

SEDIMENTOLOGIA Y PALEOECOLOGIA DE UN ESTUARIO DEL LITORAL PACIFICO  
DEL ISTMO CENTROAMERICANO PRIMORDIAL (MIOCENO MEDIO, COSTA RICA)

Hartmut Seyfried

Peter Sprechmann

Teresita Aguilar

Escuela Centroamericana de Geología  
2060 Universidad de Costa Rica  
Apartado 35  
Costa Rica, América Central

ABSTRACT

The rise of the Central American land-bridge is characterized by a Campanian to Eocene island arc stage, an Oligocene to Miocene swell stage, and a Pliocene to Recent mountain chain stage. During the Oligocene to Miocene swell stage the volcanic edifices and insular shelves of the foregoing stage gradually grew together, forming the primordial Central American isthmus. Thus, extensive tidal flat areas established which occupied, especially during the Middle Miocene, large areas of the actual territory of Costa Rica.

The present study deals with a Middle Miocene section situated at Punta Judas on the Pacific coast of Costa Rica. This section provides a nearly complete record of the depositional environments that characterize the Pacific estuaries of the primordial Central American isthmus.

The 1300 m of mainly litharenitic volcanoclastic sediments are extremely fossiliferous, especially in mollusks, echinoids, and trace fossils. Thus, sedimentological interpretations can be thoroughly controlled and complemented by paleoecological data. 10 different facies types could be identified that reflect a great variety of depositional environments ranging from open estuary through intertidal shoals and mangrove swamps to mesohaline marginal shallows, and even slightly hypersaline lagoons.

Facies character and pattern in the subtidal area was largely controlled by the temporariness and volume of the terrigenous input which was transferred across the deltaic depocenter and overtaken by the estuarine circulatory regime. Ecological successions that developed in response to the intermittent sediment supply commonly are characterized by native background communities (suspension feeders - mollusks) and opportunistic after-event communities (sediment feeders - cefossils) sensu SEILACHER (1980).

In the intertidal area lower flats are typified by cross-laminated sandstones, whereas in mid and upper flats mangrove swamp deposits are predominant. This facies unit frequently interfingers with granule and pebble conglomerates that entered from minor lateral river mouths. The coarse river bed load

is redistributed both in meandering tidal channels and in straight beach-parallel channels. The latter show an unidirectional filling pattern, the size ranges being fashioned into large graded sigmoidal foresets that end up in well-developed toe sets; mud drapes prove that these features have to be considered as tidal bundles. Tempestites are fairly frequent within the mangrove swamp deposits, but occur also in nearly all other facies types.

Following these criteria it must be concluded that the Punta Judas estuary was laterally bounded by a mountainous hinterland and headed by a stream system that supplied large amounts of fine- to medium-sized volcanoclastic sediments. Despite the low salinities in its uppermost sector, the estuary was strongly controlled by mesotidal currents which obviously followed an asymmetrical circulatory pattern. It was an essentially sandy estuary and must have reached dimensions comparable to the actual Gulf of Nicoya. There is no evidence for the existence of an outer bar, of barrier islands, or ebb- and flood-tidal deltas. Hence, the Middle Miocene Punta Judas estuary has to be considered as an open embayment.

The Punta Judas section documents at least 2 complete filling cycles (progradations). The return from shoreline to open estuarine environments always came off very abruptly. This suggests rapid sea-level rises, followed by gradual lowerings. The absence of both angular unconformities and hardgrounds proves that subsidence was fairly constant. Most probably, the Punta Judas estuarine embayment was a direct graben-like tectonic feature.

These data coincide with the tectonical and geographical framework of the actual Pacific estuaries of Central America. Differences exist, however, in that the Punta Judas estuary reached salinities as low as the  $\beta$ -mesohaline range. This is not common to the actual ones which are essentially normal marine to high polyhaline. Thus, we propose an environmental model which falls midway between the strongly tectonically controlled Pacific centroamerican type and the epicontinental type which characterizes mid latitude Atlantic coastal plains.

## RESUMEN

En el área de Punta Judas, en el litoral del Pacífico de Costa Rica, se estudió una sección de 1300 m de espesor que documenta la evolución de un estuario durante el Mioceno Medio bajo. Este estuario se orientó hacia el Pacífico y estuvo delimitado por un retopais montañoso. Fue alimentado a partir de un sistema potamal, el que suministró grandes volúmenes de sedimentos volcanoclasticos, predominantemente arenosos. Además de la influencia potamal, se verificó un menor aporte fluvial, a partir de ríos que desembocaron lateralmente al estuario.

Se identifican megaciclos de progradación. Estas secuencias de colmatación se inician por depósitos de estuario abierto y culminan con sedimentos de manglar, así como de estuario interno, de aguas salobres a hiperhalinas. Fue posible diferenciar 10 tipos mayores de facies, que reflejan los cambios ambientales y las sucesiones ecológicas correspondientes. Las evaluaciones paleoecológicas están basadas, en lo principal, en ricas tafocenosis de moluscos, echinoideos e ichnofósiles.

El estuario analizado tuvo un carácter mixto con respecto a los actuales golfos estuarinos del Pacífico de Centroamérica, de origen tectónico, y aquellos que bordean al Atlántico en latitudes medias, de tipo epicontinental, los que han sido clásicamente referidos por la literatura biológica y sedimentológica.

