EVOLUCIÓN TECTONO-SEDIMENTARIA PLIO-CUATERNARIA DE LA ZONA ENTRE SANTA ROSA Y SAN JOSÉ, PROV. DE MANABÍ

Viviana Alvarez Córdova[1], Stalin Benítez Acosta[2], Martha Ordóñez Fiallos[3]

[1]Ingeniera en Geología 2002
[2]Director de Tesis, Ingeniero en Geología, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1975, Doctorado en Geología, Universidad de Grenoble, 1995
[3]Geóloga, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil, 1975, Doctorado en Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil, 1991

RESUMEN

Durante el Plioceno y el Pleistoceno existió una bahía somera que se fue cerrando y fue emergiendo a medida que su parte Norte ha ido sufriendo un levantamiento importante registrado durante todo el Pleistoceno y que posiblemente inició en el Plioceno superior. Durante el Plioceno inferior tardío al Plioceno superior basal se depositaron los sedimentos marinos de la Formación Canoa, que indican un paleoambiente de depositación de plataforma interna parcialmente cerrada al inicio y que posteriormente evoluciona a un ambiente transicional sublitoral cercano a la playa. Durante el Plioceno superior tardío la zona debió emerger o encontrarse a muy poca profundidad, y al final del Plioceno-base del Pleistoceno sucedieron importantes transgresiones marinas (subidas del nivel del mar) que trajeron como resultado la formación de extensas terrazas marinas agrupadas bajo la Formación Tablazo.

Esta bahía tuvo su mayor desarrollo durante el Plioceno inferior, época en la cual estuvo instalada y se depositaron sedimentos característicos en su fondo. En ese entonces, tuvo como límite N el alto estructural del cabo San Lorenzo-El Aromo-Montecristi, que se corresponde con una falla regional del mismo nombre, como límite E el alto estructural de la Cordillera Costera y como límite S el alto estructural del Cerro El Carmen-Puerto Cayo.

INTRODUCCIÓN

El tema fue sugerido por el Instituto Francés para el Desarrollo en Cooperación, IRD (*Institut Francais pour le Developpement en Cooperation*) a través del Dr. Jean Francois Dumont, cooperante de dicha institución. Posteriormente se concretó el apoyo del Centro de Investigaciones Geológicas – Guayaquil (CIG-G) de Petroproducción y de la compañía EDC (*Energy Developpement 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 géologica 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.

