eoceno superior (tope de la biozona de foraminíferos P17).
2. En la parte N del área de estudio se encuentran dos secuencias sedimentarias arcillosas que han sido atribuidas a la Fm. Tosagua por Whittaker y autores previos, que presentan una disposición estructural y una litología ligeramente diferentes. En la carretera al E

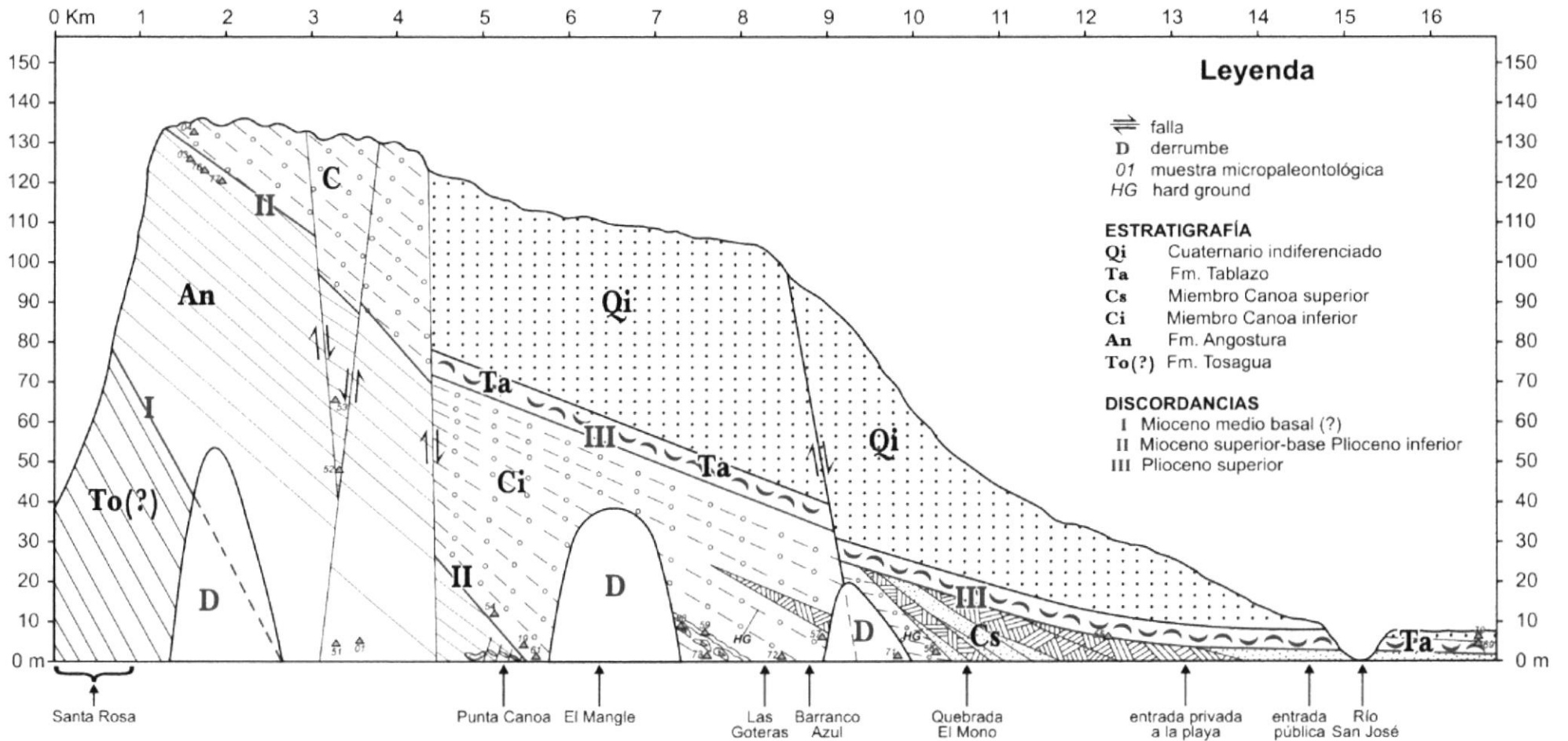
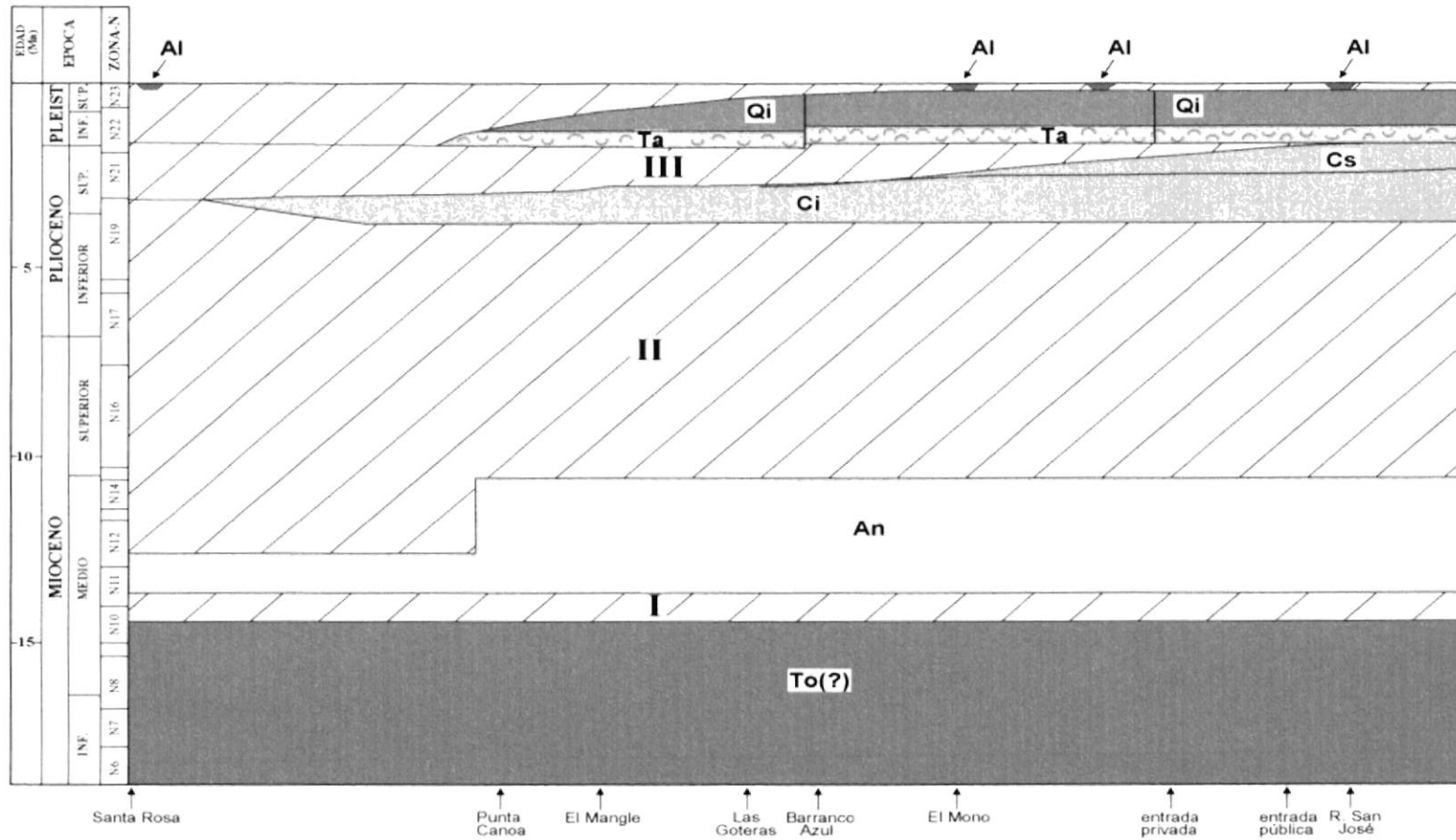
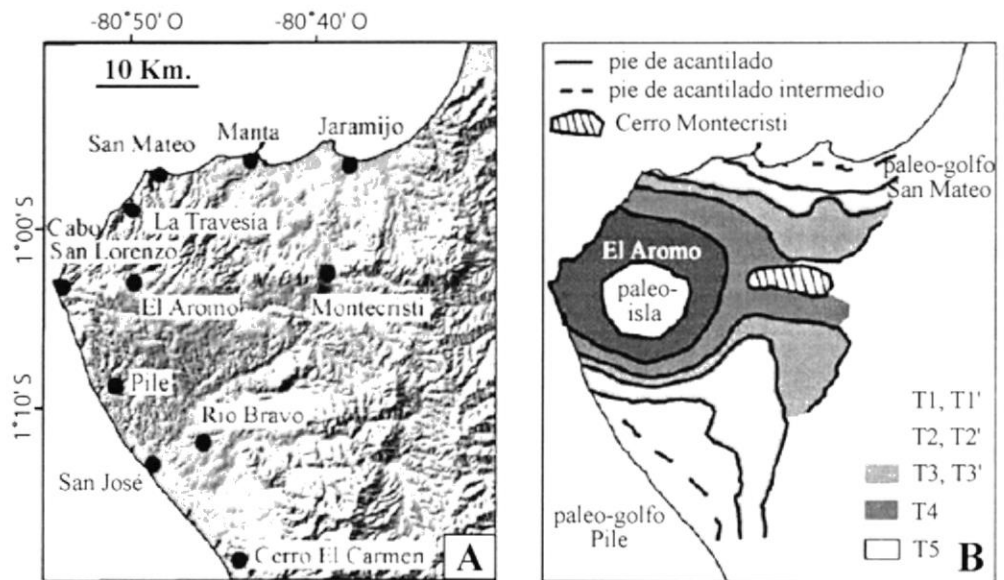


FIGURA 4.1 Corte geológico simplificado del acantilado entre Santa Rosa y San José.



**FIGURA 4.2** Sección cronoestratigráfica del acantilado entre Santa Rosa y San José (elaborada a partir de la Fig. 4.1). Leyenda: Al: aluviones modernos; Qi: Cuaternario indiferenciado; Ta: Fm. Tablazo + terrazas marinas; Cs: Miembro Canoa Superior; Ci: Miembro Canoa Inferior; An: Fm. Angostura; To(?): Fm. Tosagua (presencia inferida); I, II, III: discordancias del Mioceno medio(?), del Mioceno superior-Plioceno inferior, y de la parte superior del Plioceno superior respectivamente. Las flechas bajo la sección indican puntos de referencia a lo largo del acantilado (ver texto).

con el actual cabo San Lorenzo, constituyendo un alto (Fig. 4.3) [Pedoja, com. pers.]. Este alto estructural, presente desde el Pleistoceno inferior, debió constituir el límite N de la paleo-bahía, la cual se fue cerrando hacia el S contra el alto estructural constituido por la Fm. Cayo (sector de Puerto Cayo-Machalilla). En este tiempo, la bahía debió ser de dimensiones considerables pero de poca profundidad.



**Figura 4.3** Las terrazas marinas de la Península de Manta (tomado de Pedoja, tesis doctoral en preparación). **(A)** Modelo digital de elevación de la península, con puntos de referencia. **(B)** Niveles de terrazas marinas, formadas alrededor de la paleo-isla de El Aromo y Cerro Montecristi, y los paleo-golfos de San Mateo al Norte y de Pile al Sur. Alturas medias de las terrazas:

<u>Al N de El Aromo</u>	<u>Al S de El Aromo</u>
20-25 m (T1)	57 m (T1')
70 m (T2)	110 m (T2')
115 m (T3)	170 m (T3')
203 m (T4)	240 m (T4)
300 m (T5)	360 m (T5)

El último dato de paleocorriente que se tiene, en los depósitos tipo Tablazo a 1 Km. al SE de San José (sentido de paleocorriente N140, con proveniencia de los aportes sedimentarios del NO y posible rumbo de paleolínea de costa N50) indicaría que el relleno posterior de la bahía se producía localmente más desde el O, con una línea de costa que presentaba la tendencia a cerrarse. De continuarse esta tendencia, y a escala más regional, la bahía se habría cerrado y convertido en un *lagoon*.

Esta bahía se fue cerrando hasta convertirse en una ensenada parcialmente cerrada por barras litorales y que en épocas pudo estar totalmente cerrada (ver sección 3.3.4.2 PALEOAMBIENTE DE DEPOSITACIÓN). Su último relleno lo constituyen los sedimentos arenosos calcáreos tobáceos que se extienden desde San José al N hasta el Cerro del Carmen al S, y tierra adentro hacia el E y hacia el N, fuera del área de estudio.

### *Terrazas Marinas*

Las terrazas marinas de la península de Manta (Fig. 4.3) que presentan depósitos tipo Tablazo, se formaron durante los máximos transgresivos del nivel del mar de las sucesivas eras interglaciales del Pleistoceno (edades absolutas determinadas por el método de luminiscencia óptica infra-roja en los granos de Qz de las arenas [Pedoja, en prep.]). El levantamiento de la península creó su morfología original, que fue posterior y simultáneamente modelada por los cambios del nivel del mar durante el Pleistoceno. Es plausible considerar que la morfología original condicionó el emplazamiento y la extensión de las terrazas marinas, y que la preservación de algunos escalones creados por las fallas normales fue posible aún después de la formación de las terrazas. Adicionalmente, la evidencia estructural encontrada en los sectores de Pile y San José muestra que las fallas de estos sectores, y aquellas más al N, continuaron funcionando después de la formación de los primeros niveles de terraza (Pleistoceno superior–Cuaternario [Dumont, com. pers.; Pedoja, com. pers.]). Las fallas controlarían, hacia el N-NE de la zona de estudio (sector de Barbasco-San Bartolo-La Ciénaga, ver Mapa 2. MAPA DE UBICACIÓN DE MUESTRAS), el desarrollo de escalones posterior



a la formación de terrazas. Así, el más amplio desarrollo de la morfología escalonada en este sector en relación a la zona alrededor de Pile se debería a que, al emerger primero, sufrió menos erosión marina, y a que las fallas vienen actuando ahí durante más tiempo, inclusive después de su emersión.

#### **4.3.4 Holoceno**

La posibilidad de que se hubiese constituido una laguna costera o *lagoon* de edad reciente al S de San José en el sector de playa más cercano a Puerto Cayo no puede ser confirmada actualmente al no haberse efectuado ningún reconocimiento de la playa de este sector en el presente estudio.

# Capítulo 5

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

A partir del estudio realizado, se puede concluir lo siguiente:

1. Se comprobó la presencia de la Fm. San Mateo con una muestra tomada de un afloramiento frente al mirador turístico ubicado al N del pueblo de Santa Rosa. La microfauna de radiolarios de dicha muestra dio una edad muy precisa del tope del Eoceno superior (tope de la biozona de foraminíferos P17).
2. En la parte N del área de estudio se encuentran dos secuencias sedimentarias arcillosas que han sido atribuidas a la Fm. Tosagua por Whittaker y autores previos, que presentan una disposición estructural y una litología ligeramente diferentes. En la carretera al E

de Santa Rosa y hacia Pile, a lo largo de 1 Km., afloran lutitas similares a las de la Fm. Tosagua, de color gris oscuro que meteorizan a marrón chocolate y contienen unos pocos horizontes tobáceos intercalados. Estas rocas que constituyen una potencia máxima calculada de 100 m no fueron analizadas micropaleontológicamente en este estudio por lo que no se puede afirmar que corresponden realmente a la Fm. Tosagua ya que, por su disposición estructural y similitud litológica, se las podría incluir en la Fm. San Mateo.

3. Sobre las rocas del punto anterior yacen, con una disposición estructural diferente, una secuencia de limolitas tobáceas con arcilla y de color blanco gris que meteoriza a blanco amarillento, algo más laminadas, con nódulos dolomíticos y horizontes tobáceos; estas lutitas afloran en la carretera en un tramo de 1300 m antes del campamento de la compañía constructora Herdoíza y Crespo S.A. y en el acantilado desde 1.2 Km. al S de Santa Rosa hasta Punta Canoa. El conjunto total de lutitas constituye la Formación Angostura por su edad.
4. La edad de la base de la Fm. Angostura es Mioceno medio parte media inferior, con un intervalo de la biozona de foraminíferos

1/2N11-3/4N11. El tope de lutitas limosas más tobáceas, muestreado a 2 Km. al S de Santa Rosa, presenta una edad Mioceno medio parte media superior con un intervalo de edad del tope de N11 a 1/4 N12. Existe la posibilidad de que se alcance el Mioceno superior hacia el límite Sur del afloramiento de las mismas, cerca de Punta Canoa.

5. La Formación Angostura (edad N11-N16 en Benítez, 1995) aflora en la Cordillera Chongón-Colonche (zona de Cascol) y en la Cuenca Manabí ha sido reconocida en los pozos de exploración petrolera. Allí consiste principalmente de depósitos de grano grueso que corresponden a una facies proximal transgresiva similar a la Fm. Progreso de la Cuenca Progreso. Pero también se encuentran intercalados algunos eventos volcánicos de toba en los depósitos de Angostura alrededor de la zona N12 (pozo Ricaurte-1). Entonces, se puede asumir que las lutitas encontradas corresponden a una facies distal de los depósitos más volcánicos de la Fm. Angostura.
6. Se constata la presencia de una discordancia del Mioceno superior-Plioceno inferior entre las formaciones Angostura y Canoa, al tener el tope de Angostura una edad N12 o Mioceno medio tardío (en la zona de estudio) y la base de Canoa una edad N19 tardío-N20

temprano o Plioceno inferior parte superior a Plioceno medio. Esta discordancia fue observada en el acantilado desde 1 Km. al S de Santa Rosa hasta 1.8 Km. al N de Punta Canoa, donde desciende hasta 3-4 m de altura sobre la playa y es cubierta por el derrumbe hacia el S, y en un corte de la carretera frente al campamento de la compañía constructora Herdoiza y Crespo S.A. a 130 m.s.n.m., donde fue comprobada micropaleontológicamente. Es posible que el rango de esta discordancia sea menor si en posteriores estudios se encuentran rocas de la Fm. Angostura con edad Mioceno superior.

7. Se concuerda con la columna elaborada por autores anteriores y definida para el tramo de la formación aflorante entre Punta Canoa y El Mangle en cuanto a la sedimentología descrita. A esta sección de la columna estratigráfica la llamamos Fm. Canoa *sensu strictu* y equivale al Miembro Canoa Inferior de este estudio.
8. Se subdivide a la Formación Canoa en los miembros Inferior y Superior, que en conjunto conforman una secuencia deposicional. El Miembro Canoa Inferior incluye los sedimentos que se corresponden litológicamente con la descripción original de la Formación Canoa y el Miembro Canoa Superior lo constituyen los depósitos sub-litorales más someros que se encuentran hacia el S a

partir de 6 Km. al SE de Punta Canoa bajo la Fm. Tablazo discordante.