## INDICE

1.	INTRODUCCION .....	4
2.	PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE LOS ESTUARIOS Y SU COMPARACION CON LOS GOLFOS ESTUARINOS ACTUALES Y ANTIGUOS DEL MARGEN PACI- FICO DE CENTROAMERICA MERIDIONAL .....	7
3.	LAS PRINCIPALES LITOFACIES SUBMAREALES	
3.1	Facies 1: Sedimentos del depocentro deltaico estuarino .....	10
3.2	Facies 2: Depósitos del estuario abierto .....	12
3.3	Facies 3: Depósitos de canales submareales .....	18
3.4	Facies 4: Depósitos del estuario abierto (con numerosas inter- calaciones tempestíticas bioclásticas y arenosas).....	19
4.	LAS PRINCIPALES LITOFACIES INTERMAREALES	
4.1	Facies 5: Depósitos del intermareal bajo .....	28
4.2	Facies 6: Depósitos intermareales relacionados con la desem- bocadura de un río con carga guijarrosa .....	30
4.3	Facies 7: Depósitos de manglar (intermareal medio y superior) ...	37
4.4	Facies 8: Depósitos del estuario interno mesohalino .....	38
4.5	Facies 9: Depósitos del estuario interno moderadamente hiper- halino .....	39
4.6	Facies 10: Beachrocks .....	41
5.	ANALISIS SECUENCIAL	
5.1	Aspectos petrográficos .....	42
5.2	Aspectos geométricos .....	44
5.3	Aspectos secuenciales .....	45
6.	CONCLUSIONES .....	48
7.	AGRADECIMIENTOS .....	51
8.	BIBLIOGRAFIA .....	51
9.	APENDICE TAXONOMICO (por T. AGUILAR) .....	58

## 1. INTRODUCCION

El afloramiento de Punta Judas se sitúa sobre el litoral Pacífico, entre Long. 84° 32' 30" W/ Lat. 9° 31' 30" N y Long. 84° 30' 20" W/ Lat. 9° 31' 40"N, dentro de una plataforma de abrasión muy extendida, de unos 4 km de largo y de hasta 1 km de ancho (para su ubicación geográfica, véase Fig. 1). El buzamiento de los estratos varía desde unos 30° en Punta Mala a unos 5° en las inmediaciones de Esterillos, mientras que el rumbo oscila entre NNE/SSW y NE/SW, respectivamente. La plataforma de abrasión exhibe las mejores condiciones de exposición a lo largo de su contacto con la ribera de pleamar, lo cual permite efectuar detalladas observaciones sedimentológicas y bioestratinómicas. No obstante, existe una limitante importante determinada por la casi ausencia de superficies de estratificación. Este hecho impide frecuentemente la interpretación de estructuras generadas por rizaduras (ripples, megaripples, "sand waves"), pues para su reconocimiento inequívoco se requieren al menos dos planos de observación.

La sección estudiada posee una potencia paroximada de 1300 m. El espesor aparente, medido perpendicularmente al rumbo, abarca unos 2800 m. Los puntos de referencia citados en el texto remiten a horizontes guías marcados, tanto en el campo (con pintura roja en los árboles de la ribera), como en la escala correspondiente de la Fig. 2.

La secuencia está fundamentalmente constituida por areniscas fosilíferas, depositadas durante la *etapa de umbral* que precedió a la constitución del puente-istmo centroamericano meridional (véase SEYFRIED & SPRECHMANN, 1985: fig. 6). Su sedimentación se verificó en ambientes costeros, ámbito de depositación que cubrió áreas extensas durante el Mioceno Medio del actual territorio de Costa Rica, y que tipifica la paleogeografía de aquella época. Debido al

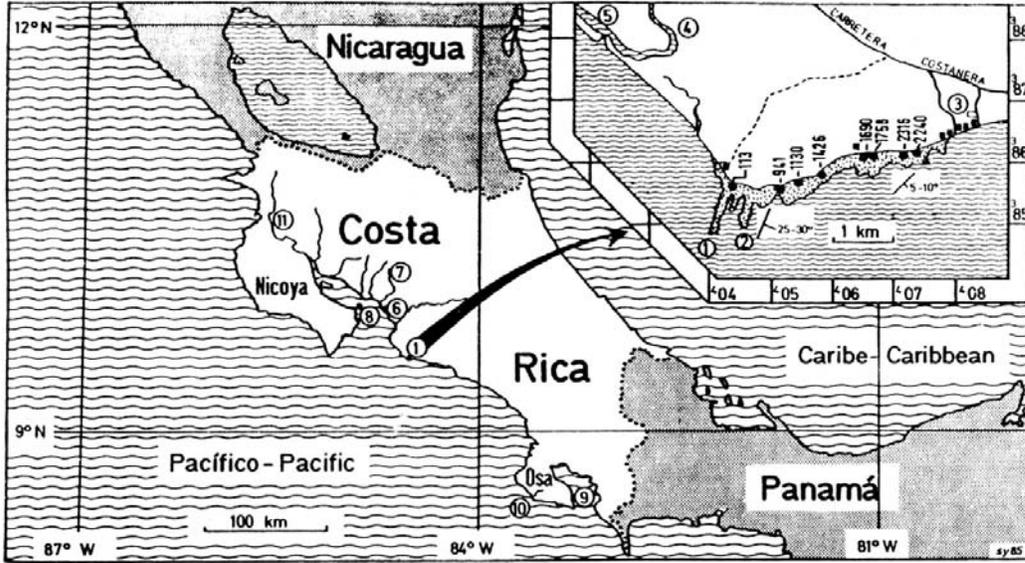


Fig. 1: Ubicación de las principales localidades citadas en el texto.

- 1: Punta Judas; 2: Punta Mala; 3: Esterillos Oeste; 4: Río Tusubres;  
 5: Estero Los Diegos; 6: Estratotipo de la Formación Punta Carballo,  
 7: Río Barranca; 8: Golfo de Nicoya; 9: Golfo Dulce; 10: Río Claro;  
 11: Río Tempisque.

carácter volcánico del área continental, el aporte en materiales volcanoclasticos era constantemente muy alto. Por consiguiente, la mayoría de las areniscas aportadas al área costera fueron areniscas líticas.

La edad de la serie de Punta Judas ha sido determinada gracias al hallazgo de foraminíferos planctónicos provenientes de muestras que fueron recolectadas dentro de la facies 2 (véase cap. 3.2). En ellas se identificaron a las especies guías *Praeorbulina glomerosa* (BLOW, 1956) y *Orbulina suturalis* BRÖNNIMANN (1951). Por lo tanto, la edad queda determinada por la Zona de Extensión Coincidente, o Acrozona Concurrente, de ambas especies, situándose en la Zona N 9 de las zonaciones de BLOW (1969, 1979). Esta zona equivale al Langhiniense 2 o Tardío, es decir al Mioceno Medio bajo.