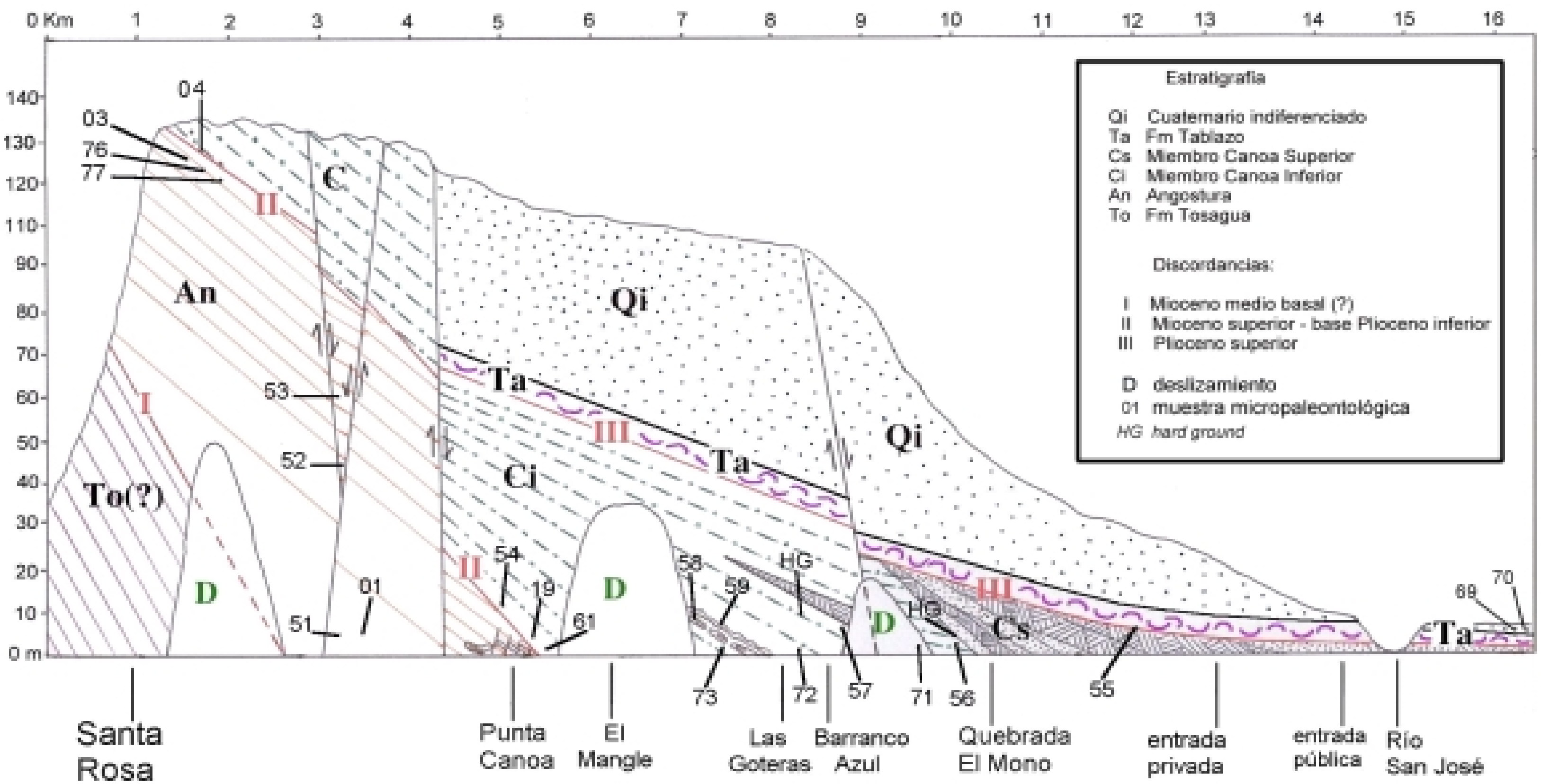

FIGURA 4.1 Corte geológico simplificado del acantilado entre Santa Rosa y San José