9. Se constata la presencia de una discordancia de al menos la parte superior del Plioceno superior existente entre la Fm. Canoa y la Fm. Tablazo suprayacente. Se ratifica su carácter regional por su gran extensión lateral observada en el acantilado (a lo largo de aprox. 7 Km. en el corte mencionado, desde Barranco Azul hasta 1 Km. al S de San José), y por la presencia de abundante microfauna retrabajada presente en una delgada capa de arena arcillosa oxidada bajo la base de la Fm. Tablazo y proveniente de al menos cuatro formaciones que afloran en la amplia área circundante. Esta capa de sedimento fino se correspondería con un momento transgresivo de gran magnitud previo a la formación de la terraza y de los depósitos tipo Tablazo en el corte del acantilado.
  
10. La Formación Tablazo fue datada como Pleistoceno inferior temprano en base a dos determinaciones micropaleontológicas: una en el sedimento fino debajo de las coquinas observado en la parte Sur del corte del acantilado (muestra VAC-55) y otra en una calcarenita limosa sobre las coquinas en un corte en la carretera al Sur de Pile (muestra VAC-07).

11. Se constata la presencia de potentes depósitos posteriores a los tipo Tablazo en la zona de Pile y sus alrededores, en especial desde Pile hacia el acantilado, donde sobrepasan los 50 m de potencia. Estos depósitos pleistocénicos indiferenciados consisten de arenas limosas y arcillosas, limos arenosos y delgadas capas más arcillosas, depositados en un ambiente marino somero (sub-litoral) parcialmente cerrado, y presentan un porcentaje importante de componentes volcánicos.



12. Se verifica la presencia de la Formación Canoa únicamente en el acantilado y en los niveles más profundos de las quebradas y los ríos de la zona (como en los ríos Pile y La Vainilla y la quebrada El Mangle). Por tanto, gran parte de los afloramientos superficiales mapeados como Fm. Canoa no corresponden realmente a esta formación sino a depósitos cuaternarios indiferenciados, de tipo Tablazo o posteriores.



## RECOMENDACIONES

A partir de estas conclusiones, se puede recomendar lo siguiente:

1. Estudiar en detalle el afloramiento de lutitas del Mioceno medio aquí definidas como Formación Angostura, en el acantilado del S de Santa Rosa, y en especial investigar si su tope alcanza el Mioceno superior.
2. Comprobar la edad de las rocas arcillosas similares a la Formación Tosagua(?) que aflora en la carretera a lo largo de 1 Km. desde Santa Rosa en dirección de Pile.
3. Definir las relaciones estratigráficas de las formaciones Tosagua(?) y Angostura con la subyacente formación San Mateo.
4. Realizar análisis estructurales más detallados de las formaciones en el área de estudio, dado que el presente trabajo se centró en las definiciones estratigráficas de la Formación Canoa.
5. Realizar un estudio detallado de los ciclotemas sedimentarios litorales del Miembro Canoa Superior, con el fin de estimar la





magnitud de las regresiones y transgresiones marinas y el inicio del levantamiento de la parte N de la península de Manta, que podría relacionarse directamente con la entrada de la Cordillera Carnegie en subducción.

6. Realizar un estudio de la zona ubicada al S de la desembocadura del río San José, cuyos sedimentos corresponderían a la última etapa de relleno relativamente reciente de una paleoensenada o bahía.

# APÉNDICES



CIB-ESPOL

## APÉNDICE A

### DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS SEDIMENTOLÓGICAS

#### VAC-01

Arcillolita calcárea gris oscura en húmedo, amarillo pálido en seco y superficie meteorizada, moderadamente consolidada, laminación horizontal pobre, de apariencia masiva.

#### VAC-02

Lutita silícea marrón oscuro-negra en húmedo, gris verdoso oscuro en seco, con pátina marrón rojizo de oxidación y localmente amarilla por el yeso, moderadamente consolidada. Componentes accesorios: fragmentos de yeso como accesorios, trazas de fragmentos líticos, abundancia de radiolarios, trazas de óxidos a manera de arcilla marrón rojizo brillante.

#### VAC-03

Arcillolita calcárea gris clara en húmedo, amarillo marrón pálido en seco, finamente estratificada, sin fracturas visibles ni diaclasas, moderadamente compacta. Componentes accesorios: inclusiones de mica, fragmentos de carbón.

#### VAC-04

Arcillolita calcárea marrón claro en húmedo, marrón amarillento en seco. Componentes accesorios: granos silíceos angulares y mal clasificados, abundantes fragmentos de moluscos, micro- y macrogasterópodos, fragmentos de equinodermos, comunes fragmentos carbonosos, comunes fragmentos de resinas, restos plantíferos.

#### VAC-05

Calcarenita deleznable de color gris amarillento claro. Los granos silíceos se presentan mal clasificados, angulares a subangulares, comunes fragmentos carbonosos y de resinas, abundantes fragmentos de moluscos, trazas de fragmentos líticos, fragmentos de equinodermos, microgasterópodos.

#### VAC-06

Arena arcillosa calcárea de grano muy fino color marrón claro en húmedo, amarillenta en seco, bioturbada y con marcada presencia de *Pecten*. Componentes: abundantes fragmentos de moluscos, espículas y fragmentos de equinodermos, abundancia de foraminíferos, radiolarios, comunes fragmentos de carbón, micropelecípodos, abundantes fragmentos de resina.

#### VAC-07

Calcarenita deleznable de color gris claro a gris amarillento pálido; se presenta como una capa horizontal de metro y medio aproximado de potencia sobre la capa de VAC-06. Componentes: granos silíceos finos, mal clasificados, muy angulares a angulares, abundancia de foraminíferos, fragmentos de equinodermos, trazas de fragmentos líticos, micropelecípodos, abundantes fragmentos carbonosos y de resinas, micas.

**VAC-08**

Arenisca fina bioclástica de elevada porosidad, color amarillo parduzco claro, grano fino, pobremente clasificado, subangular, relativamente esférico; pobremente consolidada, fractura irregular, matriz arcillosa, cemento calcáreo, friable.

**VAC-09**

Arenisca cinerítica ligeramente calcárea, poco porosa, blanca grisácea tono crema, grano fino a medio, regularmente seleccionado, subangular, esférico; fractura irregular, matriz tobácea cinerítica (muy fina), débilmente consolidada a inconsolidada, muy friable. Componentes: cuarzo de tipo volcánico mayormente, fragmentos líticos (algunos máficos), trazas de mica blanca.

**VAC-10**

Arena arcillosa fina ligeramente calcárea, color gris oliva claro, arena de grano muy fino, regularmente clasificado, angular, relativamente esférico; matriz arcillosa, friable. Componentes: cuarzo cristalino, feldespato, abundantes fragmentos líticos de rocas verdes, rojas y negras, presencia de anfíboles, piroxenos y micas blancas, fragmentos calcáreos. Presencia de pequeñas concreciones calcáreas, espículas de equinodermos.

**VAC-11**

Toba de ceniza muy fina, color blanco, silícea, débilmente consolidada, muy friable.

**VAC-12**

Arcillolita arenosa calcárea color oliva amarillento pálido, inconsolidada. Contiene fragmentos líticos.

**VAC-13**

Arena media a gruesa, color gris marrón, grano medio a grueso, pobremente seleccionado, subangular a subredondeado, ligeramente elongado a poco esférico; no consolidada. Componentes: fragmentos líticos de toba gris oliva, cuarzo, fragmentos calcáreos, pequeños minerales máficos, algunos aciculares, lignito limonitizado con débil capa de yeso.

**VAC-14**

Toba cinerítica de color gris claro, interestratificada con arena fina limosa color marrón, muy mal clasificada, grano fino angular, friable, contiene carbón.

**VAC-15**

Arena arcillosa muy fina color marrón, grano muy fino, pobremente clasificado, angular, relativamente esférico, matriz arcillosa fina, débilmente consolidada, friable. Componentes: abundantes cristales de yeso hialino (variedad selenita), accesorios hornblenda, vidrio, mica blanca.

Clasto tobáceo redondeado, blanco en seco, marrón claro en húmedo, de ceniza fina tamaño limo, matriz de arcilla fina, moderadamente compacta, higroscópica (absorbe agua), porosa,

fractura irregular, presenta vacuolas. Componentes: arcilla fina, accesorios hornblenda, vidrio, mica, esferulitas de vidrio.

#### **VAC-16**

Arcilla gris oliva, higroclástica (expansiva), suave-plástica, montmorillonítica, contiene fragmentos calcáreos.

#### **VAC-17**

Lutita calcárea color marrón oliva claro, fractura irregular, moderadamente compacta, limosa, no expansible.

#### **VAC-18**

Nódulo dolomítico, color gris con pátinas blanco-crema (yeso) y marrón arcillosa (óxidos), fractura irregular a concoidea, compacta, contiene anfíboles.

#### **VAC-19**

Limolita arenosa calcárea fosilífera, con escasa porosidad, color gris oliva, fractura irregular, moderadamente compacta, cemento calcáreo. Componentes: como accesorios espículas y fragmentos de equinodermos, fragmentos de conchas de pelecípodos, carbón, fragmentos calcáreos, mica negra, yeso.

#### **VAC-20**

Arenisca calcárea gruesa, porosa, color marrón amarillento, grano muy fino a muy grueso, mal clasificado, se distingue gradación vertical del tamaño de grano en el estrato (afloramiento), subangular a subredondeado, relativamente esférico; fractura terrosa a irregular, cemento calcáreo arcilloso, matriz arcillosa, moderada a débilmente compacta, friable. Componentes: cuarzo, líticos negros y verdes, los negros bien redondeados mayormente, clastos redondeados y alargados de limolita verde oliva, abundantes fragmentos calcáreos.

#### **VAC-21**

Lutita tobácea, porosa, color blanco-gris claro en seco, marrón oliva claro en húmedo, pátinas amarillo-verdosa y negra de meteorización, matriz cinerítica; contiene algunos granos visibles de cuarzo y/o apatito. No se disgrega con el HCl.

#### **VAC-22**

Arcilla areno-limosa, con arena similar a la litoral (granos verdes, cuarzo, líticos, ostrácodos, fragmentos de conchas). Contiene materia orgánica y abundante anfíbol fino.

#### **VAC-23**

Arena conglomerática fosilífera, ligeramente calcárea, color gris marrón claro, no consolidada, mal clasificada: grano fino a muy fino de arena con poca arcilla, subredondeado a subangular y angular. Componentes: cuarzo hialino y coloreado, líticos, limolita blanca, apatito, carbón, fragmentos de foraminíferos con sobrecrecimiento, espículas de equinodermos, líticos negros redondos y tabulares, huececitos de peces, líticos verdosos,

amarillentos y rojizos anaranjados. Macroscópicamente contiene concreciones tobáceas amorfas y redondeadas planas de tamaño milimétrico y centimétrico, fragmentos de coquina, fragmentos de conchas de moluscos, fragmentos líticos de limolita gris y parda friable, de rocas ígneas básicas y de arenisca tobácea.

#### **VAC-24**

Arena similar en componentes a VAC-23 pero de grano muy fino inferior, relativamente bien clasificado, con concreciones tobáceas muy pequeñas (milimétricas, o menos) y muy blancas, los cuarzos son subangulares y angulares, presencia de micas y muy poca arcilla.

#### **VAC-25**

Arena arcillosa-arcilla arenosa tobácea calcárea, color blanco gris, no se pueden apreciar los constituyentes minerales y forma de grano.

#### **VAC-26**

Conglomerado bioclástico calcáreo de color gris marrón claro con manchas amarillentas y pátina negra de meteorización, en partes más arenáceo y blancuzco, de matriz calcárea arcillosa posiblemente tobácea. Componentes: abundantes fragmentos de conchas calcáreas de moluscos y granos líticos de chert, lutitas, areniscas, e ígneos máficos redondeados de tamaño medio 1-5 mm y máximo 3 cm.

#### **VAC-27**

Arcilla limo-arenosa, bastante calcárea, de color blanco gris, arena de grano muy fino, mala clasificación, concreciones tobáceas limoarcillosas. Componentes: minerales máficos, cuarzo, espículas de equinodermos, abundantes fragmentos de conchas.

#### **VAC-28**

Arenisca muy fina color gris marrón amarillento, grano grueso a fino, mal clasificado, subangular-subredondeado, esférico y algunos alargados; fractura irregular-terrosa, cemento arcilloso calcáreo, poco consolidada, friable. Componentes: cuarzo, líticos, fragmentos de conchas, líticos negros redondeados, ostrácodos, espículas de equinodermos.

#### **VAC-29**

Arenisca tobácea calcárea de color gris blancuzco, porosa, grano medio a fino, subangular a subredondeado, regular a mal clasificado, relativamente esférico y algunos minerales alargados; débilmente consolidada, friable, en gran parte suelta. Componentes: cuarzo, líticos rojizos, amarillos y pocos verdosos, minerales máficos, fragmentos calcáreos orgánicos, ostrácodos.

#### **VAC-30**

Arenisca arcillosa (50% arena, 50% arcilla) calcárea, muy porosa, grano grueso a fino, mal clasificado, redondeado a subangular, esférico y alargado; fractura irregular, cemento arcilloso calcáreo, matriz arcillosa, friable, débilmente consolidada. Componentes: cuarzo hialino y coloreado, fragmentos líticos negros redondeados a subredondeados, minerales

oscuros, vidrio, minerales con óxidos de hierro, ostrácodos, fragmentos calcáreos y foraminíferos.

#### **VAC-31**

Toba calcárea arcillosa, de color blanco, muy porosa, mal clasificada, fractura terrosa, débilmente consolidada, friable a fisible, no compacta. Componentes: fragmentos calcáreos y de conchas, líticos verdes, minerales negros.

#### **VAC-32**

Arenisca arcillosa, porosa, fosilífera, color marrón amarillento claro, grano grueso a fino, mal clasificado, subangular a subredondeado, esférico y algunos alargados; fractura irregular terrosa, cemento arcilloso calcáreo, poco consolidada, friable. Componentes: cuarzo, líticos, fragmentos de conchas, líticos negros redondeados, ostrácodos, espículas de equinodermos.

#### **VAC-33**

Arcilla limosa oliva claro con esporádicas manchas marrones, poco expansible a higroclástica (expansible), plástica.

#### **VAC-34**

Arena calcárea gris oliva amarillento, grano muy fino, subangular a subredondeado, regularmente clasificado, relativamente esférico; no cementada, suelta a friable. Contiene clastos arenosos tobáceos: uno como relleno de burrow ancho, 3-5 cm diámetro, otro de forma más irregular, con secciones de canales cubiertos de pellets. Componentes: foraminíferos, espículas de equinodermos, fragmentos de conchas, minerales negros, cuarzo, vidrio, limolitas verdes, micas blancas y oscuras, ostrácodos.

#### **VAC-35**

Arena calcárea tobácea fosilífera de color blanco gris claro amarillento, grano muy fino a muy grueso, muy mal clasificado, granos de cuarzo y de líticos redondeados a subangulares, fragmentos de conchas y otros angulares, toda forma, sedimento suelto a friable, mal consolidado, matriz cinerítica. Componentes: fragmentos calcáreos, líticos oscuros, minerales negros, ostrácodos, líticos marrones, limolitas verdes.

#### **VAC-36**

Arcilla arenosa tobácea color blanco gris, porosa, calcárea, grano medio, sedimento suelto a friable, cemento arcilloso, matriz cinerítica.

#### **VAC-37**

Arcilla color verde oliva con manchas naranja de óxidos de hierro y amarillentas más arcillosas. Contiene arena.

#### **VAC-38**

Arenisca limosa con contenido de arcilla, color oliva marrón, grano fino con limo, esférico; matriz limo-arcillosa, fractura irregular blocosa, moderadamente compacta, friable.

Componentes: fragmentos calcáreos, cuarzo, abundantes minerales negros, granos de vidrio cloritizado verde-azulado, amarillos, cuarzo blanco.

#### **VAC-39**

Arenisca limo-arcillosa color oliva marrón, un poco más oscura que VAC-38, igual descripción con diferencia de que ésta es un poco más compacta, un poco menos porosa, y de matriz un poco más limosa. Clastos limosos verdosos se sueltan, contiene fragmentos calcáreos. Contiene más del 2% de minerales del grupo del anfíbol.

#### **VAC-40**

Arenisca arcillosa de color marrón oliva, poco porosa, grano fino, bien clasificado, subredondeado, relativamente esférico; fractura irregular blocosa, moderadamente compacta, más friable que VAC-39. Componentes: granos de cuarzo hialino, fragmentos líticos, minerales máficos y vítreos, trazas de óxidos, granos pequeños de vidrio en proceso de cloritización, anfíbol abundante, y granos redondeados de lutita oliva, granitos de óxido rojo-naranja friable. Mismos componentes que VAC-38 y VAC-39, con proporción algo diferente: mayor contenido de pequeños minerales negros y líticos negros subredondeados, y más limpia de arena.

#### **VAC-48**

Limolita arcillosa calcárea de color oliva a marrón oliva claro en húmedo, marrón amarillento en seco, fractura terrosa a blocosa, moderadamente compacta, porosa, algo friable, plástica cuando húmeda, higroscópica. Componentes: arcilla, pocos granos de cuarzo, minerales máficos, puntitos de óxidos.

#### **VAC-49**

Arena arcillosa tobácea no calcárea, color blanco gris claro y amarillo pálido, grano medio inferior a fino, subangular, alargado a subesférico, fractura terrosa, matriz arcillosa tobácea, porosa, friable, suave; bioturbada. Componentes: ceniza tamaño arcilla, cuarzo traslúcido, concreciones de toba limosa blanca, óxidos naranja, abundante mica negra y blanca, minerales máficos pequeños.

#### **VAC-50**

Arcillolita débilmente calcárea de color oliva con marrón en húmedo, con escasos granos de cuarzo tamaño arena, minerales máficos y minerales coloreados de marrón, y puntos de óxido naranja-rojizo.

#### **VAC-51**

Lutita débilmente calcárea color amarillo oliva a gris oliva, con pátina marrón chocolate y negra, consolidada, no porosa, fisil, moderadamente compacta, fractura angulosa, se parte tabularmente.

#### **VAC-52**

Lutita limosa algo calcárea, color blanco a gris claro en superficie meteorizada, gris marrón claro en superficie más fresca, con pátina negra, consolidada, moderadamente compacta, no porosa, fisil, fractura angular, partición tabular a laminar.