Las asociaciones de moluscos halladas confirman, en forma aproximada, esta edad, pues únicamente el 13% de las especies identificadas son subfósiles. Además, incluyen a diferentes taxa cuya distribución estratigráfica se restringe al Mioceno Medio (véase cap. 7).

Las primeras referencias sobre la geología de la región de Punta Judas han sido proporcionadas por DENGÓ (1960, 1962). ESCALANTE ha efectuado estudios sobre esta región, que permanecen inéditos, los cuales fueron presentados en una conferencia realizada en la Escuela Centroamericana de Geología de la Universidad de Costa Rica, en 1983.

La secuencia estudiada se incluye en el Miembro Roca Carballo sensu KUYPERS (1979; cf. SPRECHMANN, 1984a) de la Formación Punta Carballo. El ambiente de depositación del estratotipo posee características relacionables, aunque no idénticas, al de Punta Judas.

(cf. SPRECHMANN 1984b). Por consiguiente, el Miembro Roca Carballo debe ser redefinido, pues la secuencia descrita en el presente trabajo abarca un conjunto de litofacies no descritas previamente para la unidad.

## 2. PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE LOS ESTUARIOS Y SU COMPARACION CON LOS GOLFOS ESTUARINOS ACTUALES Y ANTIGUOS DEL MARGEN PACIFICO DE CENTROAMERICA MERIDIONAL

El principal criterio sedimentológico para el reconocimiento de sistemas deposicionales estuarinos lo constituyen fábricas bidireccionales dentro de los sedimentos arenosos. Estos pueden estar relacionados, o no, con el denominado "régimen de circulación estuarino". En un punto determinado, la tasa de sedimentación definitiva depende del predominio o de la interacción del caudal y carga fluvial, intensidad de las mareas y de la fuerza del oleaje, respectivamente. La interdependencia de estos factores, asimismo, genera un patrón de distribución de facies diferente en los dos tipos elementales de estuarios tales como fueron descritos por NICHOLS & BIGGS (1985), KLEIN (1985), BOOTHROYD (1985) y KRAFT & CHRZASTOWSKI (1985):

### a) *Estuarios lagunares*

Caracterizados por un alto predominio fluvial en la parte interna, o cabecera, y una marcada dominancia mareal en la región externa. Las granulometrías más gruesas se acumulan por detrás y/o delante del denominado "tidal inlet", formando "flood- and ebb-tidal deltas". En el resto del estuario predominan las granulometrías finas, sobre todo en las regiones marginales.

### b) *Estuarios a desembocadura en embudo*

La distribución de los tipos de facies es determinada por el régimen de circulación imperante. Este está afectado por modificaciones estacionales del caudal del río alimentador y de la intensidad de las mareas, en concomitancia con el ciclo lunar (marea de cuadratura o muerta/ marea de sicigias o viva). La distribución de las facies depende de la asimetría entre las corrientes de marea entrante y vaciante y de su capacidad diferencial de transporte, así como de la posición de la zona de convergen-

cia de aguas dulces y saladas en donde se deposita la mayoría del material mantenido en suspensión ("turbidity maximum" sensu NICHOLS & BIGGS 1985). Mientras que este máximo de turbidez produce bajíos ("shoals") fangosos, con una litología uniforme, el material acarreado y depositado por las corrientes mareales se deposita, predominantemente, en forma de barras longitudinales arenosas, con una litología heterogénea que refleja los ciclos lunares y estacionales. La migración cíclica de ambos depocentros estuarinos produce, además, un constante retrabajamiento, lo cual disminuye considerablemente el potencial de preservación de posibles facies guías.

En el área externa del estuario se encuentra, frecuentemente, una barra externa arenosa, a través de la cual se efectúa el intercambio con la plataforma continental. Además, la distribución de facies en esta zona es controlada por la penetración y la dispersión de las olas, así como por la presencia de corrientes paralelas a la costa. En el resto del estuario la tasa de sedimentación es más baja, particularmente si se la compara con la de los centros de depositación previamente mencionados. En las riberas internas son frecuentes los ambientes del tipo llanura de marea, seguidos por marismas, o marjales ("salt marshes"), en clima templado, o por manglares en el ámbito tropical.

En el área centroamericana meridional, los estuarios actuales del margen del Pacífico no pueden ser equiparados con los modelos señalados. Existen 5 grandes golfos estuarinos situados en el Golfo de Fonseca (Honduras/Nicaragua), Golfo de Nicoya y Golfo Dulce (Costa Rica), Golfo de Montijo y Golfo de San Miguel (Panamá). En sentido estricto, no se puede considerar a ninguno de estos golfos estuarinos como estuario, según el concepto definido para aquéllos que desembocan en el Océano Atlántico, y cuyas características principales fueron recopiladas recientemente por NICHOLS & BIGGS (1985). Un ejemplo comparable con estos estuarios epicontinentales atlánticos lo proporciona, no obstante, el área de la Laguna de Chiriquí (Archipiélago de Bocas del Toro) en la región caribeña de Panamá.

El origen de los golfos estuarinos del Pacífico centroamericano meridional es debido a una peculiar situación geotectónica, determinada por su ubicación en un margen activo de límite entre dos placas litosféricas oceánicas, o sea, en una zona que ha sido

afectada y sigue sufriendo movimientos verticales diferenciales de gran envergadura. Tales golfos de origen tectónico están delimitados por una morfología rocosa y, con frecuencia, contienen islas originadas a partir del basculamiento de bloques, tal como sucede en el Golfo de Nicoya. Además, carecen de barras externas, fenómeno que tipifica a la mayoría de los estuarios atlánticos. Los ríos que desembocan en los citados golfos no son muy caudalosos. Por esta razón, determinan una disminución de la salinidad en la cabecera, pero no ejercen un control mayor sobre el patrón de sedimentación a través de máximos de turbidez o sobre la diversidad de organismos. Por lo tanto, los factores limitantes principales están constituidos por las mareas y, debido a su fácil acceso, por el oleaje. Por consiguiente, predominan las facies arenosas en tales estuarios. En la parte externa, la morfología costera y los mecanismos de depositación involucrados, no difieren sustancialmente de los de las costas abiertas. Por el contrario, en la parte interna, se encuentran muy restringidas las llanuras de mareas desprovistas de vegetación, mientras que abundan manglares en áreas protegidas por promontorios rocosos o "flechas" arenosas, como la de Puntarenas en el Golfo de Nicoya.