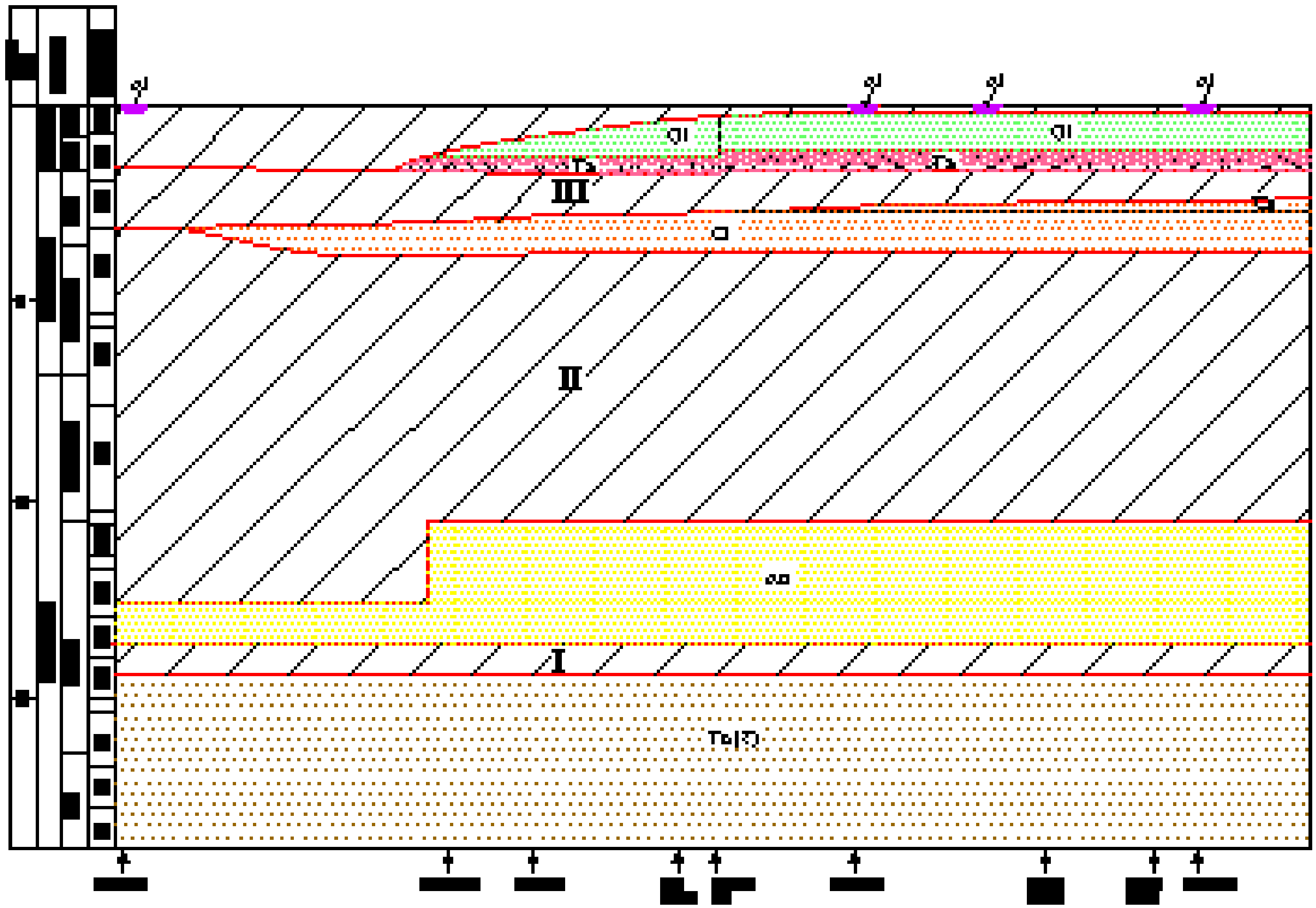

FIGURA 4.2 Sección cronoestratigráfica de la cuenca entre Santa Rosa y San José (elaborada a partir de la Fig. 4.1)

CONTENIDO

Para definir las formaciones y miembros de la zona de estudio, se preparó un corte geológico simplificado[1] (Fig. 1) a partir de un corte geológico realizado en el acantilado entre el pueblo de Santa Rosa al N y el balneario San José al S, cubriendo cerca de 16 Km. Para representar las relaciones temporales se preparó una sección cronoestratigráfica entre Santa Rosa y San José (Fig. 2) a partir del corte de la Fig. 1.

Se pueden distinguir las siguientes formaciones:

FORMACIÓN TOSAGUA (?)

En la carretera, en la subida desde el pueblo de Santa Rosa, a lo largo de unos 100 m hasta unos 1300 m antes de llegar al campamento de Herdoiza y Crespo S.A. (HCC), afloran rocas que por su litología corresponderían a la Fm. Tosagua[2] (?). Estas se encuentran plegadas, buzando hacia el Sur y falladas. Sin embargo, la única muestra datada dio una edad del tope del Eoceno superior que definiría a ese sitio como Formación San Mateo. Entonces surge la interrogante de que todo el afloramiento que se considera de la Fm. Tosagua en este estudio sea realmente Fm. San Mateo.

FORMACIÓN ANGOSTURA

En la carretera, en la subida desde Santa Rosa en dirección a Pile y por un tramo de 1300 m antes del campamento de Herdoíza y Crespo, y en la playa desde Santa Rosa al S del derrumbe hasta Punta Canoa, en unos 2.5 Km., afloran lutitas limosas tobáceas con intercalaciones nodulares dolomíticas mapeadas previamente como Fm. Tosagua[3] que, por su edad, equivaldrían a una facies distal de una parte de la Fm. Angostura, definida previamente en afloramientos y en el pozo Ricaurte-1. En la zona de estudio, esta formación presenta una edad Mioceno medio, con las biozonas N11-N12 representadas en los puntos que se tomaron muestras. La microfauna de foraminíferos bentónicos indica una paleoprofundidad de depositación batial para la base y para la parte más limosa superior de la formación. Se encuentran además radiolarios diversos en buen estado de conservación. La mezcla de ambientes profundos indica una paleoprofundidad de depositación en la zona batial afectada por surgencias que trajeron fauna abisal. La presencia de deslizamientos sinsedimentarios que indican una fuerte paleopendiente de depositación corroboran un paleoambiente de talud continental.

FORMACIÓN CANOA

La Fm. Canoa aflora en los acantilados entre Punta Canoa (la localidad tipo de la formación) y el sitio San José. Originalmente fue definida como un limo arenoso fosilífero de color gris azulado[4] del que posteriormente se describieron capas arcillosas y arenosas con niveles locales ricos en fósiles de moluscos y a partir del cual fue definida originalmente la formación, llamaremos en adelante Formación Canoa *sensu strictu* [Pilsbry y Olsson, Kraglievich, Torres]. Sin embargo, no han sido descritos previamente su tope ni los cambios que ocurren lateral y verticalmente. Se va a considerar a la formación como una sola secuencia limitada por discordancias que la separan de las formaciones definidas previamente. Así, se observa una tendencia bien definida a la somerización de los paleoambientes de depositación hacia el S, y se hace necesario subdividirla en los miembros Inferior y Superior.