**VAC-53**

Lutita tobácea calcárea, color blanco a amarillo pálido, pátina negra y marrón, consolidada, moderadamente compacta, porosa, más dura y arcillosa que VAC-51 y VAC-52, fractura blocosa a terrosa, partición no tan tabular.

**VAC-54**

Limolita arenosa color oliva verdoso en seco, gris oliva oscuro en húmedo, calcárea, grano de tamaño limo y arena muy fina, los granos de cuarzo se presentan subredondeados y subsféricos, fractura blocosa terrosa, moderadamente compacta, porosa, escasa a moderadamente endurecida. Componentes: cuarzo, pequeños minerales negros-máficos, vidrio cloritizado, mica blanca, fragmentos de macromoluscos.

**VAC-55**

Limolita con contenido de arena (<10%) y de arcilla, color oliva en fresco, marrón oliva anaranjado en superficie meteorizada, calcárea, grano limo y arena muy fina, granos de cuarzo redondeados a subredondeados y de formas esféricas, fractura terrosa, moderadamente a poco compacta, porosa, friable. Componentes: cuarzo, vidrio cloritizado verde y verde-azul, granos negros y arcillosos, óxidos naranja-rojizo como puntos y en formas tabulares.

**VAC-56**

Limolita oliva a oliva verdoso claro, calcárea, fractura terrosa a blocosa, moderadamente compacta, porosa, algo friable. Componentes: cuarzo, minerales negros, pocos óxidos, vidrio cloritizado, fragmentos calcáreos orgánicos.

**VAC-57**

Limo arenoso - arena limosa color gris oliva oscuro con tono azulado, contiene arcilla, grano de la arena muy fino a fino, los granos de cuarzo mayormente subredondeados, relativamente esféricos, sedimento bastante suelto, friable, plástico cuando húmedo. Componentes: cuarzo, fragmentos calcáreos orgánicos, abundantes minerales negros y granos de vidrio cloritizado.

**VAC-58**

Dolomita lutítica arenosa color oliva a marrón oliva, con manchas de meteorización, muy dura, compacta, no porosa, presente en afloramiento en forma de nódulos que conforman capa de 10-15 cm de espesor, grano de tamaño arena muy fina a fina, buena selección, grano angular a subangular, alargado a subsférico, fractura irregular.

**VAC-59**

Dolomita lutítica arenosa color oliva a marrón oliva, en partes cierto tono amarillento y rojizo por meteorización (óxidos), pátina marrón oscuro, muy dura, compacta, no porosa, superficie bandeada pero capas no visibles en fractura, grano de tamaño arena muy fina a fina (60 a 90 micras), buena selección, grano angular a subangular, alargado a subsférico, fractura recta a irregular.



**VAC-60**

Arena limosa-limo arenoso tobáceo?, color amarillo pálido a marrón muy pálido, no calcárea, grano fino a medio, angular a subredondeado, alargado a subesférico, porosa, de poco peso, fractura terrosa-blocosa, cemento limoso, consolidada, de relativa dureza. Componentes: cuarzo blanco y transparente, limo blanco, mica blanca y negra (no tan abundantes como en VAC-49), pocos óxidos, minerales máficos negros.

**VAC-61**

Limolita con contenido de arena muy fina a fina, color marrón oliva en húmedo, más amarillenta en seco, fractura terrosa, moderada a escasamente compacta, porosa, friable. Componentes: cuarzo, arcilla, granos de vidrio cloritizado de color verde-azul, óxidos, minerales negros, mica blanca (un grano de 2 mm), fragmentos calcáreos orgánicos.

**VAC-62**

Lutita color marrón amarillento claro en húmedo, marrón muy pálido en seco, blanca en superficie meteorizada, fractura blocosa, ligeramente porosa, compacta, consolidada, séctil.

**VAC-63**

Limolita con contenido de arcilla y de arena, color marrón oliva claro en húmedo, con manchas de óxidos y negras, blanca gris en superficie meteorizada, fractura irregular blocosa, consolidada, compacta, porosa. Componentes: cuarzo traslúcido, pocos minerales máficos, limo.

**VAC-64**

Caliza gris claro a amarillo pálido en partes blanca, pátinas marrón rojizo y amarillenta, manchas negras, fractura irregular blocosa, dura, compacta.

**VAC-65**

Arcilla arenosa-arena arcillosa color amarillo oliva a marrón oliva claro, calcárea, suelta a friable, plástica, higroclástica. Componentes: arcilla, cuarzo, abundantes minerales máficos, fragmentos calcáreos orgánicos.

**VAC-66**

Arena media, calcárea, color marrón amarillento claro, bien clasificada, bastante limpia, suelta, grano subangular a subredondeado, subesférico a subangular. Componentes: cuarzo transparente, minerales marrones y máficos, fragmentos calcáreos orgánicos, líticos máficos redondeados.

**VAC-67**

Arcilla limo-arenosa, calcárea, color marrón oliva claro a gris oliva en húmedo, con pátina marrón-amarillento oscuro y manchas negras y marrones, medianamente consolidada, fractura irregular terrosa a blocosa, algo friable, un poco plástica. Componentes: arcilla, cuarzo, fragmentos calcáreos, minerales máficos, abundantes minerales rojizos y manchas de óxidos.

**VAC-68**

Arena media superior a gruesa, con contenido de grava redondeada a subredondeada, bastante limpia, suelta. Componentes: cuarzo transparente, fragmentos subredondeados de conchas de moluscos, gruesas espículas de equinodermos subredondeadas, minerales lechosos, marrones y verdes subredondeados, fragmentos pequeños de conchas de tamaño de arena media a gruesa, subredondeados a redondeados, líticos, óxidos, silíceos coloreados (vidrio).



CIB-ESPOL

**VAC-69**

Arcilla arenosa color oliva, calcárea, arena tamaño fino, débilmente a no consolidada, friable, plástica. Componentes: cuarzo, óxidos, pequeños minerales máficos.

**VAC-70**

Arcilla arenosa calcárea color oliva con manchas blancas y marrones, calcárea, arena de tamaño fino a medio, más endurecida (seca) y arenosa que la anterior, débilmente a no consolidada, friable, plástica cuando húmeda, de fractura terrosa. Componentes: cuarzo, pequeños minerales máficos, fragmentos calcáreos de moluscos, carbón, óxidos anaranjados.

CIB - OL

**VAC-71**

Arcilla con escaso contenido de limo y arena fina, color gris oliva en húmedo con manchas oliva pálido (partes secas), calcárea, débilmente a no consolidada, friable a plástica cuando húmeda. Componentes: arcilla, pequeños minerales máficos, óxidos.



CIB-ESPOL

**VAC-72**

Arena limosa-limo arenoso con contenido de arcilla color gris verde azulado muy oscuro, calcárea, arena de tamaño muy fino inferior, débilmente consolidada, fractura terrosa suave, friable. Componentes: cuarzo, limo, vidrio cloritizado, fragmentos calcáreos delgados y blancos de conchas, minerales negros.

**VAC-73**

Arena limosa-arcillosa color gris oliva oscuro, calcárea, tamaño de grano de la arena de muy fino superior a inferior, contiene más arcilla que la muestra anterior, no consolidada, plástica a friable cuando seca. Componentes: arcilla, cuarzo, limo, minerales negros, óxidos-trazas.

CIB - SPI

**VAC-74**

Arcilla limosa con contenido de arena muy fina, color gris oscuro verdoso a verde-azul, calcárea, no consolidada, plástica. Componentes: arcilla, cuarzo, minerales negros y verdes, vidrio cloritizado, trazas de óxidos, escasos fragmentos de conchas.

**VAC-75**

Arcilla limosa con contenido de arena muy fina, color marrón oliva claro a marrón oliva, con manchas marrones rojizas de oxidación, calcárea, no consolidada, plástica. Componentes: arcilla, cuarzo, minerales negros, abundantes óxidos naranjas.



CIB-ESPOL

**VAC-76**

Lutita marrón amarillento claro en húmedo con manchas negras de carbón, calcárea, no porosa, fractura subconcoidea a terrosa-angulosa, moderadamente consolidada, presenta clivaje. Componentes: arcilla, óxidos, carbón, cuarzo, foraminíferos.

**VAC-77**

Lutita marrón amarillento claro en húmedo con manchas negras de carbón (más abundantes que en la anterior) y rojas de óxidos, calcárea, no porosa, fractura subconcoidea, terrosa-angulosa, moderadamente consolidada, presenta clivaje. Componentes: arcilla, óxidos, carbón, cuarzo, foraminíferos.

**VAC-78**

Arcilla arenosa color oliva en húmedo, oliva pálido en seco, calcárea, con arena tamaño muy fina superior y algunos granos de cuarzo notorios de tamaño medio inferior, plástica cuando húmeda, friable cuando seca, no consolidada. Componentes: arcilla, cuarzo, fragmentos calcáreos, óxidos, minerales máficos, vidrio cloritizado.

## APÉNDICE B

### PETROGRAFÍA DE LÁMINAS DELGADAS

#### VAC-05

Macroscópicamente, en el campo, se supuso se trataba de una calcarenita con alto contenido fosilífero. Analizándola en el laboratorio, al microscopio y a través de la lámina delgada que de ella se hizo, se obtuvieron los siguientes resultados:

#### Mineralogía modal

Cuarzo	103	10.80%
Feldespato	42	4.15%
Fósiles	237	23.42%
Líticos	279	27.57%
Matriz		
Micrita	144	14.23%
Microesparita	93	9.19%
Esparita	74	7.31%
Minerales accesorios	40	3.95%
TOTAL	1012	100.01%

**Matriz:** Calcárea microesparítica, incolora en nícoles paralelos con ciertos sectores de color parduzco. Los cristales se encuentran formando pequeños mosaicos.

**Cuarzo:** Monocristalino, limpio, de extinción recta y ondulada, de formas angulosas y bordes bien definidos, tamaños menores a 210 micras.

**Glauconita:** De formas subredondeadas, oxidada en nícoles paralelos, de color marrón amarilento y tamaño entre 90 y 210 micras.

**Feldespato:** Fragmentos angulosos de plagioclasa alotriomórfica, maclados, de bordes bien definidos, cuyo tamaño general no sobrepasa 120 micras.

**Fósiles:** Foraminíferos, radiolarios, fragmentos de conchas.

Considerando los contenidos totales:

Matriz	30.73%
Fósiles	23.42%
Clastos	55.95%

se puede denominar la roca como una *biomicroesparita arenosa* o *caliza arenosa/arenisca calcárea* sometida a mucha intemperización y de cierta procedencia volcánica, indicada esta última por la presencia de palagonita (manchas amarillas, similares al fosfato) que es un producto de alteración del vidrio volcánico, muestras de calcitización y cloritización (procesos diagenéticos que se dan comúnmente en las lavas), fragmentos ígneos como el chert y el feldespato.

#### VAC-18

La roca tiene una textura soportada por la matriz, compuesta totalmente por dolomita esparítica que engloba microfósiles, fosfatos, minerales opacos, con algas redondas y reticuladas y diatomeas.

Mineralogía modal

Matriz esparítica	427	84.72%
Minerales opacos	17	3.37%
Fósiles	57	11.31%
Cuarzo	3	0.60%
TOTAL	504	100.00%

Matriz: Compuesta por micrita que se está reemplazando por esparita de color parda en nicoles paralelos, con cristales de tamaño entre 12 y 18 micras. Presencia de oolitos cuyo tamaño varía entre 60 y 150 micras, recristalizados por calcita esparítica.

Cuarzo: Autigénico microcristalino de extinción recta y tamaño entre 18 y 30 micras, se encuentra flotando en la matriz autigénica.

Hematita: Mineral opaco que se presenta completamente extinguido y sus bordes presentan manchas rojizas de óxidos.

Fósiles: Algas redondas y reticuladas, diatomeas, foraminíferos bentónicos uniseriados y plantónicos, radiolarios, espículas.

La roca se denomina:

*Biomicroesparita* según la clasificación de Folk,  
*Caliza* según la clasificación de rocas intermedias,  
*Mudstone* a| *wackestone* según la clasificación de Dunham.

**VAC-20**

La roca presenta una matriz calcárea esparítica, la cual engloba gran cantidad de restos de conchas, cristales de cuarzo, plagioclasa, fragmentos de roca y glauconita.

Mineralogía modal

Cuarzo	64	12.60%
Feldespato	26	5.12%
Glauconita	13	2.56%
Líticos	23	4.53%
Fragmentos moluscos	108	21.26%
Foraminíferos	7	1.38%
Matriz		
Microesparita	244	48.03%
Micrita	23	4.53%
TOTAL	508	100.01%

Matriz: Compuesta por esparita incolora a parda, con cristales cuyos tamaños no sobrepasan las 60 micras.

Líticos: De formas subangulares a subredondeadas, de baja birrefringencia como el cuarzo, con tamaños que varían entre 180 y 750 micras.

Cuarzo: Limpio, monocristalino, de extinción recta y ondulada con formas subredondeadas. Volcánico, con inclusiones. Su tamaño varía entre 60 y 215 micras. Esporádicamente se observan granos de cuarzo que alcanzan 600 micras.

Feldespato: Cristales maclados y zonados de plagioclasa, con formas subangulares y bordes bien definidos. Tamaño entre 90 y 600 micras.

**Glauconita:** Granos subredondeados de tamaño entre 60 y 150 micras. Coloración verde naranja, pocos presentan el color típico verde en nicoles paralelos, debido probablemente a oxidación.

Por el contenido de los principales componentes:

Fósiles	22.64%
Clastos	24.80%
Carbonatos	52.56%

la roca se denomina:

*Bioesparita a biomicroesparita* según la clasificación de Folk,  
*Caliza arenosa* según la clasificación de rocas intermedias,  
*Wakestone* según Dunham.

### VAC-58

La muestra fue tomada de un nódulo aflorando entre limolitas arcillosas de la Fm. Canoa. Presenta una composición ligeramente calcárea, dolomítica, y la presencia de ciertos componentes y su forma de presentarse indican una clara procedencia volcánica. Se trata de una roca volcánica cinerítica gruesa que sufre una dolomitización, producto de su formación bajo el mar en una cuenca relativamente somera, de plataforma interna o bahía. En la matriz arcillosa, cinerítica, flotan principalmente fragmentos de cuarzo y otros minerales volcánicos, todos en proceso de alteración y sobretodo el cuarzo de reemplazamiento por dolomita.

#### Mineralogía modal

Matriz arcillosa	542	63.99%
Matriz dolomítica	122	14.40%
Cuarzo	140	16.53%
Chert	10	1.18%
Plagioclasas	10	1.18%
Piroxenos	9	1.06%
Vidrio	7	0.83%
Óxidos	5	0.59%
Glauconita	2	0.24%
TOTAL	847	100.01%

**Matriz:** La matriz es mayormente microcristalina, arcillosa, oscura, con manchas marrones y verdosas por procesos de cloritización y alteración. En los bordes de los granos, sin embargo, la matriz se hace más clara e invasiva, de cristales romboideos verdosos de dolomita.

**Cuarzo:** Detrítico, limpio, con extinción recta, de origen volcánico, granos alargados y angulosos a subangulosos, de tamaño entre 24 y 98 micras, teniendo la mayor parte entre 30 y 40 micras (limo, con arena muy fina). Se encuentran reemplazados ampliamente en sus bordes por cristales de dolomita. Algunos granos de chert.

**Líticos:** Chert de formas subredondeadas, con birrefringencia menor o igual a la del cuarzo, con extinción ondulada y tamaños que no sobrepasan 60 micras.

**Feldespato:** Plagioclasas detríticas, partidas, algunas en proceso de reemplazamiento y alteración, estriadas.

**Otros minerales:** Piroxenos y anfíboles en proceso de alteración, parcial o totalmente reemplazados por dolomita, epidota y moscovita de formas alargadas.

- Vidrio: Fragmentos subredondeados de vidrio de tamaños no mayores a 60 micras, en nicoles paralelos presentan un color verde pálido.
- Glauconita: De formas subredondeadas y tamaños menores o iguales a 45 micras, presente como un grano individual.

Por la proporción de los principales componentes:

Matriz	78.39%
Clastos	21.61%

la roca se denomina:

*Wackestone* (matriz soporte con >10% granos) a *cementstone* (textura o estructura diagenética, no obliterativa, cemento como componente principal) según la clasificación de Dunham,

*Dolomita lutítica a lutita arenosa dolomitizada* según la clasificación de rocas intermedias, *Lutita limosa a limo-arenosa tobácea y dolomitizada* atendiendo a su génesis.

### VAC-59

#### Mineralogía modal

Matriz arcillosa	90	11.41%
Matriz de reemplazo	382	48.42%
Cuarzo	80	10.14%
Fosfatos	111	14.07%
Feldespatos	33	4.18%
Minerales máficos	10	1.27%
Óxidos	12	1.52%
Vidrio	71	9.00%
TOTAL	789	100.01%

- Matriz: Compuesta por arcilla reemplazada mayormente por carbonato magnésico (dolomita). Los granos de carbonato invaden los bordes de los clastos y minerales contenidos en la matriz.
- Cuarzo: De extinción recta, limpio, formas angulosas con bordes invadidos por carbonato esparítico. Tamaño entre 30 y 40 micras (limo a arena muy fina).
- Feldespatos: Plagioclasas y ortoclasa, limpias, con formas angulosas y subalñargadas, bordes invadidos por carbonato.
- Minerales Máficos: Anfíbol basáltico o máfico (relativamente abundante), granos alargados de epidota, mica, piroxenos, en algunas partes de la lámina son particularmente abundantes, parcial o totalmente cloritizados.
- Fosfatos: En forma de manchas marrón oscuro y de granos.
- Fósiles: Foraminíferos bentónicos.
- Vidrio: Granos pequeños y subredondeados, algunos cloritizados, tamaños entre 20 y 40 micras.

Por la proporción de los principales componentes:

Matriz	59.83%
Clastos	40.18%
Fósiles	0.63%

la roca se denomina:

*Wackestone* a *cementstone* según la clasificación de Dunham,

*Dolomita lutítica a lutita arenosa dolomitizada* según la clasificación de rocas intermedias,



*Lutita limosa a limo-arenosa tobácea dolomitizada* atendiendo a su génesis.

#### VAC-64

La muestra fue tomada de un nódulo calcáreo de la Fm. Angostura, cuya litología localmente semeja a la del Miembro Dos Bocas de la Cuenca Progreso. Conformada casi totalmente por una matriz de calcita esparítica que engloba pequeñas cantidades de cuarzo, feldespato y fósiles, con resina y minerales opacos como accesorios.