Si se toman, a modo de ejemplo, las condiciones existentes en el Golfo de Nicoya (véase EPIFANIO et al., 1983; VOORHIS et al., 1983; MAURER, 1984; MAURER & VARGAS, 1984), el cual está caracterizado por una salinidad mínima, en la cabecera, que oscila entre 27<sup>o</sup>/oo en la estación lluviosa y 32<sup>o</sup>/oo en la seca (VOORHIS et al., 1983), resulta pertinente considerar al sistema como "estuario marino" sensu NICHOLS & BIGGS (1985) o como "golfo estuarino".

Considerando las condiciones paleogeográficas reinantes durante el Mioceno Medio (FISCHER, 1981; KUYPERS, 1979; SEYFRIED & SPRECHMANN, 1985), resulta lícito considerar que los mecanismos tectónicos actuantes fueron similares a los que controlan la geo-

grafia actual originándose, por ende, ensenadas de características comparables. Debe destacarse que durante la fase de umbral de formación del istmo Centroamericano Meridional, el relieve del área continental era considerablemente más equilibrado que el actual. Esto hace que los estuarios del Mioceno Medio tuvieran características intermedias entre el tipo "pacífico centroamericano" actual y el tipo "atlántico epicontinental", descrito por los autores previamente citados.

### 3. LAS PRINCIPALES LITOFACIES SUBMAREALES

#### 3.1 FACIES 1: SEDIMENTOS DEL DEPOCENTRO DELTAICO ESTUARINO ("DELTA FRONT", PRODELTA PROXIMAL)

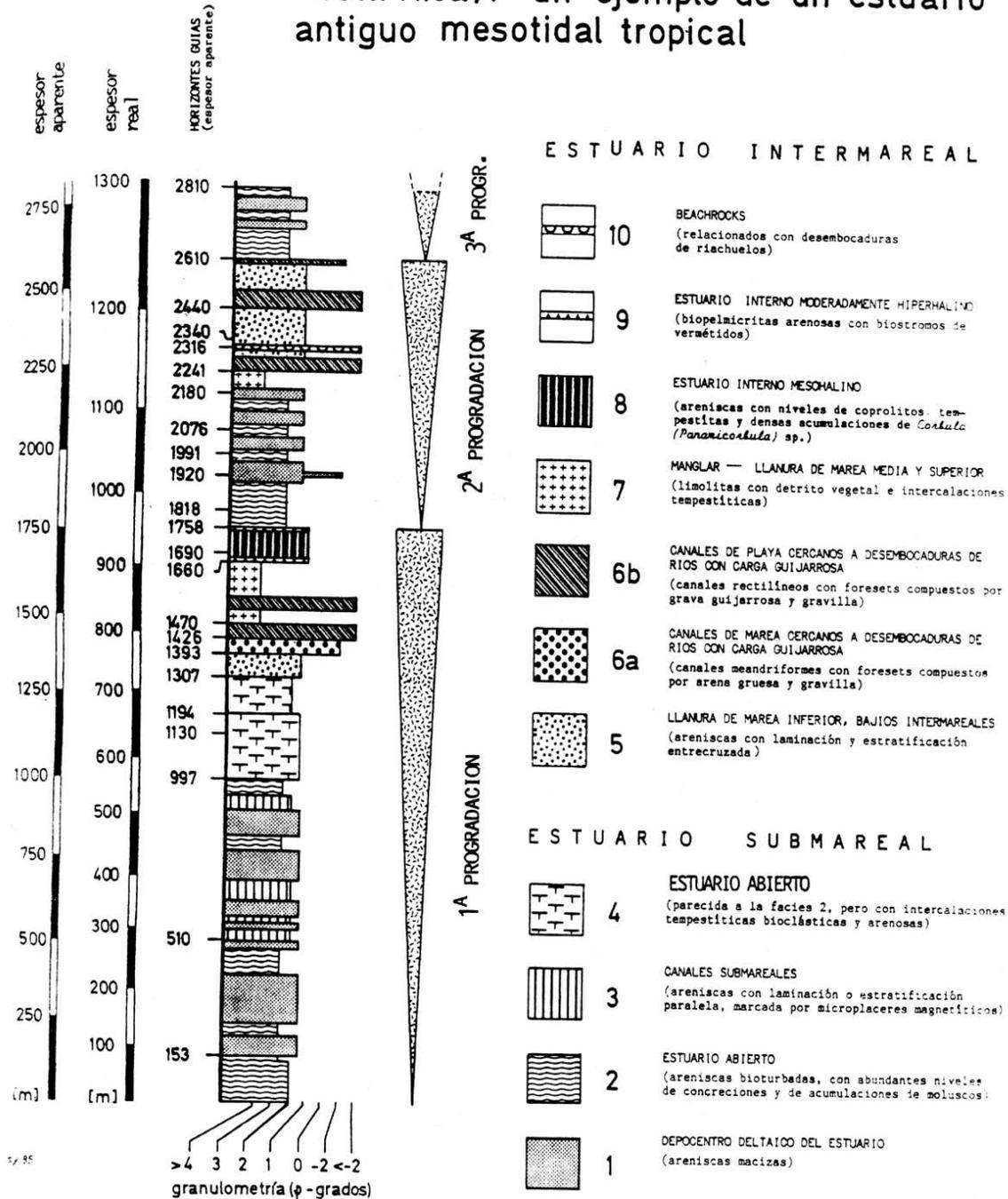
Esta facies está representada por 380 m acumulativos (compárese Fig. 2) de areniscas medias a finas, verdes oscuras, muy homogéneas, con un sorteo relativamente malo (desviación standard de 1.3 a 1.6), sin estratificación visible, no bioturbadas, extremadamente pobres en moluscos, y con escasas concreciones irregularmente distribuidas. Es de destacar la ausencia total de estructuras sedimentarias.