MIEMBRO CANOA INFERIOR

Comprende los depósitos de limolitas más o menos arenosas y arcillosas de la definición original. Hacia su base es un limo arenoso con arcilla, de color gris verde oscuro, poco consolidado, luego pasa a arcilla, luego aumentan el limo y la arena, y al tope desaparece la arcilla. Su potencia se estima en 60-65 m. Luego sigue un depósito de 3 a 5 m de areniscas calcáreas con estratificación localmente cruzada y convoluta, sobre el que yace una arcillolita producto de retransporte con microfauna retrabajada principalmente de la Fm. San Mateo. Encima de éstas yacen otros depósitos transicionales de arenas cruzadas sobreyacidas por arenas con estratificación convoluta y cuya potencia se estima en 3-5 m, y sobre éstas yacen unas arenas limosas, más limosas y verdosas hacia su tope más distal, al S, y cuya potencia máxima aflorante es de 7-8 m. Estas limolitas verdes constituyen el último depósito de sedimentos marinos que se corresponden con la descripción original, y es por esta razón que se los establece como el tope del Miembro Canoa Inferior o Fm. Canoa s.s. La potencia total de este miembro se estima en alrededor de 80-85 m.

Bioestratigrafía
En base a la macrofauna de moluscos, que ha sido estudiada extensivamente[5], se estimó la edad de la formación como Plioceno. Estos fósiles se observaron en los acantilados, y se los encuentra completos en ciertos horizontes muy ricos, mientras que en otros sólo se encuentran fragmentos dispersos en el sedimento. Se encuentra localmente un tipo de ostra que es común en el Plioceno de la Isla Santa Clara.

La base del miembro es datada como el Plioceno inferior a medio (1/3N19-1/4N20) por la ocurrencia de los foraminíferos plantónicos *Globorotalia ungulata* y *Globigerina bulloides apertura*. El primero aparece reportado a partir del primer tercio de la biozona N19, mientras que el segundo se extingue en el primer cuarto de la zona N20. Su tope es datado como tope del Plioceno inferior a base del Plioceno superior (2/3N19-1/3N21)[6] por la presencia de los foraminíferos plantónicos *Globigerina rubescens* y *Globorotalia pertenuis*. El primero aparece en el último tercio de la zona N19, y el último se extingue en el primer tercio de la zona N21.

Paleoambiente de depositación
La microfauna bentónica indica un ambiente de depositación de plataforma interna con aguas cálidas y de salinidad cambiante (presencia de especies eurihalinas). Esto último sugiere un cierto grado de aislamiento/cerramiento del mar.

MIEMBRO CANOA SUPERIOR

Los depósitos del Miembro Inferior presentan una clara tendencia a la somerización e incluyen 2 eventos de barras arenosas litorales. En el Miembro Superior, la somerización se encuentra bien definida por numerosos eventos de barras litorales que son sobreyacidas por arenas masivas con estructuras de escape (estratificación convoluta). Hacia su parte basal se encuentran depósitos delgados de arenas masivas bioturbadas en *onlap* sobreyacidas por los eventos de barras. Hacia el S, en su parte media, los depósitos de barras se vuelven potentes y constituyen la mayor parte del afloramiento. En su parte superior, cerca de San José, la instalación de una playa se comprueba por la presencia de estrellas de mar ("*sand dollar*") y por la estratificación paralela a masiva. Estos sedimentos están intercalados con otros más bioclásticos que presentan localmente estratificación cruzada. La potencia que se estima aflora en los acantilados es de 25 m.

Bioestratigrafía

No se poseen datos bioestratigráficos de este miembro. Sin embargo, la relativa continuidad de estos depósitos con los del Miembro Inferior de edad Plioceno medio, su poco espesor y su posición estratigráfica bajo la Fm. Tablazo del Pleistoceno inferior hacen suponer una edad no más joven que el tope del Plioceno medio o el Plioceno superior basal.

Paleoambiente de depositación

El paleoambiente de depositación del Miembro Superior varía entre infralitoral distal (cerca del nivel de rompiente de las olas o zona de *surf*) a litoral (*shoreface* o playa, entre los límites de marea alta y baja).