#### Mineralogía modal

Calcita esparítica	1370	95.34%
Fósiles	42	2.92%
Cuarzo	8	0.56%
Feldespato	2	0.14%
Anfíbol	14	0.97%
Minerales opacos	1	0.07%
TOTAL	1437	100.00%

**Matriz:** Conformada por calcita esparítica pardo amarillenta pálido, con manchas marrones más oscuras, esferas de resina, algunos fósiles, escasos minerales opacos. El tamaño del grano varía mayormente entre 36 y 100 micras.

**Fósiles:** Foraminíferos.

**Cuarzo:** Detrítico, de bordes definidos e invadido por calcita.

**Feldespato:** Fragmentos de plagioclasas macladas y zonadas y de anortosa, de formas alotriomórficas a hipidiomórficas, cuyos tamaños no sobrepasan 72 micras.

**Anfíbol:** Basáltico, de formas hipidiomorfas, en nícoles paralelos presenta color marrón intenso, sus tamaños alcanzan 90 micras.

Por la proporción de sus principales componentes:

Matriz calcítica	95.34%
Clastos	1.74%
Fósiles	2.92%

la roca se denomina:

*Esparita* según la clasificación de Folk,

*Caliza* según la clasificación de rocas intermedias,

*Lodolita* según Dunham.

**APÉNDICE C**  
**ESTUDIO MICROPALÉONTOLÓGICO**  
**DE LAS MUESTRAS**

**VAC-01**

Foraminíferos bentónicos

Bulimina striata  
Buliminella curta  
Buliminella ecuadorana  
Cibicidoides crebbsi (3)  
Cibicidoides wuellerstorfi  
Discorbis? garveyensis  
Globocassidulina subglobosa  
Gyroidina parva (2)  
Gyroidinoides planulatus  
Lagenosolenia subiosa  
Melonis affinis (5)  
Nodogenerina  
Nodosaria stainforthi  
Nuttalides sp.  
Oridorsalis umbonatus  
Stilostomella antillea  
Stilostomella lepidula  
Tosaia sp.  
juvenil de Hanzawaia  
fragmento de Nodosaria  
fragmento de Rectuvigerina  
fragmento de Cibicides o Cibicidoides  
Estado de conservación: buen estado, casi sin relleno, poca fragmentación y recristalización.

Foraminíferos planctónicos

Globigerina angustiumblicata  
Globigerina druryi  
Globigerina nephentes  
Globigerina woodi  
Globigerinoides cf. conglobatus  
Globigerinoides obliquus  
Globorotalia acrostoma  
Globorotalia linguaensis  
Globorotalia menardii  
Estado de conservación: buen estado, relativamente limpios, con un poco de arcilla, poco fragmentados.

Radiolarios

Artostrobium miralestense

Cyrtocapsella aff. tetrapera

Estado de conservación: limpios, con algo de óxido rojizo.

**Edad:** Mioceno medio medio (N11 - 1/4N12).**Paleoambiente de depositación:** batial (batial superior a abisal).**VAC-02**Radiolarios

Actinommids

Anthocyrtidium

Artostrobium miralestense

Cyrtocapsella aff. tetrapera

Lithopera renzae

Lychnodictium audax

Stichocorys delmontensis

Theocorythium vetulum

Estado de conservación: rellenos y un poco cubiertos de arcilla.

Otros

diatomeas con arcilla, arena fina y pirita

**Edad:** Mioceno medio medio (1/2N11 - 3/4N11).**Paleoambiente de depositación:** batial.**VAC-03**Foraminíferos bentónicos

Bulimina rostrata?

Bulimina striata

Cassidulinoides cf. parkerianus

Cibicides

Cibicoides crebbsi (3)

Cibicoides wuellerstorfi

Gyroidina altiformis

Melonis affinis (3)

Nodosaria stainforthi

Nuttalides sp.

Oridorsalis umbonatus

Plectofrondicularia

Pullenia bulloides

Stilostomella antillea

Estado de conservación: especímenes algo fragmentados, limpios.

Foraminíferos planctónicos

Globigerina praebulloides

Globigerinoides cf. conglobatus



*Globorotalia acrostoma*

Estado de conservación: algo fragmentados, con un poco de sobrecrecimiento de arcilla. pequeños.

#### Radiolarios

*Actinommids*

*Cyrtocapsella aff. tetrapera*

*Diartus pettersoni*

*Lithocyclus aristotelis*

*Lithocyclus ocellus*

Estado de conservación: espumelarios con sobrecrecimiento arcilloso, naselarios limpios.

#### Otros

espículas de esponjas silíceas y de equinodermos con arcilla-limo

**Edad:** Mioceno medio medio (3/4N11 - 1/4N12).

**Paleoambiente de depositación:** batial (batial inferior a abisal).

### **VAC-04**

#### Foraminíferos bentónicos

*Ammonia beccari*

*Ammonia tepida*

*Bolivinitidos*

*Buliminella elegantissima*

*Ceratobulimina alazanensis*

*Cibicides pseudoungerianus*

*Cibicoides crebbsi* (2)

*Cyclogyra* sp.

*Fissurina simplex*

*Hanzawaia concentrica* (18)

*Nonionella atlantica* (14)

*Stilostomella antillea*

fragmento de *Oridorsalis umbonatus*

Estado de conservación: algo fragmentados, recristalizados, sobrecrecimiento limoarcilloso, relleno arcilloso rojizo-naranja de óxido.

#### Foraminíferos planctónicos

*Globigerina angustiumblicata*

*Globigerina bulbosa*

*Globigerina bulloides*

*Globigerina calida*

*Globigerina cf. nephentes*

*Globigerina foliata*

*Globorotalia aff. unguata*

*Globorotalia obesa*

Estado de conservación: algo fragmentados, recristalizados, sobrecrecimiento

limoarcilloso, relleno arcilloso rojizo-naranja de óxido.

Otros

fragmentos de conchas, espículas triactínidas de esponjas recristalizadas en carbonato, espículas de equinodermos, moldes de microbivalvos, ostrácodos

**Edad:** Plioceno inferior parte superior (2/3N19-3/4N19).

**Paleoambiente de depositación:** plataforma interna somera (menos de 50 m de profundidad) parcialmente cerrada.

**VAC-05**

Foraminíferos bentónicos

Bulimina uvigerinaformis

Buliminellita mirifica

Sigmoilina (abundante)

molde de Hanzawaia

molde de Cibicidoides

Estado de conservación: fragmentados, recristalizados, recubiertos de arcilla (excepto Quinqueloculina), algunos con óxido.

Foraminíferos plantónicos

moldes en arcilla oxidada de Globigerinas y Globorotalias menardiformes

Estado de conservación: sólo fragmentos.

Radiolarios

Lithocyclus ocellus

Actinommids

Estado de conservación: recristalizados.

Otros

dientes de pez, espículas de esponjas, fragmentos de conchas

**Edad:** No determinable por medios micropaleontológicos.

**Paleoambiente de depositación:** lagoon o plataforma interna parcialmente cerrada, condiciones ambientales agresivas.

**VAC-06**

Foraminíferos bentónicos

Ammonia beccari

Ammonia tepida

Bolivina pisciformis (3)

Brizalina subaenariensis?

Bulimina marginata

Buliminella curta

Buliminella elegantissima (3)

Ceratobulimina alazanensis

Cibicidoides crebbsi (7)  
 Cibicidoides pseudoungerianus (2)  
 Globocassidulina subglobosa  
 Hanzawaia mantaensis  
 Hanzawaia nitidula  
 Hanzawaia concentrica  
 Nonionella atlantica (3)  
 Oridorsalis umbonatus  
 Pararotalia magdalenensis  
 Rosalina globularis  
 Stilostomella  
 Uvigerina peregrina s.s.

Estado de conservación: algo fragmentados, un poco recubiertos de arcilla, recristalizados, con óxido; la mayoría de pequeño tamaño.

#### Foraminíferos planctónicos

Globigerina angustumbricata  
 Globigerina bulloides  
 Globigerina calida  
 Globorotaloides hexagonum  
 Neogloboquadrina dutertrei

Estado de conservación: algo fragmentados, un poco recubiertos de arcilla, recristalizados, con óxido; abundantes especímenes juveniles.

#### Radiolarios

Actinommids  
 Lithocyclus ocellus

Estado de conservación: desgastados, recubiertos de arcilla.

#### Otros

espículas de alcionarios y de equinodermos, ostrácodos

**Edad:** Plioceno inferior a base del Plioceno medio (1/3N18 - 1/4N20).

**Paleoambiente de deposición:** plataforma interna somera (menos de 50 m de profundidad) parcialmente cerrada.

#### **VAC-07**

#### Foraminíferos bentónicos

Bolivina pisciformis  
 Cibicidoides wuellerstorfi  
 Dentalina consobrina  
 Nodosaria stainforthi  
 Oridorsalis umbonatus  
 Quinqueloculina lamarckiana (2)  
 Sigmöilina (2)  
 Siphonodosaria cushmanii  
 Textularia  
 Uvigerina peregrina s.s. (5)



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL

molde de *Buliminella* ecuatorana

fragmento de *Nodosaria*

Estado de conservación: recristalizados, algo desgastados, rellenos de arcilla; los de ambiente más profundo rellenos de arcilla oxidada, algo fragmentados; los *Cibicides* pequeños y las *Hanzawaia* juveniles con sobrecrecimiento cristalino carbonatado.

#### Foraminíferos planctónicos

*Globigerina* aff. *foliata*

*Globigerina* *bulloides*

*Globigerinoides* aff. *conglobatus*

*Globigerinoides* *obliquus extremus*

*Globigerinoides* *quadrilobatus triloba*

*Globigerinoides* *ruber*

*Globorotalia* *acostaensis*

*Globorotalia* aff. *praemiocenica*

*Globorotalia* *cultrata*

*Neogloboquadrina*

*Neogloboquadrina* *blowi*

*Neogloboquadrina* *dutertrei*

*Neogloboquadrina* *humerosa*

Estado de conservación: recristalizados, algo desgastados, rellenos de arcilla, más fragmentados que los bentónicos; los de ambiente más profundo rellenos de arcilla oxidada.

#### Radiolarios

*Actinommids*

*Lithocyclia* *ocellus*

Estado de conservación: desgastados, recubiertos de arcilla.

#### Otros

fragmentos de conchas, ostrácodos, espículas de esponjas, equinodermos y alcionarios

**Edad:** tope de Plioceno medio a Pleistoceno superior basal (2/3N20 - N21/N22).

**Paleoambiente de depositación:** *lagoon* a plataforma interna somera parcialmente cerrada.

#### **VAC-08**

##### Foraminíferos bentónicos

*Cibicides*

*Cibicidoides*

*Elphidium* *craticulatum* (7)

*Pseudononion*

*Quinqueloculina*

Estado de conservación: muy recristalizados, con sobrecrecimiento cristalino de apariencia limosa.

Foraminíferos planctónicos

Orbulina universa

Globigerina

fragmento de Neogloboquadrina

Estado de conservación: muy recristalizados, fragmentados, rellenos de arcilla con algo de óxido.

Radiolarios

Actinommids

Lithocyclus ocellus

Estado de conservación: desgastados, recubiertos de arcilla.

Otros

ostrácodos, moldes de microgasterópodos, fragmentos de conchas, espículas de equinodermos

**Edad:** Mioceno tardío a Reciente (N16 - N23).**Paleoambiente de depositación:** laguna costera a plataforma interna parcialmente cerrada.**VAC-10**Foraminíferos bentónicos

Ammonia beccari

Ammonia tepida (3)

Bolivina sp.

Cibicides aknerianus

Cibicides pseudoungerianus (3)

Cibicidoides crebbsi (3)

Hanzawaia concentrica (2)

Hanzawaia sp.

Pararotalia magdalenensis

Trifarina sp.

Estado de conservación: recristalizados, algo de sobrecrecimiento cristalino, algunos individuos deformes.

Foraminíferos planctónicos

Globigerinoides quadrilobatus triloba

Globorotalia menardii

Globigerina bulloides

Estado de conservación: con sobrecrecimiento cristalino, recristalizados, fragmentados.

Radiolarios

Actinommids

Lithocyclus ocellus

Estado de conservación: desgastados, recubiertos de arcilla.

Otros



espículas de esponjas, equinodermos y alcionarios algo oxidadas, ostrácodos

**Edad:** Mioceno superior a Reciente (1/2N16 - N23).

**Paleoambiente de depositación:** plataforma interna somera parcialmente cerrada.

#### VAC-11

##### Otros

espículas de equinodermos con sobrecrecimiento limoso y arcilloso

**Paleoambiente de depositación:** marino, sedimento re TRABAJADO.

#### VAC-14

##### Foraminíferos planctónicos

Orbulina universa

Estado de conservación: rellenos con algo de óxido y arcilla.

##### Radiolarios

Cyclampterium cf. leptetrum

Lithocyclia ocellus

Actinommids

Estado de conservación: fragmentados, con arcilla.

##### Otros

espículas de esponjas silíceas, diatomeas

**Edad:** Mioceno medio a Reciente (1/3N9 - N23).

**Paleoambiente de depositación:** re TRABAJAMIENTO de sedimentos marinos, ambiente de media a alta energía.

#### VAC-16

##### Foraminíferos bentónicos

Ammonia tepida

Anomalinoidea incrassatus

Elphidium craticulatum

Fissurina furcilligera

Fissurina sp.

Hanzawaia concentrica (3)

Hanzawaia mantaensis (3)

Karriella

Melonis affinis (2)

Oridorsalis umbonatus var. ecuadorensis

Pararotalia magdalenensis

Pullenia bulloides

Rosalina globularis

Sphaeroidina bulloides (8)

Trifarina

fragmento de Siphonodosaria subspinosa

Estado de conservación: algo recristalizados, rellenos con arcilla, algunos con óxido, puntos negros de pirita.

Foraminíferos planctónicos

Globigerina angustumbrilicata  
 Globigerina apertura  
 Globigerina druryi  
 Globigerina folliata  
 Globigerina venezolana  
 Globigerinoides quadrilobatus  
 Globigerinoides quadrilobatus triloba  
 Globigerinoides ruber  
 Globigerinoides subquadratus  
 Globoquadrina altispira globosa  
 Globorotalia acostaensis  
 Globorotalia acrostoma  
 Globorotalia fohsi peripheroacuta  
 Globorotalia obesa  
 Pulleniatina  
 Pulleniatina obliquiloculata?  
 Pulleniatina primalis  
 Orbulina universa

Estado de conservación: unos en muy buen estado, otros recristalizados, algo de relleno arcilloso son óxido y trazas de pirita.

Radiolarios

Lithocyclus ocellus  
 Lithocyclus aristotelis

Estado de conservación: desgastados, algo recubiertos de arcilla.

Otros

microgasterópodos, espículas de equinodermos y de esponjas, pellets oxidados, fragmentos de moluscos

**Edad:** fauna del Mioceno inferior parte inferior (1/4N9 - N10/N11) y de la base del Plioceno medio (primer cuarto de N20).

**Paleoambiente de depositación:** plataforma interna parcialmente cerrada, con fauna alóctona traída por el río (pequeño delta).

**VAC-17**Foraminíferos bentónicos

Cibicides crebbsi  
 Fissurina simplex  
 Gyroidina parva (4)  
 Hanzawaia concentrica (5)  
 Hanzawaia nitidula



Melonis affinis (2)  
 Nodosaria stainforthi  
 Pullenia bulloides  
 fragmento de Gyroidina altiformis  
 fragmento de Nodosaria o Dentalina  
 fragmento de Bulimina  
 Estado de conservación: en buen estado general.

Foraminíferos planctónicos

Globigerinoides cf. ruber  
 Globigerina aff. juvenilis  
 Globorotalia miozea conomiozea  
 Estado de conservación: en buen estado, con óxido y un poco de pirita.

Radiolarios

Lithocyclia ocellus  
 Actinommids  
 Estado de conservación: desgastados, recubiertos de arcilla.

Otros

ostrácodos, dientes de pez, fragmentos de conchas

**Edad:** Plioceno inferior a Pleistoceno inferior (N19 - N22).

**Paleoambiente de depositación:** batial.

**VAC-19**

Foraminíferos bentónicos

Bulimina aff. pupoides  
 Bulimina pagoda  
 Buliminella  
 Cibicidoides crebbsi (4)  
 Eggerella  
 Hanzawaia (Planulina) mantaensis  
 Hanzawaia concentrica (15)  
 Marssonella  
 Oridorsalis umbonatus var. ecuadorensis  
 Pseudononion pizarrensis  
 Textulariella pallida  
 Textulariella sp. (2)  
 fragmento de Martinottiella  
 Estado de conservación: algo recristalizados, rellenos de limo y arcilla, las Hanzawaia un poco fragmentadas y algunos rellenos de pirita.

Foraminíferos planctónicos

Globigerina bulloides apertura  
 Globigerinita incrusta  
 Globigerinoides quadrilobatus inmaturus  
 Globigerinoides ruber

*Globorotalia acostaensis*

*Neogloboquadrina dutertrei*

Estado de conservación: aberturas obturadas con limo y arcilla, un poco fragmentados.

Otros

fragmentos de moluscos, espículas de equinodermos

**Edad:** Plioceno inferior a medio (N18 - 1/4N20).

**Paleoambiente de depositación:** plataforma interna.

**VAC-22**

Otros

espículas de esponjas y de equinodermos con sobrecrecimiento cristalino, recristalizadas, delgados y pequeños fragmentos de conchas

**Paleoambiente de depositación:** marino, plataforma interna (retrabajamiento).

**VAC-23**

Foraminíferos bentónicos

*Hanzawaia concentrica*

*Hanzawaia nitidula* o *mantaensis*

*Pararotalia magdalenensis*

Estado de conservación: recristalizados, con sobrecrecimiento, fragmentados, algo de óxido.

Foraminíferos planctónicos

*Globigerina parabulloides*

*Globigerinoides quadrilobatus triloba*

*Globorotalia aff. prae-hirsuta*

*Neogloboquadrina dutertrei dutertrei*

*Neogloboquadrina humerosa*

Estado de conservación: recristalizados, con sobrecrecimiento, fragmentados, algo de óxido.