Para la interpretación paleoambiental de estos depósitos se abren teóricamente 3 posibilidades:

- a) Sedimentación generada en un área del "salt intrusion head", es decir en conexión con un máximo de turbidez. Esta requiere condiciones de alto caudal fluvial para crear la circulación correspondiente por densidad. El material se deposita en la zona de convergencia entre aguas dulces y saladas.
- b) Sedimentación por "suspension fall-out" en el depocentro deltaico del estuario, bajo el efecto de un período de caudal constantemente incrementado, con un aporte en sedimento muy alto, el cual impide la formación de estructuras sedimentarias. De haberse generado algún tipo de laminación, ésta se destruiría por el flujo ascendente acuoso generado por la rápida compactación inicial (cf. REINECK & SINGH, 1973: 113).

FIG. 2:

# La sección de Punta Judas (Mioceno Medio, Costa Rica): un ejemplo de un estuario antiguo mesotidal tropical



- c) Depositación en trampas de sedimentación bajo el denominado "settling and scour lag effect" de la onda mareal, asimétrica.

La primera posibilidad coincide parcialmente con la segunda, debido a que en un estuario a predominio marino la zona de convergencia, de aguas dulces y saladas, se aproxima al delta fluvial interno. Por consiguiente, tanto la suspensión fluvial como la re-suspensión estuarina, pueden haber contribuido en la sedimentación de este tipo de facies. La mezcla de ambas influencias explicaría, además, el sorteo relativamente malo que presenta invariablemente la misma.

La tercera posibilidad queda descartada en base a los siguientes criterios:

- La alta capacidad de las corrientes de marea excluye prácticamente la existencia de trampas de sedimentación, pues éstas quedarían colmatadas.
- Tanto el ciclo mareal lunar (marea de cuadratura/marea de sicigias) como la alternancia de estaciones generan, según NICHOLS & BIGGS (1985), depósitos laminados de materiales finos, interestratificados con lentes arenosos y acumulaciones de tests, bioturbados, lo cual es incompatible con los hallazgos de campo.

La constatación de la naturaleza estuarina-deltaica propuesta debe ser verificada, no obstante, por el levantamiento de cortes adicionales, en los que se compruebe el acuñaamiento que tipifica la geometría de un cuerpo deltaico. Sin embargo, pese a la gran extensión de afloramientos que posee la formación en el retropais, el relevamiento es inviable por el alto grado de meteorización que imposibilita detalladas observaciones faciales.

### 3.2 FACIES 2: DEPOSITOS DE ESTUARIO ABIERTO

Esta facies esta constituida por 220 m acumulativos de sedimento y se caracteriza por alternancias, más o menos regulares, de las siguientes subfacies:

*Subfacies 2a:* Unidades métricas formadas por areniscas finas grisáceas, primariamente laminadas milimétricamente y, secundariamente, deslaminadas por una marcada bioturbación moteada indiferenciada y construcciones con Spreiten. \*

*Subfacies 2b:* Unidades métricas constituidas por areniscas finas a medias, verde grisáceas, microlaminadas a homogéneas, no evidenciando estas últimas la bioturbación indiferenciada, sino una monoespecífica, de *Thalassinoides*, que llega a ser muy abundante en algunos niveles (por ejemplo, 2076). *Thalassinoides* es producida por decápodos calianásidos. Estratigráficamente asociados a niveles con abundancia de *Thalassinoides*, se hallan bancos que contienen clypeastéridos, los que a menudo se encuentran en tafocenosis tempestíticas con densidades de hasta 40 especímenes por metro cuadrado (2078).

*Subfacies 2c:* Numerosos niveles formados por concreciones aisladas, muy regulares, más o menos equidistantes entre sí. Las concreciones tienen una forma elipsoidal a esférica y alcanzan diámetros decimétricos. Sus núcleos están constituidos por moluscos, erizos, y fragmentos de madera. La gran mayoría de los bivalvos están preservados en estado de valvas conjugadas y en posición vital. Sin embargo, algunos tests se encuentran colonizados por balanídeos, lo cual señala una exposición post-mortal sobre el substrato marino.

*Subfacies 2d:* Frecuentes acumulaciones de tests parautóctonos, depositadas casi siempre de manera dispersa dentro de la subfacies 2a. Presentan la máxima variabilidad faunística\*\* dentro de la sección de Punta Judas, alcanzando valores de 9 para los bivalvos y de 16 para los gastrópodos.

Algunas concentraciones de tests se formaron debido a un sorteo por transporte diferencial, como ser las constituidas por representantes de *Oliva*, *Latirus*, *Cancellaria*, *Terebra*, *Northia*, respectivamente (cf. FUTTERER, 1978). También existen acumulaciones tipo bolsón, sobre todo en la base de estos depósitos bioturbados.

En relación a la epifauna, únicamente se identificaron epibiontes colonizando grandes tests de moluscos o a troncos de madera. Los epizoos más frecuentes son balanídeos y *Ostrea (Lopha) haitiensis*. Existen especímenes de *Ostrea (Lopha) haitiensis* que presentan un área de fijación acanalada sobre su valva derecha, de unos 5 mm de ancho. El hábito de vida debió ser similar al ilustrado por STANLEY (1970: pl. 14, fig. 4) para la especie viviente *Ostrea fons*. Considerando el ancho de la acanaladura, la fijación debió realizarse probablemente sobre una rama de madera. Los grandes tests de moluscos y la madera representan el único substrato duro disponible en un ambiente caracterizado por arenas móviles, debido a que en estas se imposibilitó la fijación de larvas. Además se identificaron perforadores no carnívoros, representados por espongiarios Clionidae (*Ertobia* sp.) y poliquetos; éstos se encuentran igualmente sobre este tipo de substrato duro biogénico.

---

\* véase también HOWARD et al. (1975) y MAYOU & HOWARD (1975)

\*\* para la definición de variabilidad faunística véase cap. 3.4

Bivalvos perforadores representados por "tarazas" (Terenidae) y por *Pholas* sp. se observan únicamente dentro de troncos de madera fosilizados. Además, sobre un total de más de 1000 especímenes examinados en esta facies, así como en la 4, de bivalvos y gastrópodos, ~~exceden~~ al tercio los que presentan perforaciones letales producidas por Mesogastrópodos Naticidae.