FORMACIÓN TABLAZO

La Fm. Tablazo sobreyace en discordancia regional a toda la Fm. Canoa en el área de estudio. Esta discordancia abarca el Plioceno superior y posiblemente la parte basal del Pleistoceno inferior en base a las dataciones[6].

Litología

Litológicamente está constituida por coquinas conglomeráticas y calcarenitas bioclásticas gruesas a finas con gradación vertical y arenas calcáreas mal clasificadas. Hacia el S de San José está constituida por una facies más distal de calcarenitas conglomeráticas con horizontes bioclásticos. En el sector de Pile se encuentra una coquina con clastos tobáceos bien desarrollada a 55 m.s.n.m., y en la carretera se constata la presencia de otro nivel de coquinas y calcarenitas tipo Tablazo a aprox. 80 y 105 m.s.n.m. En general, la potencia de la formación varía entre 2 y 5 m, pero se observan sitios (por ejemplo, a 2 Km. al N de San José) donde desaparece lateralmente.

Bioestratigrafía

La formación ha sido datada del Pleistoceno inferior en base a la microfauna de moluscos[5] y esta edad ha sido corroborada por Pedoja [com. pers.].

La base de la formación ha sido datada Pleistoceno inferior en base a la microfauna encontrada en un delgado estrato de arcillolita que se encuentra entre las coquinas basales y el tope discordante de la Fm. Canoa[6].

En la carretera, a 1 Km. al SE de Pile y a 80 m.s.n.m., se determinó una posible edad Plioceno superior-Pleistoceno temprano basal (2/3N20-N21/N22) en base a la ocurrencia de *Neogloboquadrina dutertrei* y *Globorotalia acostaensis*. Considerando el estado de conservación de la microfauna, que indica cierto grado de retrabajamiento, se puede asignar una edad Pleistoceno inferior.

Paleoambiente de depositación

La microfauna de la muestra VAC-07, tomada en una intercalación de grano fino sobre las coquinas principales, indica un ambiente de laguna costera con aguas templadas a calientes y de salinidad variable que ocasionalmente se encontraba por encima de la media del agua de mar. Los sedimentos calcáreos característicos de la formación son propios de un ambiente litoral relativamente somero, depositados durante un período transgresivo que duró lo suficiente como para permitir el desarrollo de grandes extensiones de estos depósitos. Estos períodos se corresponden con los interglaciales pleistocénicos [Pedoja, 2002].

DISCORDANCIAS

Discordancia I, Fig. 1 Esquema geológico

La Fm. Angostura, no reconocida anteriormente en la zona de estudio, yacería sobre la Fm. Tosagua (?) con una discordancia del Mioceno medio parte inferior, incluyendo parte de las zonas N10-N11, aunque no se comprobó, en el presente estudio, la edad efectiva de la Fm. Tosagua(?). Sin embargo, se asume su presencia en los alrededores de Santa Rosa, basados en la litología.

Discordancia II, Fig. 1, Esquema geológico

La Fm. Canoa sobreyace a la Fm. Angostura con una discordancia del Mioceno superior-Plioceno inferior, al estar la base de la Fm. Canoa datada como del Plioceno inferior tardío (1/3N19-1/4N20) y el tope de la Fm. Angostura como Mioceno medio tardío (zonas N12-N13). Sin embargo, es posible que el tope de la Fm. Angostura llegue hasta el Mioceno superior (zona N15) de acuerdo a los datos obtenidos en el pozo Ricaurte-1[2], con lo cual la discordancia se reduciría al Plioceno inferior.

Discordancia III, Fig. 1, Esquema geológico

La Fm. Tablazo sobreyace a los miembros Canoa Superior e Inferior con una discordancia regional del Plioceno superior. El tope del Miembro Canoa Inferior tiene una edad del tope del Plioceno inferior a la base del Plioceno superior, y el Miembro Canoa Superior tiene una edad Plioceno medio a Plioceno superior temprano por posición estratigráfica.

PALEOGEOGRAFÍA

Miembro Canoa Inferior

Durante el Plioceno medio toda la zona comprendida entre Santa Rosa y Puerto Cayo y la falla Jipijapa-Portoviejo constituía una bahía más o menos profunda, corespondiendo a una plataforma continental.