Otros

espículas de equinodermos algo recristalizadas y con sobrecrecimiento

**Edad:** Plioceno inferior a base del Pleistoceno inferior (1/3N18 - 1/3N22).

**Paleoambiente de depositación:** plataforma interna.

**VAC-24**

Foraminíferos bentónicos

*Bulimina marginata*

*Cibicides aknerianus*

*Cibicides pseudoungerianus*

Cibicidoides crebbsi  
 Hanzawaia  
 Hanzawaia concentrica  
 Lenticulina (Robulus)  
 Pararotalia magdalenensis  
 Planulina sp.  
 Pseudononion pizarrensis  
 Rosalina globularis (3)  
 Uvigerina peregrina s.s.  
 Anomalinoidea incrassatus? (recristalizado)  
 Estado de conservación: con sobrecrecimiento cristalino y relleno arcilloso, poco óxido, deformación en especímenes de Cibicidoides.

#### Foraminíferos planctónicos

Globigerinoides ruber  
 Globigerinoides quadrilobatus inmaturus  
 Globigerinoides quadrilobatus triloba  
 Pulleniatina obliquiloculata  
 Neogloboquadrina dutertrei  
 Neogloboquadrina humerosa  
 Globorotaloides hexagonum  
 Globorotalia cf. bononiensis  
 Globorotalia menardii  
 Globorotalia unguolata  
 Globigerina bulloides apertura  
 Estado de conservación: con sobrecrecimiento cristalino, relleno de arcilla obturando suturas, algunos fragmentados, poco óxido.

#### Radiolarios

Lithocyclia ocellus  
 Actinommids  
 Estado de conservación: desgastados, recubiertos de arcilla.

#### Otros

espículas de esponjas y equinodermos, dientes de pez, fragmentos de conchas, ostrácodos

**Edad:** Plioceno inferior parte superior a Plioceno medio basal (2/3N19 - 1/4N20).

**Paleoambiente de depositación:** Plataforma interna, menos de 100 m de profundidad.

#### **VAC-25**

#### Foraminíferos bentónicos

Ammonia beccari  
 Bolivina bicostata  
 Bulimina rostrata alazanensis  
 Cibicidoides crebbsi  
 Cibicidoides wuellerstorfi (4)

Hanzawaia concentrica (14)  
 Hanzawaia mantaensis  
 Hanzawaia nitidula  
 Oolina globosa  
 Quinqueloculina lamarckiana  
 Quinqueloculina sp. (2)  
 Rosalina sp.  
 Uvigerina hispida  
 fragmento de Hanzawaia  
 fragmento de Siphonodosaria subspinoso  
 Estado de conservación: rellenos de arcilla blanca, poco óxido, algo fragmentados.

#### Foraminíferos planctónicos

Globigerina bulloides  
 Globigerina nephentes  
 Globigerinoides aff. amplus  
 Globigerinoides inmaturus?  
 Globigerinoides obliquus extremus  
 Globigerinoides quadrilobatus triloba  
 Globigerinoides ruber  
 Globorotalia humerosa  
 Globorotalia obesa  
 Neogloboquadrina acostaensis  
 Neogloboquadrina aff. Hastigerina  
 Neogloboquadrina dutertrei dutertrei  
 Neogloboquadrina humerosa  
 Pulleniatina  
 Estado de conservación: rellenos de arcilla blanca, poco óxido, algo fragmentados.

#### Radiolarios

Lithocyclus ocellus  
 Actinommids  
 Estado de conservación: desgastados, recubiertos de arcilla.

#### Otros

ostrácodos, espículas de alcionarios, esponjas y equinodermos,  
 microgasterópodos, fragmentos de conchas

**Edad:** base del Plioceno inferior a tope del Plioceno superior-base del Pleistoceno inferior (N18 - N21/N22).

**Paleoambiente de depositación:** laguna a bahía, aguas más saladas, menos de 50 m de profundidad.

#### **VAC-27**

#### Foraminíferos bentónicos

Ammonia tepida  
 Ammonia tepida  
 Buliminella elegantissima

Cibicidoides crebbsi (3)  
 Cibicidoides wuellerstorfi (2, fragm.)  
 Hanzawaia concentrica  
 Hanzawaia mantaensis  
 Hanzawaia sp.  
 Lenticulina (molde)  
 Pararotalia magdalenensis  
 Estado de conservación: rellenos de arcilla con algo de óxido, fragmentados, recristalizados.

#### Foraminíferos planctónicos

Globigerina  
 Globorotalia acostaensis  
 Neogloboquadrina dutertrei  
 Globigerinoides aff. ruber  
 Globorotalia cf. pseudomiocena  
 Globigerinoides quadrilobatus inmaturus  
 Globorotalia obesa  
 Estado de conservación: rellenos de arcilla, fragmentados, recristalizados.

#### Radiolarios

Actinommids  
 Lithocyclia aristotelis  
 Lithocyclia ocellus  
 Estado de conservación: desgastados, con sobrecrecimiento limo-arcilloso.

#### Otros

espículas de esponjas silíceas, fragmentos de conchas, con sobrecrecimiento limoso blanco

**Edad:** Plioceno inferior a medio (N18 - 1/2N20).

**Paleoambiente de depositación:** Plataforma interna somera parcialmente cerrada.

### **VAC-30**

#### Foraminíferos bentónicos

Cibicidoides sp.  
 Elphidium (deforme)  
 Elphidium craticulatum  
 Elphidium poeyanum  
 Hanzawaia (moldes)  
 Hanzawaia concentrica (8)  
 Pseudononion obductus  
 Pseudononion pizarrensis  
 molde en sílice de Bulimina rostrata  
 fragmento de Uvigerina peregrina  
 Estado de conservación: recristalizados, muy fragmentados, con relleno arcilloso oxidado, sobrecrecimiento de limo blanco.

Foraminíferos plactónicos

Neogloboquadrina incompta

Globigerina

molde de G. quadrilobatus triloba

Estado de conservación: recristalizados, con relleno arcilloso oxidado, sobrecrecimiento de limo blanco.

Radiolarios

Artostrobium

Lithocyclia ocellus

Lithocyclia aristotelis

Estado de conservación: desgastados, con sobrecrecimiento limo-arcilloso.

Otros

ostrácodos, espículas de equinodermos

**Edad:** Plioceno inferior a Reciente (N19 - N23).**Paleoambiente de depositación:** plataforma interna parcialmente cerrada.**VAC-31**Foraminíferos bentónicos y plantónicos

No identificables.

Estado de conservación: con fuerte sobrecrecimiento cristalino carbonático, moldes y rellenos de arcilla con un poco de óxido.

Otros

ostrácodos desgastados y con arcilla

**Paleoambiente de depositación:** retrabajamiento de sedimentos marinos de plataforma interna somera.**VAC-32**Foraminíferos bentónicos

Ammonia tepida

Cibicidoides crebbsi (8)

Cibicidoides wuellerstorfi (2)

Hanzawaia concentrica (8)

Hanzawaia sp.

Estado de conservación: con bastante limoarcilla blanca, granos de cuarzo adheridos, relleno de arcilla algo oxidada, un poco fragmentados.

Foraminíferos planctónicos

Globigerinoides quadrilobatus

Globigerinoides quadrilobatus triloba

Globigerinoides ruber

Neogloboquadrina acostaensis



Neogloboquadrina dutertrei  
 Neogloboquadrina humerosa  
 Orbulina universa

Otros

ostrácodos, moldes de bivalvos pequeños, fragmentos de conchas, espículas de esponjas y de equinodermos

**Edad:** base del Plioceno inferior a tope del Plioceno superior-base del Pleistoceno inferior (N18 - N21/N22).

**Paleoambiente de depositación:** sedimentos de plataforma interna retrabajados.

**VAC-33**

Otros

espículas de equinodermos recristalizadas, fragmento de foraminífero planctónico con fuerte sobrecrecimiento cristalino

**Paleoambiente de depositación:** sedimento marino de plataforma, retrabajado.

**VAC-34**

Foraminíferos bentónicos

Ammonia beccari (7)  
 Ammonia tepida (2)  
 Bolivina pisciformis  
 Bulimina uvigerinaformis?  
 Buliminella elegantissima  
 Cibicides pseudoungerianus  
 Cibicidoides crebbsi (2)  
 Cibicidoides robertsoniana  
 Cibicidoides wuellerstorfi (5)  
 Elphidium craticulatum  
 Elphidium poeyanum  
 Hanzawaia concentrica (10)  
 Hanzawaia mantaensis (3)  
 Hanzawaia nitidula  
 Planulina aff. exorna  
 Pseudononion pizarrensis  
 Quinqueloculina lamarckiana  
 Quinqueloculina sp.  
 Trifarina

fragmento de Quinqueloculina lamarckiana

Estado de conservación: recristalizados, fragmentados, rellenos de limoarcilla blanca con un poco de óxido, un poco de sobrecrecimiento cristalino, puntos de pirita, *Cibicides* deformes.

Foraminíferos planctónicos

Globigerina bulloides

Globigerina calida  
 Globigerinita incrusta  
 Globigerinoides inmaturus  
 Globigerinoides quadrilobatus quadrilobatus  
 Globigerinoides quadrilobatus triloba  
 Globigerinoides ruber  
 Globigerinoides trilobus trilobus  
 Globorotalia menardii  
 Globorotalia praehirsuta  
 Globorotalia praemiocenica  
 Globorotalia unguolata  
 Neogloboquadrina dutertrei  
 Neogloboquadrina humerosa  
 Estado de conservación: recristalizados, fragmentados, rellenos de limoarcilla blanca, con un poco de óxido, un poco de sobrecrecimiento cristalino, trazas de pirita.

#### Radiolarios

Thyrsoctyrtis sp.  
 Lithocyclus ocellus  
 Estado de conservación: desgastados, recubiertos de arcilla.

#### Otros

ostrácodos, espículas de esponjas y de equinodermos

**Edad:** Plioceno inferior parte superior a mitad de Pleistoceno inferior (2/3N19 - 1/2N22).

**Paleoambiente de depositación:** laguna costera hipersalina a plataforma interna somera ocasionalmente cerrada.

### **VAC-35**

#### Foraminíferos bentónicos

Ammonia recristalizada  
 Cibicidoides recristalizado  
 molde de Hanzawaia  
 Estado de conservación: recristalizados, con mucho sobrecrecimiento arcilloso.

#### Radiolarios

Lithocyclus ocellus  
 Actinommids  
 Estado de conservación: desgastados, recubiertos de arcilla.

#### Otros

espículas de alcionarios y equinodermos, dientes de pez, fragmentos de moluscos

**Paleoambiente de depositación:** plataforma interna somera, retrabajada.

### **VAC-37**

Foraminíferos bentónicos

Ammonia

Bolivina pisciformis

Hanzawaia concentrica

Hanzawaia mantaensis

Pararotalia magdalenensis

Estado de conservación: caparazones recristalizados, la mayoría de ellos con abundante sobrecrecimiento cristalino.

Foraminíferos planctónicos

no identificables por abundante sobrecrecimiento cristalino

Radiolarios

Actinommids

Lychnodyctium

Lychnodyctium audax

Podocyrtes

Spongodiscus

Estado de conservación: con sobrecrecimiento arcilloso blanco.

**Edad:** radiolarios retrabajados del Oligoceno al Mioceno medio.**Paleoambiente de depositación:** retrabajamiento de plataforma interna somera.**VAC-38**Foraminíferos bentónicos

Cibicides sp.

Elphidium craticulatum

Textularia panamensis

Estado de conservación: abundante sobrecrecimiento cristalino, algunos rellenos de arcilla oxidada.

Foraminíferos planctónicos

Globigerinoides quadrilobatus triloba

Globorotalia tumida

Globorotalia unguata

Estado de conservación: con abundante sobrecrecimiento cristalino carbonatado.

Radiolarios

Artostrobium doliolum

Lithomitra lineata

Estado de conservación: con arcilla, desgastados.

Otros

dientes de pez, espículas de equinodermos, ostrácodos

**Edad:** Plioceno medio a superior (2/3N19 - N21).**Paleoambiente de depositación:** plataforma interna somera.

**VAC-48**Foraminíferos bentónicos

fragmento de *Nodosaria stainforthi*

Foraminíferos planctónicos

*Globigerinoides quadrilobatus triloba*?

*Orbulina universa*

fragmento de *Globigerinoides ruber*?

Estado de conservación: con abundante sobrecrecimiento cristalino.

Radiolarios

*Actinommids*

*Lithocyclus ocellus*

Estado de conservación: desgastados, recubiertos de arcilla.

Otros

espículas de esponjas silíceas y de alcionarios, dientes de pez, fragmentos redondeados de conchas

**Edad:** microfaua del Eoceno y del Mioceno superior-Reciente.

**Paleoambiente de depositación:** plataforma interna (sedimentos retrabajados y mezclados).

**VAC-50**Foraminíferos bentónicos

*Cibicides pseudoungerianus*

Estado de conservación: en buen estado, algo recristalizado

Radiolarios

*Lithocyclus ocellus*

*Actinommid*

Estado de conservación: desgastados, recubiertos de arcilla.

Otros

fragmento de alga roja reticulada

**Edad:** radiolarios del Eoceno retrabajados.

**Paleoambiente de depositación:** plataforma interna.

**VAC-51**Foraminíferos bentónicos

*Anomalina*

*Bulimina rostrata*

*Cassidulina subglobosa*

*Ceratobulimina alazanensis*



Cibicides  
 Cibicidoides (Planulina) mantaensis  
 Cibicidoides crebbsi  
 Fissurina  
 Globocassidulina subglobosa (2)  
 Gyroidina parva aff. soldanii  
 Laticarinina pauperata  
 Lenticulina (Robulus)  
 Melonis affinis  
 Nodosaria longiscata  
 Nodosaria stainforthi  
 Plectofrondicularia  
 Reussella spinulosa  
 Sigmoidina pertenuis  
 Stilostomella antillea  
 Tosaia sp.  
 Uvigerina basispinata  
 Uvigerina hispida

Estado de conservación: en buen estado general de conservación, unos pocos con óxido de hierro, pocos fragmentados.

#### Foraminíferos planctónicos

Globigerina druryi  
 Globigerinoides quadrilobatus triloba  
 Globorotalia siakensis

Estado de conservación: algo fragmentados, con un poco de arcilla y óxido.

#### Radiolarios

Artostrobium miralestense  
 Carpocanistrum  
 Lithocyclia aristotelis  
 Lithocyclia ocellus  
 Lithopera thornburgi

Estado de conservación: buen estado, un poco de arcilla.

#### Otros

diatomeas y espículas de esponjas silíceas

**Edad:** Mioceno medio medio, tope de zona *D. alata* y base de *D. pettersoni* (aprox. parte superior de N11).

**Paleoambiente de depositación:** batial.

#### **VAC-52**

#### Foraminíferos bentónicos

Bulimina marginata  
 Bulimina rostrata  
 Cibicidoides (Planulina) mantaensis  
 Cibicidoides (Planulina) wuellerstorfi

Cibicidoides crebbsi  
 Gyroidina altiformis  
 Gyroidina parva aff. altiformis  
 Laticarinina pauperata  
 Nodosaria stainforthi  
 Plectofrondicularia vauhani  
 Reussella spinulosa  
 Stillostomella antillea  
 Estado de conservación: limpios, muy pocos fragmentados, algunos con óxido (C. wuellerstorfi).

Foraminíferos planctónicos  
 Sphaeroidinellopsis subdehiscens  
 juvenil de Globigerina venezolana  
 Estado de conservación: con arcilla, fragmentados.

Radiolarios  
 Actinommids  
 Artostrobium miralestense  
 Carpocanistrum  
 Cyrtocapsella aff. tetrapera  
 Diartus pettersoni  
 Lithocyclia aristotelis  
 Lithocyclia ocellus  
 Estado de conservación: buen estado, un poco de arcilla.

**Edad:** Mioceno medio medio, primer tercio de zona de *D. pettersoni* (aprox. mitad superior de N11).

**Paleoambiente de depositación:** batial.

### VAC-53

Foraminíferos bentónicos  
 Bulimina rostrata  
 Cibicidoides trincheraensis  
 Dentalina  
 Epistominella pacifica  
 Gyroidina altiformis  
 Gyroidina parva aff. altiformis  
 Lenticulina (Robulus) (2)  
 Melonis affinis  
 Oridorsalis umbonatus  
 Plectofrondicularia californica  
 Pullenia bulloides  
 Stillostomella antillea  
 Estado de conservación: buen estado general de conservación, muy poca arcilla, poco fragmentados.

Foraminíferos planctónicos

Globigerina druryi  
 Globorotalia siakensis  
 Globigerina sp.  
 Estado de conservación: algo fragmentados, un poco de arcilla.

#### Radiolarios

Anthocytidium  
 Buryella clinata  
 Calocycletta virginis?  
 Cyrtocapsella aff. tetrapera  
 Cyrtocapsella cornuta  
 Cyrtocapsella japonica  
 Diartus pettersoni  
 Didymocyrtis laticonus  
 Euchitonia  
 Lychnodictium audax cf. tridentatum  
 Porodiscid  
 Stichocorys delmontensis  
 Thecotyle migrinae?  
 fragmento de *D. pettersoni* aff. antepenultima  
 Estado de conservación: buen estado, unos pocos fragmentados.

**Edad:** Mioceno medio medio, primer tercio de zona de *D. pettersoni* (aprox. mitad superior de N11).

**Paleoambiente de depositación:** batial.

#### **VAC-54**

##### Foraminíferos bentónicos

Buliminella elegantissima (7)  
 Nonionella atlantica (2)  
 Pseudononion incisus  
 Pseudononion obductus (2)  
 Pseudononion pizarrensis  
 juveniles de Ammonia y Pseudononion  
 Estado de conservación: rellenos de pirita, con poco sobrecrecimiento cristalino.

##### Foraminíferos planctónicos

Globorotalia obesa  
 Globorotaloides hexagonum  
 Neogloboquadrina dutertrei  
 juvenil de Globorotalia continuosa  
 Estado de conservación: rellenos de pirita, pocos fragmentados.

##### Radiolarios

Actinommid  
 Dictyoprora mongolfieri  
 Dictyoprora pirum  
 Lithocyclia aristotelis

Lithocyclus ocellus  
 Podocyrtes (Lampterium) aphorma  
 Theocyrtis annosa  
 Theocyrtis tuberosa  
 Estado de conservación: desgastados, con arcilla.

Otros

espículas de esponjas silíceas, fragmentos de conchas

**Edad:** Plioceno inferior parte inferior (2/3N18 - 1/3N19), con fauna retransportada del tope del Eoceno superior.

**Paleoambiente de depositación:** plataforma interna somera.

**VAC-55**

Foraminíferos bentónicos

Ammonia  
 Ammonia tepida  
 Bolivina acutula  
 Bolivina bicostata  
 Brizalina arta  
 Brizalina pozoniensis  
 Bulimina aff. microcostata  
 Bulimina marginata  
 Cibicides pseudoungerianus  
 Cibicoides crebbsi (2)  
 Eponides hannai  
 Globocassidulina subglobosa?  
 Hanzawaia  
 Hanzawaia concentrica  
 Lenticulina (Robulus)  
 Nonionella atlantica (3)  
 Pararotalia magdalenensis  
 Pararotalia sp.  
 Robulus antipodum  
 Rosalina globularis (2)  
 Valvulineria  
 Estado de conservación: buen estado general.