Dentro de la facies en consideración, son infrecuentes los dientes de peces y huesos. No obstante se encontró una tortuga marina completa, de unos 80 cm de longitud, preservada dentro de una concreción (horizonte 1991).

Foraminíferos planctónicos procedentes de esta facies permitieron determinar la edad de la secuencia de Punta Judas. Asimismo contienen radiolarios. El hallazgo de estos microfósiles planctónicos silíceos en depósitos del sublitoral se vincula con la situación paleogeográfica del área de Punta Judas, ubicado en la zona ecuatorial oriental de un océano. Estas, desde el punto de vista oceanográfico, se caracterizan por ser áreas de afloramientos submarinas de alta fertilidad. En la actualidad, en la Provincia de Panamá, se encuentran radiolarios incluso en arenas de playa.

*Subfacies 2e:* Niveles fosilíferos de tafocenosis isotópicas, deducidas a partir de bivalvos en posición de crecimiento. Son típicos agrupamientos isotópicos de *Atrina* (*Servatrina*) aff. *A. serrata* sensu WOODRING, caracterizados por una dominancia faunística\* de al menos 90%. *Atrina* (*Servatrina*) aff. *A. serrata* se presenta en haces. Informaciones actuoecológicas proporcionadas por PARKER (1955, 1956) sobre *Atrina serrata* demuestran de que es una especie euryhalina. Lo mismo es válido para otras especies del género como, por ejemplo, *Atrina seminuda*, *Atrina rigida* y *Atrina tuberculosa* (cf. PARKER, 1955, 1959, 1964). En el Golfo de Fonseca y en Corinto ha sido señalada *Atrina maura* en habitats relacionables (cf. HERTLEIN & STRONG, 1943). Representantes del género colonizan ambientes someros, moderadamente protegidos, cubiertos por angiospermas marinas (STANLEY, 1970). De ahí que se pueda deducir indirectamente la presencia de "seagrass communities" en asociación a estos niveles de *Atrina* (véase SEYFRIED & SPRECHMANN, 1985: 79). Esta interpretación queda corroborada por una fauna de crustáceos relativamente bien preservados, estratigráficamente asociados a los niveles de *Atrina*. Observaciones actuoecológicas demuestran que estos crustáceos frecuentemente se encuentran asociados a angiospermas marinas. La fauna esta representada por *Persephona* cf. *P. punctata*, *Calappa* cf. *C. zurcheri*, *Raninoides* cf. *R. laevis*, *Portunus oblongus*, *Callianassa* sp. y Brachyuros indeterminables (FÖRSTER & SEYFRIED, en preparación).

Dentro de la misma subfacies 2e se encuentran, asimismo, tafocenosis isotópicas de:

---

\* para la definición de dominancia faunística véase cap. 3.4

- *Semele claytoni*, con una dominancia faunística mínima de 95%
- *Ventricolaria* cf. *V. blandiana*, con una dominancia faunística alta de aproximadamente 75%
- *Pitar (Lamelliconcha) circinatus* y de *Semele laevis costaricensis*, ambas presentando dominancias faunísticas medias con valores cercanos al 50%
- *Cardita matima* y *Arcinella arcinella arcinella*, con dominancias faunísticas bajas dentro de sus respectivas tafocenosis, con valores próximos al 25%.

Entre las representantes vivientes de *Semele* existen especies que viven en planicies someras cubiertas por vegetación submarina (STANLEY, 1970); las que son euryhalinas (PARKER, 1955, 1956, 1959). Esto queda corroborado por la presencia de *Semele laevis* en el Golfo Dulce, a una profundidad de 5 brazas (= 8.35 m), así como de otras especies de *Semele* en diversas localidades del litoral pacífico como, por ejemplo, en el Golfo de Fonseca, Corinto, Puerto Parker, Golfo Dulce, etc. (cf. HERTLEIN & STRONG, 1949b).

*Ventricolaria* puede ser relacionada con *Antigona listeri*, aunque en el primer género está ausente la estriación radial que posee el segundo. Según STANLEY (1970), *Antigona listeri* es muy abundante en áreas intermareales y submareales. En general, se encuentra restringida a sustratos con granulometrías gruesas cubiertas de vegetación. *Ventricolaria magdalense* ha sido hallado en el Golfo de Nicoya (VARGAS et al., en prensa).

*Pitar (Lamelliconcha) circinatus alternatus* ha sido reportada para la malacofauna actual de Corinto, en Bahía Uvita, y a una milla al sur de la Bahía de Golfito, colonizando arenas y áreas de manglar. Otras especies del mismo subgénero viven en el Golfo de Fonseca, Golfo de Chiriquí y otras áreas marginal marinas (HERTLEIN & STRONG, 1948). PARKER (1955) señala que las especies *Pitar texasiana* y *Pitar cordata* son euryhalinas.

La especie actual *Cardita floridiana* vive en ambientes intermareales y submareales moderadamente protegidos. Por un lado se fija generalmente a tallos enterrados de *Thalassia* o a otras angiospermas marinas muy delgadas (STANLEY, 1970: pl. 14, fig. 13). Se trata de una especie que puede tolerar amplias fluctuaciones de la salinidad del agua (PARKER, 1955, 1959). Existen otras especies actuales reportadas, entre otras localidades del Pacífico, para el Golfo de Fonseca, Corinto y Puerto Parker (cf. HERTLEIN & STRONG, 1946b).

*Echinochama californica* sensu HERTLEIN & STRONG (1946b: 111) ha sido reportada, por estos mismos autores para la malacofauna actual de Puerto Parker. De acuerdo a COX et al. (1969: N518) *Echinochama* es un sinónimo de *Arcinella*.

Dentro de la subfacies 2e se identificaron, también, pequeñas colonias del gastrópodo fijosésil *Petalococonchus (Petalococonchus) sculpturatus*.

La distribución de estos bivalvos sigue el patrón "en manchas" que es típico de las especies tropicales. Estas a su vez son más especializadas que las de las zonas templadas (SPIGHT, 1977 en MAURER et al., 1984).