Miembro Canoa Superior

Los depósitos litorales de media a alta energía del Miembro Canoa Superior que afloran en el acantilado dan información acerca de la paleolínea de costa, la que se asocia al sentido de paleocorriente promedio que se registra en diferentes estructuras sedimentarias y en la disposición de clastos imbricados. Estos datos estimados de paleolínea de costa se interpretan como una línea de costa que emigró hacia el S-SO. Su rumbo, que varió de oblicuo a casi perpendicular a la actual línea de costa, indicaría una entrante del mar que constituiría posiblemente una bahía hacia el S y cuyo límite S sería el alto Cretácico-Paleoceno del cerro del Carmen y de los acantilados de Puerto Cayo (ver discusión más abajo), la cual se fue cerrando a medida que se iba colmatando. El límite E de esta bahía habría sido la falla Jipijapa-Protoviejo.

Los datos de paleocorriente, sin embargo, se correlacionan mejor con la dirección de proveniencia de los aportes sedimentarios. En la primera medición de paleocorriente, realizada en el cuarto evento de barras litorales de la Fm Canoa, los aportes provienen del N-NE. En la segunda medición de paleocorrientes, hecha en las arenas cruzadas en festón del quinto evento de barras litorales, los aportes provienen más bien del E-NE, debido posiblemente a un levantamiento mayor de la parte E que de la parte N, como registrado previamente.

Este levantamiento ocurrió durante el Plioceno superior y llevó la bahía a niveles cercanos al del mar, con hiatus y ligera erosión.

Fm. Tablazo y depósitos pleistocénicos

Sobre la superficie levantada se sucedieron las transgresiones del Cuaternario, debidas a los cambios eustáticos del nivel del mar que ocurrieron con frecuencia a través del Pleistoceno, y así se formaron las terrazas marinas.

Por la presencia de terrazas marinas se sabe que hacia el N, en el cerro de Montecristi, existió una isla que se conectó posteriormente con el actual cabo San Lorenzo, constituyendo un alto [Pedoja, com. pers.]. Este alto estructural, que existió en épocas contemporáneas a la emersión de la parte NO de la zona de estudio (posteriores a la depositación de los niveles de terraza más antiguos, es decir, parte superior del Pleistoceno inferior) debió constituir el límite NE de la línea de costa, la cual se cerraba hacia el S contra el alto estructural constituido por la Fm. Cayo (sector de Puerto Cayo-Machalilla). En ese entonces, probablemente existió un golfo de dimensiones considerables pero de poca profundidad.

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^{o}, con proveniencia de los aportes sedimentarios del NO y posible rumbo de paleolínea de costa N50^{o}) indicaría que el relleno posterior de la bahía se producía localmente más desde el O, con una línea de costa que presentaba una tendencia a cerrarse. De haberse continuado esta tendencia, y de manera más regional, la bahía pudiera haberse visto cerrada y convertida en un *lagoon*.

Este golfo se fue cerrando hasta constituirse en una bahía que en épocas pudo estar parcialmente cerrada por barras, y cuyo 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.

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 en el presente estudio.

CONCLUSIONES

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. 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.

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.

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 (alrededor de 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 que se encuentra en la base de la Fm. Tablazo que proviene de al menos cuatro formaciones que afloran en la amplia área circundante. Esta capa de sedimento fino se correspondería con un momento transgresivo previo a la formación de la terraza y los depósitos tipo Tablazo en el corte del acantilado.

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 (VAC-55) y otra en una calcarenita limosa sobre las coquinas en un corte en la carretera al Sur de Pile (VAC-07)[1].

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 que presentan un porcentaje importante de componentes volcánicos.

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 pleistocénicos (o cuaternarios) indiferenciados, de tipo Tablazo o posteriores.

REFERENCIAS

1. V. Alvarez, "Estudio Estratigráfico de la Formación Canoa en la localidad tipo, prov. de Manabí" (Tesis, Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2002)

2. S. Benítez, "Evolución Geodinámica de la provincia costera sur-ecuatoriana del Cretáceo superior – Terciario" (Disertación Doctoral, Laboratorio de Geología, Universidad Joseph Fourier de Grenoble, Francia, 1995) pp.

3. Mapa Geológico Detallado del Ecuador, Hoja Geológica Montecristi a escala 1:100000 (Dirección General de Geología y Minas – Ministerio de Recursos Naturales y Turismo, 1970)

4. Bristow y Hofstetter, Léxico Estratigráfico del Ecuador (Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1986) pp. 71-72

5. Pilsbry y Olsson, A Pliocene Fauna from the Coast of Ecuador (Museo Británico de Historia Natural, Londres, 1941) pp. 9-11

6. M. Ordóñez y N. Jiménez, Informe Técnico del Estudio Micropaleontológico de las muestras VAC-55 y VAC-56 (Centro de Investigaciones Geológicas – Guayaquil, Petroproducción, septiembre 2002)