Foraminíferos planctónicos

Globigerina bulloides bulloides  
 Globigerina calida praecalida  
 Globigerina foliata  
 Globigerina parabulloides  
 Globigerinoides quadrilobatus triloba  
 Globigerinoides ruber  
 Globorotalia acostaensis  
 Globorotalia hirsuta  
 Globorotalia tumida



Globorotaloides hexagonum  
 Hastigerina siphonifera  
 Neogloboquadrina asanoi  
 Neogloboquadrina dutertrei  
 Neogloboquadrina humerosa  
 Orbulina universa  
 Pulleniatina obliquiloculata  
 Estado de conservación: buen estado general.

#### Radiolarios

Lithocyclia ocellus  
 Estado de conservación: desgastados, recubiertos de arcilla.

#### Otros

espículas de esponjas silíceas, fragmentos de moluscos

**Edad:** Plioceno superior a primer tercio del Pleistoceno temprano (N21 - 1/3N22).

**Paleoambiente de depositación:** plataforma interna somera.

#### **VAC-56**

##### Foraminíferos bentónicos

Ammonia beccari (2)  
 Ammonia pauciloculata  
 Angulogenerina  
 Arenoparrela  
 Bolivina acutula  
 Bolivina multicostata  
 Brizalina subaenariensis  
 Buccella hannai  
 Cibicides aknerianus  
 Cibicides pseudoungerianus  
 Elphidium poeyanum  
 Hanzawaia concentrica (5)  
 Hanzawaia mantaensis  
 Hanzawaia nitidula (5)  
 Nonionella atlantica  
 Pararotalia  
 Pseudononion pizarrensis  
 Pyrgo murrhina  
 Quinqueloculina  
 Reusella  
 Rosalina globularis  
 fragmento de Sigmolilina o Quinqueloculina  
 Estado de conservación:

##### Foraminíferos planctónicos

Globigerina bulloides  
 Globigerina juvenilis

Globigerina quinqueloba  
 Globigerina rubescens  
 Globigerinoides quadrilobatus sacculifer  
 Globigerinoides quadrilobatus triloba  
 Globigerinoides ruber  
 Globorotalia aff. pseudomiocena  
 Globorotalia cultrata  
 Globorotalia pertenuis  
 Globorotalia unguata  
 Globorotaloides hexagonum  
 Neogloboquadrina dutertrei  
 Neogloboquadrina humerosa  
 Orbulina universa

**Edad:** tope del Plioceno inferior a base del Plioceno medio (2/3N19 - 1/3N20).

**Paleoambiente de depositación:** plataforma interna somera parcialmente cerrada.

#### VAC-57

##### Foraminíferos bentónicos

Elphidium sp.  
 Bolivina bicostata (2)  
 Bolivina multicostata (2)  
 Bolivina pisciformis (3)  
 Bulimina marginata  
 Cancris panamensis  
 Cibicidoides wuellerstorfi (3)  
 Hanzawaia nitidula  
 Hanzawaia sp.  
 Lagena striata (2)  
 Nonionella atlantica (3)  
 Pararotalia magdalenensis  
 Planulina ecuadorana  
 Pseudononion pizarrensis (3)  
 Quinqueloculina lamarckiana (5)  
 Rectobolivina sp. (6)  
 Reusella spinulosa  
 Rosalina globularis (11)  
 Textularia earlandi (2)  
 Textularia panamensis  
 Trifarina sp.  
 Uvigerina peregrina subperegrina (3)

Estado de conservación: con sobrecrecimiento cristalino y arcilloso, algo de relleno de pirita, deformidad en ejemplar de *Cibicides*.

##### Foraminíferos planctónicos

Globigerina angustiumbilicata  
 Globigerina calida



CIB-ESPUL

Globigerinoides quadrilobatus triloba  
 Globigerinoides ruber  
 Globorotaloides hexagonum  
 Neogloboquadrina dutertrei  
 Neogloboquadrina humerosa  
 Orbulina universa

Radiolarios

Lithocyclus ocellus

Estado de conservación: desgastados, recubiertos de arcilla.

Otros

espículas de esponjas silíceas, de equinodermos con sobrecrecimiento arcilloso y de alcionarios, ostrácodos, fragmentos de conchas, diatomeas

**Edad:** Plioceno inferior inferior a Reciente.

**Paleoambiente de depositación:** laguna costera a plataforma parcialmente cerrada.

**VAC-59**

Foraminíferos bentónicos

Ammonia beccarii

Buliminella elegantissima

Rosalina globularis

Estado de conservación: caparazones con sobrecrecimiento cristalino.

Radiolarios

Lithocyclus ocellus

Estado de conservación: desgastados, recubiertos de arcilla.

Otros

espículas de esponjas y de alcionarios

**Edad:** Plioceno a Reciente por asociación de foraminíferos bentónicos.

**Paleoambiente de depositación:** plataforma interna somera.

**VAC-61**

Foraminíferos bentónicos

Ammonia beccarii

Ammonia pauciloculata

Ammonia tepida (3)

Bolivina vaughani

Brizalina arta?

Brizalina subaenariensis

Bulimina marginata

Buliminella curta

Buliminella elegantissima

Buliminellita cf. mirifica  
 Cibicides sp. (deforme)  
 Elphidium poeyanum (2)  
 Elphidium cf. translucens  
 Hanzawaia nitidula (2)  
 Lagena striata  
 Pararotalia magdalenensis (4)  
 Pseudononion obductus  
 Pseudononion pizarrensis  
 Rosalina globularis  
 Uvigerina peregrina subperegrina (2)  
 Estado de conservación: bastante limpios, un poco fragmentados, con poca arcilla, relleno de óxido, dos ejemplares deformes (de *Elphidium* y de *Cibicides*)

#### Foraminíferos planctónicos

Globigerina angustiumbilitata  
 Globigerina bulbosa?  
 Globigerina bulloides  
 Globigerina bulloides apertura  
 Globigerina calida  
 Globigerinoides ruber  
 Globigerinoides trilobus  
 Globorotalia acostaensis  
 Globorotalia obesa  
 Globorotalia unguata  
 Neogloboquadrina dutertrei  
 Neogloboquadrina humerosa  
 Estado de conservación: más rellenos de arcilla con bastante óxido y granos de cuarzo adheridos, bastante enteros.

#### Radiolarios

Dictyoprora sp.  
 Lithocyclia aristotelis  
 Lithocyclia ocellus  
 Theocorythium trachelium  
 Theocorythium vetulum  
 Theocyrtis annosa?  
 Estado de conservación: desgastados, algo rotos, con arcilla.

#### Otros

espículas de equinodermos, ostrácodos, fragmentos de conchas, dientes de pez

**Edad:** Plioceno inferior a base del Plioceno medio (1/3N19 - 1/4N20).

**Paleoambiente de deposición:** plataforma interna somera con tendencia a cerrarse.

#### **VAC-62**

#### Radiolarios

Lithocyclia aristotelis

Lophocyrtis jacchia

Theocyrtis tuberosa

Tympanidium

Estado de conservación: buen estado, algo fragmentados.

**Edad:** tope del Eoceno superior.

**Paleoambiente de depositación:** batial.

#### **VAC-64**

##### Otros

fragmento de concha o de alga calcárea

**Paleoambiente de depositación:** marino somero (plataforma interna).

#### **VAC-65**

##### Foraminíferos bentónicos

Bolivina acutula

Bolivina bicostata

Bulimina marginata

Buliminella elegantissima

Cibicidoides crebbi

Cibicidoides wuellerstorfi

Hanzawaia anitidula

Hanzawaia concentrica

Hanzawaia mantaensis

Lenticulina (Astacolus) sp.

Pseudononion obductus

Pseudononion pizarrensis

Quinqueloculina lamarckiana

Quinqueloculina sp.

Rosalina globularis

Textularia panamensis

Estado de conservación: caparazones algo recristalizados (sobre todo B. marginata), relleno de arcilla.

##### Foraminíferos planctónicos

Globigerinoides quadrilobatus primordius?

Globigerinoides quadrilobatus sacculifer

Globigerinoides quadrilobatus triloba

Globigerinoides ruber

Neogloboquadrina dutertrei

Orbulina universa

Estado de conservación: especímenes grandes, algo recristalizados, relleno de arcilla.

##### Radiolarios

*Lithocyclus ocellus*

fragmento de *Lichnodyctium audax*?

Estado de conservación: desgastados, recubiertos de arcilla.

#### Otros

espículas de esponjas silíceas, fragmentos delgados de conchas, ostrácodos

**Edad:** Plioceno inferior a reciente (N18 - N23).

**Paleoambiente de deposición:** plataforma interna somera.

### **VAC-66**

#### Foraminíferos bentónicos

*Cibicides* sp.

*Elphidium* sp.

*Quinqueloculina* cf. *incompta*

*Rosalina globularis*

fragmento de *Nodosaria* o *Stilostomella*

Estado de conservación: mucho sobrecrecimiento cristalino de carbonato, relleno de arcilla blanca y oxidada, con granos de cuarzo adheridos al sobrecrecimiento.

#### Foraminíferos planctónicos

*Globigerinoides quadrilobatus triloba*

*Globigerinoides ruber*

*Neogloboquadrina dutertrei*

*Orbulina universa*

Estado de conservación: mucho sobrecrecimiento cristalino de carbonato, relleno de arcilla blanca y oxidada, con granos de cuarzo adheridos al sobrecrecimiento.

#### Radiolarios

*Lithocyclus ocellus*

Estado de conservación: desgastados, recubiertos de arcilla.

#### Otros

ostrácodos

**Edad:** Plioceno inferior a Reciente (N18 - N23).

**Paleoambiente de deposición:** plataforma interna somera parcial o totalmente cerrada.

### **VAC-67**

#### Foraminíferos bentónicos

*Bolivina acutula*

*Bolivina pisciformis*

*Brizalina cochei*

*Bulimina uvigerinaformis* var. *charapotoensis*

*Buliminella curta*

*Buliminellita mirifica*

Discorbis? garveyensis  
 Hanzawaia aff. mantaensis  
 Hanzawaia concentrica  
 Hanzawaia nitidula  
 Pararotalia magdalenensis  
 Robertinoides charlottensis

Estado de conservación: relleno de arcilla con óxido, caparazones limpios, con poco sobrecrecimiento cristalino.

#### Foraminíferos planctónicos

Globigerinoides obliquus?  
 Globigerinoides quadrilobatus triloba  
 Globigerinoides ruber  
 Neogloboquadrina dutertrei  
 Orbulina universa  
 Pulleniatina primalis  
 Sphaeroidinella dehsicens  
 Globorotalia

Estado de conservación: algo de sobrecrecimiento arcilloso obturando suturas y huecos, un poco de óxido, buen estado general.

#### Radiolarios

Lithocyclia ocellus  
 fragmento de Podocytis?

Estado de conservación: desgastados, recubiertos de arcilla.

#### Otros

ostrácodos, pequeños fragmentos de conchas

**Edad:** Plioceno superior a Pleistoceno inferior (N21 - N22).

**Paleoambiente de depositación:** plataforma interna.

#### **VAC-69**

#### Foraminíferos bentónicos

Ammonia sp.  
 Ammonia beccari  
 Ammonia pauciloculata  
 Ammonia sp.  
 Elphidium subarticum  
 Hanzawaia concentrica  
 Palmerinella gardenislandensis  
 Pararotalia magdalenensis  
 Pseudonion pizarrensis

Estado de conservación: caparazones recristalizados y algo sucios con arcilla, presencia de óxidos en el relleno y en la superficie de los caparazones.

#### Foraminíferos planctónicos

Globigerina bulloides?



*Globigerinoides quadrilobatus triloba*

*Globorotalia cf. continuosa*

*Neogloboquadrina*

Estado de conservación: caparazones recristalizados y algo sucios con arcilla, presencia de óxidos en el relleno y en la superficie de los caparazones.

#### Radiolarios

*Actinommids*

*Calocyclus*

*Dyctioprora sp.*

*Pterocanium trilobum*

Estado de conservación: con relleno arcilloso blanco, algo fragmentados y desgastados.

**Edad:** fauna retrabajada del Plioceno inferior (N18 - 1/3N19).

**Paleoambiente de depositación:** plataforma interna somera con mezcla de aguas dulces.

### **VAC-70**

#### Foraminíferos bentónicos

*Ammonia tepida* (3)

*Bulimina marginata*

*Buliminella curta*

*Cibicidoides crebbsi* (4)

*Hanzawaia nitidula*

*Pararotalia magdalenensis* (2)

*Sigmoilina*

molde de *Lenticulina*

Estado de conservación: relativamente pequeños (200-300 micras), los más grandes con mucho sobrecrecimiento cristalino.

#### Foraminíferos planctónicos

*Globigerinoides quadrilobatus triloba*

*Globorotalia menardii*

*Globorotalia praehirsuta*

*Globorotalia tumida*

*Globorotalia unguata*

*Orbulina universa*

Estado de conservación: con arcilla y sobrecrecimiento cristalino.

#### Radiolarios

*Actinommid*

*Artostrobium miralestense*

*Lithocyclia aristotelis*

*Lychnodyctium audax*

Estado de conservación: desgastados, recubiertos de arcilla.

Estado de conservación: con un poco de arcilla.



**Edad:** Plioceno inferior a mitad del Pleistoceno temprano (1/3N19 - 1/2N22).

**Paleoambiente de depositación:** laguna costera a plataforma interna.

#### VAC-71

##### Foraminíferos bentónicos

*Bolivina vaughani*

*Uvigerina charapotoensis?*

*Uvigerina aff. hispidocostata*

Estado de conservación: fragmentados, con sobrecrecimiento cristalino limoso.

##### Foraminíferos plantónicos

fragmento de *Globigerina*

##### Radiolarios

*Actinommid*

*Allevium floresensis*

*Artostrobium miralestense*

*Cyrtocapsella aff. tetrapera*

*Dictyoprora mongolfieri*

*Eusyringium fistuligerum*

*Lithocyclia aristotelis*

*Lithocyclia ocellus*

*Theocyrtis tuberosa*

Estado de conservación: relleno y sobrecrecimiento arcillosos, retrabajados.

**Edad:** fauna retrabajada del tope del Eoceno medio-Eoceno superior y del Mioceno medio.

**Paleoambiente de depositación:** retrabajamiento de sedimentos de plataforma y de zona batial.

#### VAC-72

##### Foraminíferos bentónicos

*Ammonia sp.*

*Bolivina striatula*

*Elphidium cf. koeboeense*

*Elphidium incertum mexicanum*

*Elphidium poeyanum* (2)

*Elphidium spinatum*

*Elphidium translucens*

*Elphidium tumidum*

*Hanzawaia concentrica*

*Hanzawaia nitidula*

*Lagena striata*

*Nonionella atlantica*

*Pseudononion pizarrensis*

*Quinqueloculina cf. compta*

Estado de conservación: relleno parcial de pirita, algunos con sobrecrecimiento cristalino fino, moldes oxidados de calcita de *Hanzawaia* y *Elphidium*, los *Elphidium* con mayor sobrecrecimiento cristalino.

Foraminíferos planctónicos

Globigerina bulloides  
Globorotalia menardii  
Globorotaloides hexagonum  
Neogloboquadrina

Estado de conservación: relleno y sobrecrecimiento cristalino limoso, con pirita.

Radiolarios

Lithocyclus aristotelis  
Lithocyclus ocellus

Estado de conservación: desgastados, recubiertos de arcilla.

Otros

ostrácodos

**Edad:** Plioceno a reciente (N18 - N23)

**Paleoambiente de deposición:** Plataforma interna somera parcialmente cerrada.

**VAC-73**

Foraminíferos bentónicos

Ammonia beccarii  
Bulimina marginata  
Buliminella curta  
Epistominella pacifica  
Nonionella cf. pseudononion  
Nonionella sp.

Estado de conservación: pequeños, algo de relleno de pirita, poco identificables.

Foraminíferos planctónicos

Globigerina bulloides apertura  
Globigerinoides quadrilobatus triloba  
Globorotalia sp., cf. pertenuis

Estado de conservación: rellenos de pirita, con sobrecrecimiento cristalino y arcilloso.

Radiolarios

Actinommids  
Dictyoprora  
Lamptonium f. chaunotorax  
Lithocyclus aristotelis  
Lithocyclus ocellus  
Lychnodyctium audax

Estado de conservación: rellenos de arcilla, desgastados, fragmentados.

**Edad:** Plioceno inferior a medio (N19 - N20).

**Paleoambiente de deposición:** plataforma interna somera.

#### **VAC-74**

##### Foraminíferos bentónicos

Ammonia tepida

Bolivina acutula

Bolivina maculata

Brizalina spissa

Brizalina subaenariensis

Buliminella elegantissima

Buliminellita mirifica

Cibicidoides crebbi

Cibicidoides wuellerstorfi

Fissurina aff. F. orbignyana

Fissurina simplex

Hanzawaia concentrica

Lagena striata (2)

Pararotalia magdalenensis (7)

Pseudononion pizarrensis (9)

Uvigerina peregrina subperegrina

Estado de conservación: caparazones algo rellenos de pirita, recristalizados, un poco deformes.

##### Foraminíferos planctónicos

Globigerina angustumillicata

Globigerina calida

Globigerina juvenilis

Globigerinoides quadrilobatus triloba

Globigerinoides ruber

Globorotalia obesa

Neogloboquadrina acostaensis

Neogloboquadrina dutertrei

Neogloboquadrina humerosa

Estado de conservación: rellenos de pirita y limo.

##### Radiolarios

Lithocyclus ocellus

Lithocyclus aristotelis

Actinommis

Estado de conservación: desgastados, recubiertos de arcilla.

##### Otros

ostrácodos, microbivalvos, espículas de esponjas silíceas

**Edad:** Plioceno a base del Pleistoceno inferior (N18 - N21/N22).

**Paleoambiente de deposición:** plataforma interna somera.

**VAC-75**Foraminíferos bentónicos

Ammonia beccari (2)  
 Ammonia tepida  
 Bolivina acutula  
 Buliminella curta  
 Buliminella elegantissima (2)  
 Cibicidoides crebbsi (2)  
 Elphidium poeyanum  
 Gyroidina  
 Hanzawaia concentrica  
 Lagena striata  
 Nodosaria stainforthi  
 Pseudononion obductus  
 Pseudononion pizarrensis  
 Reussella spinulosa

Estado de conservación: un poco fragmentados, *Hanzawaia* y *Elphidium* con sobrecrecimiento cristalino, relleno parcial de arcilla, algo de óxido, deformidad en pequeña *Hanzawaia*.