En base a los criterios bioestratinómicos expuestos, se reconocen sucesiones ecológicas. Estas implican las siguientes etapas:

*Etapa I:* Instalación de comunidades autóctonas que prosperaron bajo condiciones de moderadas tasas de sedimentación. Representan "native background communities", según el concepto de SEILACHER (1980):

- comunidad de angiospermas marinas - *Atrina* - decápodos
- comunidad de *Semele claytoni*
- comunidad de *Ventricolaria* cf. *V. blandiana*
- comunidad de *Pitar (Lamelliconcha) circinatus*
- comunidad de *Semele laevis costaricensis*
- comunidad de *Cardita matima*
- comunidad de *Arcinella arcinella arcinella*.

*Etapa II:* Sedimentación rápida y voluminosa de arenas predominantemente finas, representadas por la subfacies 2b.

*Etapa III:* Colonización por comunidades de bioturbadores, descritas en la subfacies 2a. Representan comunidades de oportunistas ("after-event-communities") sensu SEILACHER (1980).

Siguiendo lo sugerido por FÜRSICH (1984 : 82), una bioturbación muy intensa puede inhibir la colonización por moluscos (op.cit.: ... burrower(s) may have changed the properties of the sediment to such an extent as to successfully exclude colonization by other species ...). De ahí se puede explicar la casi ausencia de moluscos dentro de la subfacies 2b. La no existencia, dentro de la subfacies 2a, de comunidades de bioturbadores, puede resultar del hecho de que la tasa de sedimentación fue lo suficientemente alta como para superar incluso la capacidad de colonización de las especies oportunistas.

Al disminuir la tasa de sedimentación, se reinstalan las condiciones reinantes en la etapa I. Obviamente el factor controlante de la sucesión ecológica descrita es la tasa de sedimentación. En función de su envergadura y temporalidad, se originaron secuencias con las siguientes ciclicidades:

*Ciclo tipo A:* I - II - III - II - I

*Ciclo tipo B:* I - II - I - II

*Ciclo tipo C:* II - III - II - III.

El relevamiento detallado de campo permitió constatar la existencia de ciclos de orden superior que están constituidos por todas las alternancias posibles entre A, B y C.

En base a las consideraciones expuestas, el ambiente de deposición reúne las características que siguen:

- ámbito submareal
- estar fuera de los depocentros estuarinos (máximo de turbidez, barras longitudinales, barra exterior y delta estuarino)
- estar temporalmente dentro del alcance del "suspension fallout" procedente del citado delta estuarino
- poseer salinidades polihalinas a normal marinas, inferidas a partir de la variabilidad y dominancia faunística.

Estas características se correlacionan con ambientes de tipo estuario abierto.

### 3.3 FACIES 3: DEPOSITOS DE CANALES SUBMAREALES

Este tipo de facies abarca unos 80 m acumulativos dentro de la serie de Punta Judas. Se encuentra estratigráficamente asociado a las facies 1 y 2 (véase Fig. 2). Trátase esencialmente de areniscas finas, cuyo atributo común es una laminación provocada por micropalacios magnetíticos o por material volcanoclastico máfico, respectivamente. La laminación es marcadamente paralela; no se observan fenómenos de estratificación cruzada.

Dentro de esta unidad se pueden distinguir dos subfacies:

*Subfacies 3a:* Areniscas finas, milimétricamente laminadas, color verde grisáceo, cuya característica principal es la abundancia del icnofósil *Ophiomorpha nodosa*. Acumulaciones de moluscos son infrecuentes, mientras que persisten niveles de concreciones aisladas o interconectadas, con núcleos biogénicos sólidos (tests de moluscos, coprolitos, etc.).

*Subfacies 3b:* Areniscas finas, decimétricamente laminadas, color gris oscuro. *Ophiomorpha nodosa* es menos frecuente; disminuyen a un mínimo las acumulaciones de moluscos. Trazas del tipo *Thalassinoides* se encuentran esporádicamente. Abundan, por otra parte, las concreciones, las que llegan a ser muy voluminosas (con diámetros de varios decímetros) y que están horizontal y verticalmente interconectadas. Por lo general, carecen de núcleos biotriticos. Su formación fue inducida por la putrefacción de materia orgánica irregularmente dispersada.

En cuanto a la interpretación paleoambiental, el hecho más significativo es la selección por transporte que se manifiesta en la presencia de los micropalacios. La marcada laminación paralela, y la ausencia de estratificación cruzada, sugieren un ambiente de canales submareales, pues en estos tiene lugar la circulación estuarina profunda. Las periodicidades circulatorias cortas se expresan por la laminación; mayores aportes, no periódicos, procedentes del estuario interno, se manifiestan a través de los niveles con concreciones.

La subfacies 3a traduce condiciones de equilibrio entre aporte, resuspensión y depositación definitiva, lo cual admitió una colonización permanente por calianásidos, los que originaron al ichnofósil *Ophiomorpha nodosa*. La subfacies 3b, por el contrario, refleja fases de aporte terrígeno predominante, a lo largo de las cuales se impidió la colonización por organismos endobentónicos.

### 3.4 FACIES 4: DEPOSITOS DE ESTUARIO ABIERTO, CON NUMEROSAS INTERCALACIONES TEMPESTITICAS BIOCLASTICAS Y ARENOSAS

Esta secuencia ocupa unos 120 m del espesor total del afloramiento de Punta Judas. Se extiende entre los horizontes 997 y 1307. Sobreyace a un conjunto de 550 m compuesto por las facies submareales previamente descritas (véase Fig. 2). Litológicamente, se la puede subdividir en dos intervalos: el de 997 a 1194, que tiene muchas similitudes con la facies 2, así como el de 1194 a 1307, a lo largo del cual se observan numerosas intercalaciones arenosas que documentan un ambiente cada vez más somero. El fenómeno más característico de este intervalo es la intercalación progresiva de tempestitas, reconocibles tanto por medio de métodos paleoecológicos como por criterios sedimentológicos.