Foraminíferos planctónicos

Globigerina angustiumbilicata  
 Globigerina calida  
 Globigerina juvenilis  
 Globigerina quinqueloba  
 Globigerinoides quadrilobatus triloba  
 Globigerinoides ruber  
 Neogloboquadrina acostaensis  
 Neogloboquadrina dutertrei  
 Neogloboquadrina humerosa

Estado de conservación: bastante limpios, con poca arcilla blanca, poco relleno de óxido.

Radiolarios

Actinommids  
 Lithocyclia aristotelis  
 Lithocyclia ocellus

Estado de conservación: desgastados, recubiertos de arcilla.

**Edad:** Plioceno a base del Pleistoceno inferior (N18 - N21/N22).

**Paleoambiente de depositación:** plataforma interna somera, con fauna antigua más profunda.

**VAC-76**Foraminíferos bentónicos

Bulimina rostrata



Bulimina striata  
 Cibicidoides crebbsi (2)  
 Cibicidoides wuellerstorfi (2)  
 Fissurina simplex  
 Globocassidulina subglobosa (5)  
 Gyroidina altiformis (3)  
 Laticarinina pauperata  
 Martinottiella  
 Melonis affinis (7)  
 Nodosaria stainforthi (4)  
 Oridorsalis umbonatus  
 Plectofrondicularia vaughani (2)  
 Estado de conservación: recristalizados, muy limpios, poco fragmentados,  
 Uvigerina y Bulimina con arcilla.

#### Foraminíferos planctónicos

Globigerinoides quadrilobatus triloba  
 Estado de conservación: con piritita y sobrecrecimiento cristalino de apariencia  
 limosa.

#### Radiolarios

Artostrobium miralestense  
 Cyrtocapsella aff. tetrapera  
 D. pettersoni aff. antepenultima?  
 Diartus pettersoni  
 Didymocyrtis laticonus  
 Lithocyclia aristotelis  
 Porodiscid  
 Estado de conservación: algo fragmentados, rellenos de arcilla.

**Edad:** Mioceno medio parte media, base de la zona de *D. pettersoni* (aprox. mitad superior de N11).

**Paleoambiente de depositación:** batial.

#### **VAC-77**

#### Foraminíferos bentónicos

Bulimina striata  
 Cibicidoides bradyi  
 Cibicidoides crebbsi  
 Cibicidoides spiralis  
 Fissurina turbiniformis  
 Gyroidina altiformis  
 Laticarinina pauperata  
 Lenticulina (Robulus) clericii  
 Martinottiella sp.  
 Melonis affinis  
 Nodosaria longiscata  
 Nodosaria stainforthi

Planulina mantaensis

Pullenia bulloides

Siphonodosaria cushmani

Uvigerina hispida

Estado de conservación: recristalizados y con sobrecrecimiento cristalino y arcilloso blanco.

#### Foraminíferos planctónicos

Globigerinoides quadrilobatus triloba

Globigerina siakensis

Globigerina druyi

Estado de conservación: relleno de arcilla.

#### Radiolarios

Actinommid

Artostrobium miralestense

Cyrtocapsella aff. tetrapera

Diartus pettersoni

Lithocyclus ocellus

fragmento de *D. pettersoni* aff. antepenultima

Estado de conservación: buen estado, unos limpios y otros con un poco de arcilla.

**Edad:** Mioceno medio parte media, base de la zona de *D. pettersoni* (aprox. mitad superior de N11).

**Paleoambiente de depositación:** batial.

### **VAC-78**

#### Foraminíferos bentónicos

Hanzawaia nitidula

Estado de conservación: con sobrecrecimiento cristalino.

#### Foraminíferos planctónicos

Globigerinoides quadrilobatus triloba

Globigerinoides ruber?

Neogloboquadrina dutertrei

Estado de conservación: con sobrecrecimiento cristalino.

#### Radiolarios

Dictyoprora

Lichnodyctium audax

Lithocyclus aristotelis

Lithocyclus ocellus

Theocyrtis

Estado de conservación: desgastados, con arcilla.

**Edad:** Plioceno a Reciente, con fauna del Eoceno.

**Paleoambiente de depositación:** retrabajamiento de sedimentos de plataforma interna.

## APÉNDICE E

### FOTOS DE AFLORAMIENTOS ESTUDIADOS EN CAMPO

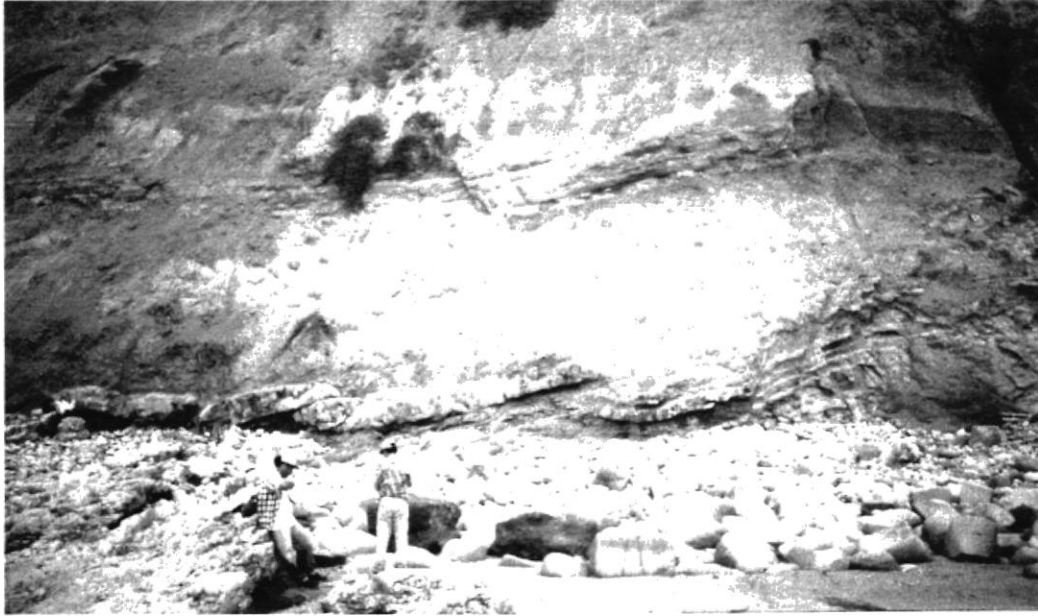


FOTO 1. Deformación sin-sedimentaria en la **Fm. Angostura** al pie del acantilado, 500 m al Norte de Punta Canoa.

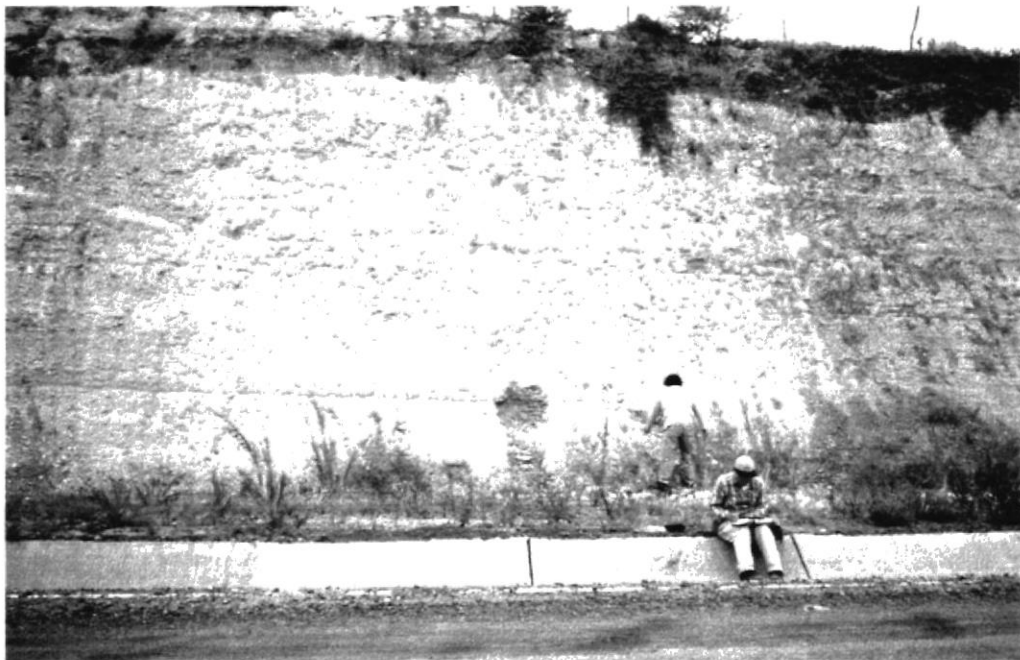


FOTO 2. Tope de la **Fm. Angostura**, frente al campamento de Herdoíza y Crespo S.A. En la parte superior del corte se aprecia la discordancia sobre la que yace la **Fm. Canoa**.

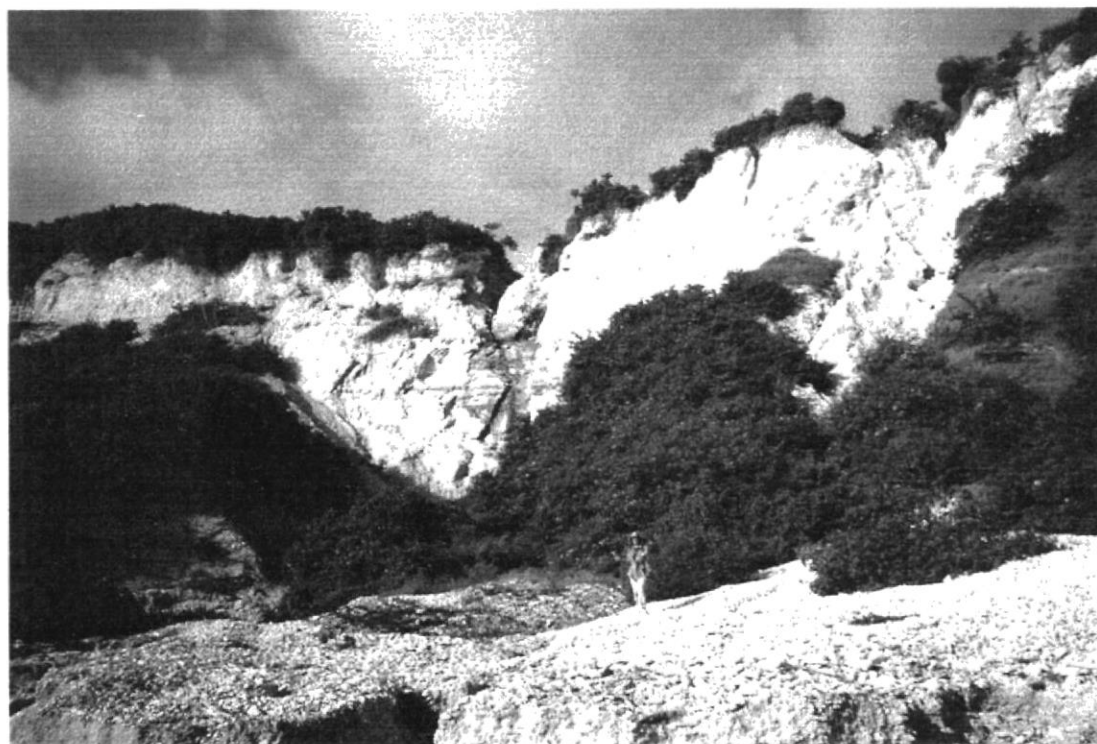


FOTO 3. **Fm. Angostura** en el acantilado 3 km al Sur de Santa Rosa.



FOTO 4. Detalle de la foto anterior: arcillolita masiva en la base, más laminada hacia el tope.



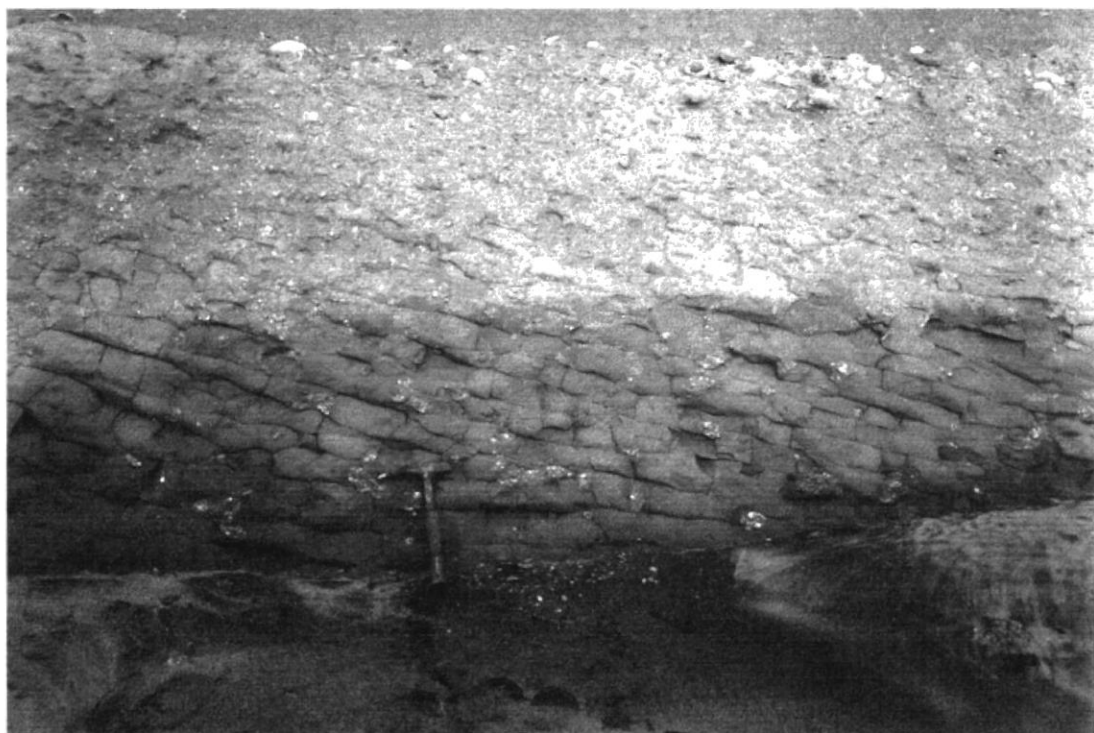


FOTO 5. Lodlitas con moluscos en el Miembro Inferior de la **Fm. Canoa**.



FOTO 6. **Fm. Canoa** en el acantilado a 2-3 km al Sur del Mangle.



FOTO 7. Intercalación arenosa al tope del **Miembro Canoa Inferior**.



FOTO 8. Arenas del **Miembro Canoa Superior**, 6 km al Sur de Punta Canoa.



FOTO 9. Nivel endurecido de no deposición (*hardground*), cerca del tope del Miembro Inferior de la **Fm. Canoa**.



FOTO 10. **Fm. Tablazo** en San José, en discordancia sobre la **Fm. Canoa**.



FOTO 11. **Fm. Tablazo** al Sur del río San José.



FOTO 12. Sedimentos post-Tablazo al Sur de San José.

**APÉNDICE D**  
**ANÁLISIS MICROPALÉONTOLÓGICO DE**  
**2 MUESTRAS DE LA CUENCA MANABÍ**  
**(INFORME TÉCNICO No. 018-CIGG-2002)**



PETROPRODUCCION  
FILIAL DE PETROECUADOR



*Informe Técnico No. 018 -CIGG-2002*

## **ANÁLISIS MICROPALÉONTOLÓGICO DE 2 MUESTRAS DE LA CUENCA MANABÍ**

*Elaborado por:*  
*Dra. Martha Ordóñez*  
*Ing. Nelson Jiménez*  
*Geól. Johnny Suárez*

*Agosto 2002*



ICIG-SPOL



PETROPRODUCCION  
Filial de Petroecuador



## ANÁLISIS MICROPALAEONTOLÓGICO DE 2 MUESTRAS DE LA CUENCA MANABÍ

Agosto 2002

A pedido de la EDC Ecuador Limitada, en el área de Bioestratigrafía del Centro de Investigaciones Geológicas Guayaquil de PETROPRODUCCION, se procesaron y analizaron 2 muestras (VAC-55 y VAC-56) provenientes de la Cuenca de Manabí.

Las muestras fueron preparadas para análisis de Foraminíferos, Nanofósiles Calcáreos y Palinomorfos, encontrándose una buena representación de Foraminíferos Bentónicos y Planctónicos en las 2 muestras, algunos Nanofósiles Calcáreos y ausencia de Palinomorfos.

Se presentan los listados de microfósiles con sus distribuciones estratigráficas, así como 2 láminas conteniendo fotografías de los Foraminíferos más diagnósticos. Las fotografías fueron tomadas por el Ing. Guillermo Toala.

<b>Muestra</b>	:	VAC-56
<b>Localidad</b>	:	5.5 Km al S de Punta Canoa
<b>Formación</b>	:	Canoa
<b>Edad Relativa</b>	:	Plioceno Inferior tardío-Plioceno medio
<b>Zona</b>	:	Tope de N19-N20
<b>Paleoambiente</b>	:	Marino, de Plataforma Interna a Central, aguas cálidas

### FORAMINIFEROS BENTONICOS:

*Hanzawaia concentrica*  
*Nonion pizarrense*  
*Nonionella atlantica*  
*Quinqueloculina sp.*  
*Pyrgo murrhina*  
*Bolivina acutula*  
*Cibicides spp.*  
*Arenoparrella sp.*  
*Ammonia becarrii (rara)*



PETROPRODUCCION  
Filial de Petroecuador



*Angulogerina sp.*

*Elphidium sp.*

#### FORAMINIFEROS PLANCTONICOS

*Neogloboquadrina dutertrei* (Plioceno inferior, N18-Holoceno)

*Globorotalia humerosa* (Mioceno superior-Pleistoceno temprano)

*Globigerinoides ruber* (Mioceno superior-Holoceno)

*Globorotaloides hexagonum* (Plioceno inferior, 1/2 N18-Holoceno)

*Globigerina juvenilis* (Mioceno medio-Pleistoceno)

*Globigerina bulloides* (Mioceno superior-Holoceno)

*Orbulina universa* (Mioceno medio-Holoceno)

*Globigerina rubescens* (Plioceno inferior, Tope de N19-Holoceno)

*Globigerina spp.*

*Globorotalia pertenuis* (Plioceno inferior, N18-Plioceno superior, base N21)

*Globorotalia ungulata* (Plioceno-Holoceno)

*Globorotalia aff. pseudomiocenica* (Mioceno superior, 1/3 N17-Plioceno medio, 1/3 N20)

*Globigerinoides quadrilobatus sacculifer* (Mioceno-Holoceno)

*Globigerina quinqueloba* (Mioceno medio, N14-N23)

*Globorotalia cultrata* (1/4 N18-N23)

#### NANOFOSILES CALCAREOS

*Reticulofenestra pseudoumbilica* (Mioceno medio-Plioceno medio)

*Dictyococcites productus* (Mioceno-Plioceno)

*Coccolithus sp.*

*Gephyrocapsa oceanica?* (Pleistoceno-Holoceno)

#### PALINOMORFOS

Estéril en Palinomorfos

<b>Muestra</b>	:	VAC-55
<b>Localidad</b>	:	Acantilado San José, a 7Km al S.E. de Punta Canoa
<b>Formación</b>	:	Canoa-Tablazo
<b>Edad Relativa</b>	:	Pleistoceno temprano
<b>Zona</b>	:	N22
<b>Paleoambiente</b>	:	Marino. Plataforma Central, aguas cálidas
<b>Observaciones</b>	:	Se observó retrabajamiento de Radiolarios del Maestrichtianos y del Eoceno superior, así como de Nanofósiles Calcáreos del Mioceno a medio-Plioceno medio.





PETROPRODUCCION  
Filial de Petroecuador



#### FORAMINIFEROS BENTONICOS

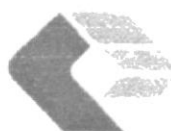
*Bolivina acutula*  
*Bolivina bicostata*  
*Bulimina marginata*  
*Hanzawaia concentrica*  
*Cibicides spp.*  
*Bulimina aff. microcostata*  
*Valvulineria sp.*  
*Ammonia becarii (rara)*  
*Pararotalia magdalenensis*  
*Nonion pizarrense*  
*Eponides hannai*  
*Robulus antipodum*  
*Discorbis? garveyensis*  
*Rosalina sp.*  
*Buliminella sp.*  
*Buliminella elegantissima*  
*Elphidium sp. (rara)*  
*Cassidulina sp.*

#### FORAMINIFEROS PLANCTÓNICOS

*Globorotaloides hexagonum* (1/2 N18-Holoceno)  
*Globigerinoides quadrilobatus triloba* (Mioceno-Holoceno)  
*Globigerinoides ruber* (Mioceno superior- Holoceno)  
*Globigerina bulloides bulloides* (Mioceno superior-Holoceno)  
*Neogloboquadrina dutertrei* (N18-N23)  
*Globigerina parabulloides* (N19-1/3 N22)  
*Hastigerina siphonifera* (1/2 N12-Holoceno)  
*Pulleniatina obliquiloculata* (Plioceno medio, N20-Holoceno)  
*Globigerina foliata* (Plioceno-Holoceno)  
*Globorotalia hirsuta* (Plioceno-Holoceno)  
*Globorotalia acostaensis* (Plioceno superior, N21-Pleistoceno temprano, N22)  
*Globorotalia tumida* (Plioceno-Holoceno)  
*Globigerina calida praecalida* (1/2 N17-Holoceno)  
*Neogloboquadrina asanoi* (Plioceno superior, N21-Pleistoceno temprano, N22)

#### NANOFOSILES CALCAREOS

*Coccolithus pelagicus* (Paleoceno-Pleistoceno)  
*Coccolithus sp.*



**PETROPRODUCCION**  
Filial de Petroecuador



*Pseudoemiliana lacunosa* (Plioceno Medio temprano-Pleistoceno temprano)  
*Gephyrocapsa oceanica* (Pleistoceno-Holoceno)  
*Gephyrocapsa caribbeanica* (Pleistoceno-Holoceno)  
*Sphenolithus sp.* (Paleoceno-Plioceno)  
*Reticulofenestra pseudumbilica* (Mioceno medio-Plioceno medio)

### **PALINOMORFOS**

Estéril en Palinomorfos

### **CONCLUSIONES**

La muestra VAC-56 fue datada de Plioceno inferior. Tope de Zona N19-Plioceno medio, Zona N20, en base a la ocurrencia de: *Globigerina rubescens*, *Globorotalia aff. pseudomiocenica*, *Globorotalia pertenuis*, *Reticulofenestra pseudumbilica* y *Dictyococcites productus*.

El paleoambiente fue Marino de aguas cálidas, con profundidades de Plataforma Interna a Central.

La muestra VAC-55 fue datada de Pleistoceno temprano. Zona N22, por el hallazgo de *Globigerina parabulloides*, *Pulleniatina obliquiloculata*, *Neogloboquadrina asanoi*, *Gephyrocapsa oceanica* y *Gephyrocapsa caribbeanica*.

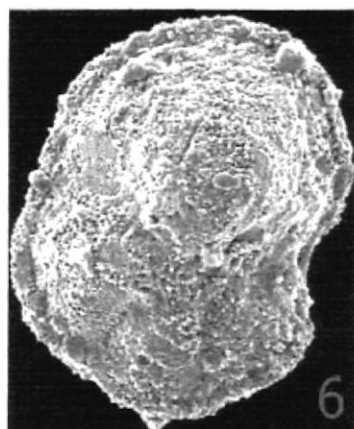
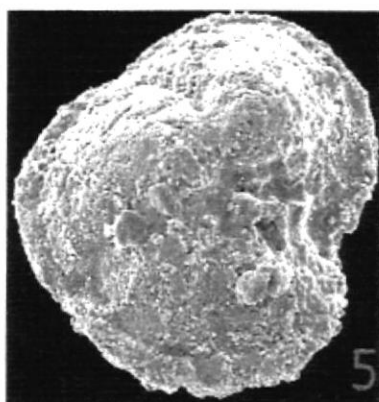
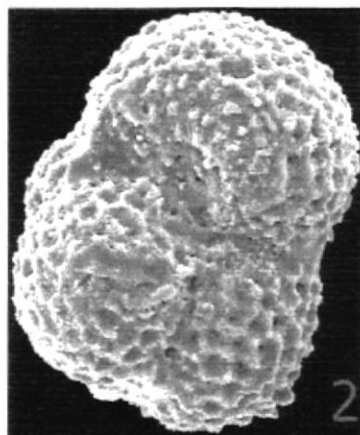
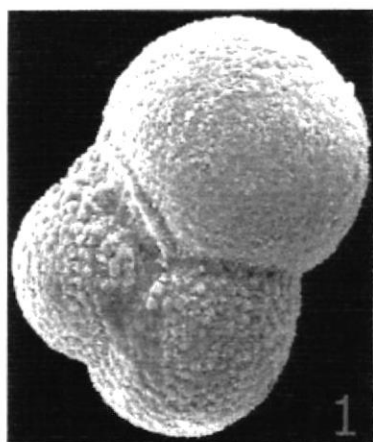
El paleoambiente de depositación fue Marino de aguas cálidas, con profundidades de Plataforma Central por la asociación de Foraminíferos Bentónicos y la buena representación de Foraminíferos Planctónicos. Cabe anotar que la muestra se presentó en muy buen grado de preservación, con una mayor diversidad y cantidad de ejemplares que la muestra anterior. Se observó también retrabajamiento de escasos radiolarios del Maastrichtiano, tales como *Dictyomitra multicostata* y *Amphypyndax tylotus*, de algunos radiolarios del Eoceno superior como *Lythocyclia aristotelis* y de Nanofósiles Calcáreos del Mioceno medio-Plioceno medio como *Reticulofenestra pseudumbilica* y *Dictyococcites productus*.



PETROPRODUCCION  
Filial de Petroecuador



## FORAMINIFEROS PLANCTONICOS DE LA MUESTRA VAC-56





PETROPRODUCCION  
Filial de Petroecuador



## FORAMINIFEROS PLANCTÓNICOS DE LA MUESTRA VAC-56

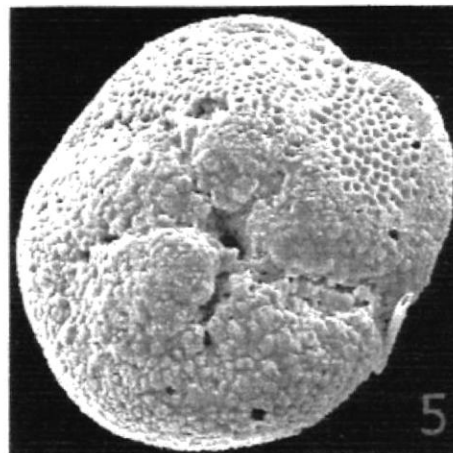
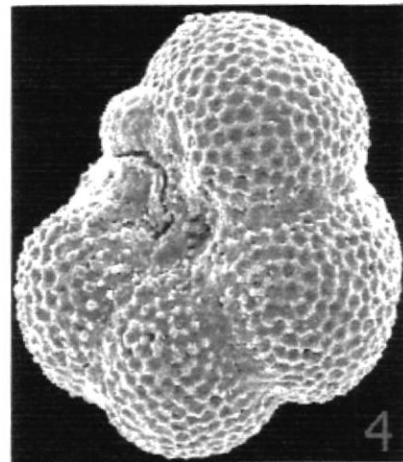
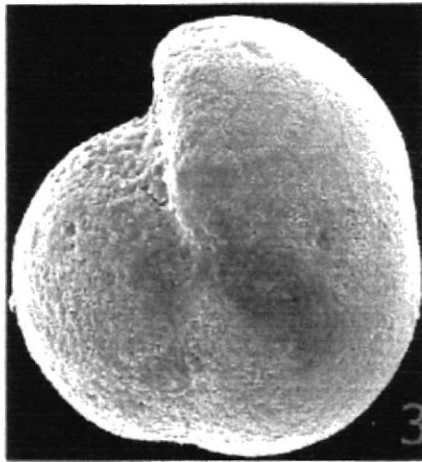
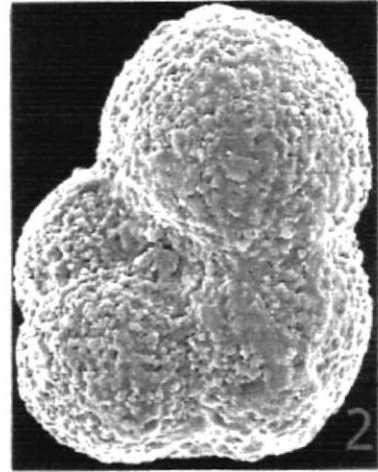
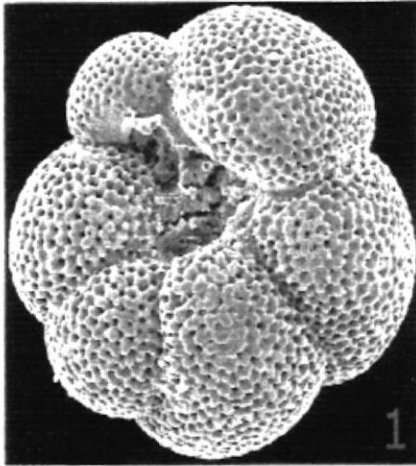
1. *Globigerina juveniles*
2. *Globigerina rubescens*
3. *Globorotalia pertenuis*
4. *Globorotalia unguolata*
5. *Globorotalia aff. pseudomiocenica*
6. *Globorotalia cultrata*



PETROPRODUCCION  
Filial de Petroecuador



## FORAMINIFEROS PLANCTONICOS DE LA MUESTRA VAC-55





PETROPRODUCCION  
Filial de Petroecuador



## FORAMINIFEROS PLANCTONICOS DE LA MUESTRA VAC-55

1. *Neogloboquadrina dutertrei*
2. *Globigerina parabulloides*
3. *Pulleniatina obliquiloculata*
4. *Globorotaloides hexagonum*
5. *Globorotalia tumida*

## BIBLIOGRAFÍA

- 1 BALDOCK J.W., Geology Of Ecuador – Explanatory Bulletin of the National Geological Map of the Republic of Ecuador, 1:1 000 000 scale, DGGM, 1982
- 2 BENÍTEZ STALIN, ORDÓÑEZ MARTHA, VILLACRÉS J., Estratigrafía de la cuenca Manabí: nuevas dataciones y definiciones formacionales, VI Congreso Ecuatoriano de Geología, Minas y Petróleos, Guayaquil, 1991
- 3 BENÍTEZ STALIN, Évolution géodynamique de la province côtière sud-équatorienne au Crétacé supérieur-Tertiaire (Tesis para obtener el título de Ph.D., Laboratorio de Geología, Universidad Joseph Fourier de Grenoble, Francia, 1995)
- 4 BENÍTEZ STALIN, ORDÓÑEZ MARTHA, ZUMBA WALTER, Nuevas precisiones estratigráficas sobre el Cretácico del Antearco Ecuatoriano, trabajo técnico de Petroproducción, 7mo Congreso Ecuatoriano de Geología, Minas, Petróleos y Medio Ambiente, 1996
- 5 BIZON, hoja geológica Montecristi, Instituto Francés del Petróleo y DGGM, 1970
- 6 BOGGS SAM, JR., Principles of Sedimentology and Stratigraphy, 2da Edición, Prentice-Hall, Nueva Jersey, EE.UU., 1987
- 7 BOLLI H., SANDERS J., Plankton Stratigraphy, 1985

- 8 BRISTOW C.R., HOFFSTETTER R., Lexique Stratigraphique International, Ecuador, 2da Edición, Paris, CNRS, 1977
- 9 CORONEL JORGE, Análisis de morfestructuras en imágenes radar, fotos aéreas, redes de drenaje y modelos numéricos de terreno en una zona de deformación activa: el ejemplo de Manta (Tesis, Facultad de Ciencias de la Tierra, ESPOL, 2001)
- 10 DALY M.C., Correlations between Nazca/Farallón plate kinematics and forearc basin evolution in Ecuador, Tectonics, 1989
- 11 DE METS C., GORDON R.G., ARGUS D.F., Current plate motions, Geophysical Journal, 1989
- 12 EGO F., Accomodation de la convergence oblique dans une chaîne de type cordilleraire: les Andes d'Équateur (Tesis para obtener el título de Ph.D., Universidad Paris XI, Francia, 1995)
- 13 EGÜEZ H., Sedimentología y estratigrafía de la formación San Mateo, provincia de Manabí (Tesis, Facultad de Ciencias de la Tierra, ESPOL, 1985)
- 14 GUENEAU ET AL., Estudio de líneas sísmicas de la plataforma continental ecuatoriana, reporte inédito CEPE-SHELL, 1974
- 15 GUTSCHER M.A., MALAVIEILLE J.S., COLLOT J.Y., Tectonic segmentation of the North Andean margin: impact of the Carnegie ridge collision, Earth and Planetary Science Letters, 1999



- 16 KRAGLIEVICH, Informe preliminar sobre la fauna fósil de la Formación Canoa, Archivo DGGM, 1970
- 17 LEBRAT M., Caractérisation géochimique du volcanisme anté-orogénique de l'occident équatorien: implications géodynamiques, Documents et travaux du Centre géologique de Montpellier, Francia, 1985
- 18 LONSDALE P., Ecuadorian subduction system, American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 1978
- 19 MILLS S.J., Tertiary stratigraphy in coastal Ecuador, reporte inédito AEOL, 1967
- 20 MIRÓ M., AYÓN H., BENÍTEZ S., Morfología y estructura del margne continental ecuatoriano, INOCAR, 1973
- 21 MURRAY JOHN W., Ecology and Palaeoecology of Benthic Foraminifera, Ed. Longman Scientific & Technical, Inglaterra, 1991
- 22 NAVARRETE EDISON, Estudio micropaleontológico de la formación San Mateo en el corte Puerto López-Salango (Tesis, Facultad de Ciencias de la Tierra, ESPOL, 1985)
- 23 ORDÓÑEZ MARTHA, Bioestratigrafía y paleoecología del Plio-Pleistoceno del graben de Jambelí, (Tesis de doctorado, Facultad de Ciencias Naturales. Universidad de Guayaquil, 1991)

- 24 ORDÓÑEZ MARTHA, JIMÉNEZ NELSON, SUÁREZ JOHNNY, Análisis micropaleontológico de 2 muestras de la cuenca Manabí, Informe Técnico No. 018-CIGG-2002 elaborado para EDC Ecuador Ltda., 2002
- 25 PICHLER H., ALY S., Neue K-Ar-Alter plutonischer Gesteine in Ecuador, Z.D: geol. Ges., 1983
- 26 PILSBRY H.A. Y OLSSON A.A, A Pliocene fauna from western Ecuador, en Proceedings of the Academy of Natural Science of Philadelphia, 1941
- 27 PRONAREG Y MINISTERIO DE AGRICULTURA DEL ECUADOR, cartas de suelos y de aptitudes agrícolas, 1971
- 28 RAHARIJAONA L., Pétrographie des roches volcaniques et antéorogéniques des Andes équatoriennes: contribution à l'étude de leurs paragénèses métamorphiques (Tesis para obtener el título de Ph.D., Universidad Louis Pasteur, Strasbourg, Francia, 1980)
- 29 SANTOS M., La subcuenca Manabí y su contexto regional, III congreso Ecuatoriano de Geología, Minas y Petróleos, ESPOL, Guayaquil, 1983
- 30 SEELY D.R., The evolution of structural highs bordering major forearc basins: geological and geophysical investigations of continental margins, American Association of Petroleum Geologists Memory, 1979
- 31 SHEPPARD G., The geology of southwestern Ecuador, American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 1930

- 32 TORRES MARCO, Estudio geológico y cartográfico a la escala 1:50000 de la zona comprendida entre las coordenadas  $0^{\circ} 55' S$ ,  $1^{\circ} 20' S$  y  $80^{\circ} 45' W$  y la costa en la provincia de Manabí (Tesis, Universidad Central, 1971)
- 33 TSCHOPP, Geologische Skisse von Ekuador, Bull. Ass. Sviss Geol. Lug Petrol., 1948
- 34 WALLRABE-ADAMS H., Petrology and geotectonic development of the western Ecuadorian Andes: the Basic Igneous Complex, Tectonophysics, 1990
- 35 WHITTAKER JOHN E., Benthic Cenozoic Foraminifera from Ecuador, Departamento de Paleontología del Museo Británico de Historia Natural, Londres, Inglaterra, 1988