#### Intervalo de 997 a 1194 (subfacies 4a)

Básicamente, este intervalo se compone de los mismos tipos de depósitos que caracterizan a la facies 2: areniscas finas, grisáceas, deslaminadas por bioturbación; areniscas finas a medias, verde grisáceas, pobremente bioturbadas; niveles formados por concreciones, así como otros de acumulaciones de tests de moluscos parautóctonos. La distribución del elemento arenoso macizo, pobremente bioturbado, exhibe una marcada tendencia "thinning upward", pasando de unidades decamétricas, en la parte inferior, a unidades

métricas en la parte superior. En concomitancia, aumenta el número de intercalaciones concrecionales y biodetríticas. Sin embargo, la principal diferencia en lo referente a la facies 2 es la siguiente:

- a) Dentro de las asociaciones de moluscos, *Chione (Chionopsis) cf. Ch. walli* es la forma más frecuente.
- b) Existen intercalaciones tempestíticas procedentes de un ambiente mesohalino, caracterizados por *Anadara (Scapharca) inaequilateralis*.

Dentro de esta subfacies, los macrofósiles se concentran en "niveles" o tafocenosis autóctonas y parautóctonas. A los efectos de su evaluación paleoecológica se utilizan métodos generales no ligados a la aparición de determinadas especies, ya que el método actuoecológico solo puede ser directamente aplicado al 13% de las especies identificadas, que poseen la característica de ser subfósiles.

Para la cuantificación se utilizó un método basado en la *variabilidad faunística* y la *dominancia faunística*. Ambos conceptos han sido utilizados por WALTON (1964) para la evaluación ecológica y paleoecológica de asociaciones de foraminíferos. Aquí se aplican a asociaciones de moluscos, pues presentan la ventaja de adaptarse muy bien a relevamientos de campo, en los que frecuentemente la identificación se basa en cortes orientados al azar de superficie de los moluscos. Además, no requieren de los amplios muestreos necesarios para aplicar índices de diversidad (cf. DODD & STANTON, 1981: 390; STANTON, 1979).

La *variabilidad faunística* sensu WALTON, se define, en su forma más simple, por el número de especies halladas en una población, y por extensión en una tafocenosis, sea por conteo o estimación. Estudios actuoecológicos sobre foraminíferos, que pueden ser extrapolados a moluscos, indican que un descenso en el número de especies señala una aproximación a condiciones marginales marinas.

La *dominancia faunística* es otra característica inespecífica de las poblaciones, y se define por el porcentaje de ocurrencia de la especie más común dentro de una población. WALTON indica que la dominancia faunística es inversamente proporcional a la variabilidad faunística. Con la aproximación a la ribera, la dominancia faunística, o el porcentaje de ocurrencia de la especie dominante, aumenta (compárese también FÜRSICH, 1981 y FÜRSICH & KAUFFMAN, 1984).

El intervalo en cuestión presenta al menos 28 tafocenosis isotópicas identificadas a partir de bivalvos en posición de crecimiento. Todos presentan una variabilidad faunística baja y muy baja, comprendida entre 1 y 4 especies de bivalvos y 0 a 3 de gastrópodos, prevaleciendo valores de 1 y 2 especies. Al comparar estos valores de la variabilidad con los datos aportados por PARKER (1955, 1956, 1959) para asociaciones de moluscos de ambientes marginal marinos del Presente, se concluye igualmente que los niveles autóctonos corresponden a ámbitos de sedimentación de este tipo.

Los datos que proporciona la dominancia faunística para los bivalvos son igualmente coherentes con los anteriores, pues existen niveles en que ésta alcanza casi el 100%. Básicamente los bivalvos ocupan el segundo nivel de las redes alimenticias, sean especies suspensívoras o sedimentívoras (DODD & STANTON, 1981). Los gastrópodos no son evaluables por presentarse, en las tafocenosis estudiadas, con densidades mucho más reducidas por tratarse, en su mayoría, de formas carnívoras de niveles tróficos superiores de las redes alimenticias.

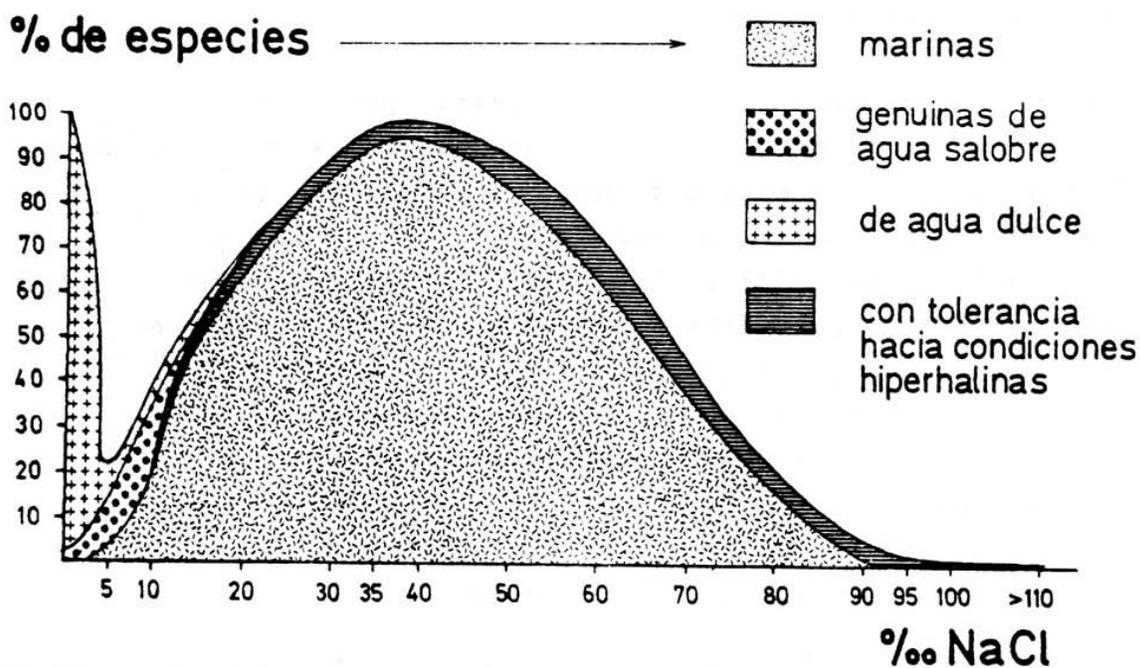
Las tafocenosis autóctonas identificadas en los 28 niveles citados, se encuentran separadas verticalmente por espacios decimétricos a métricos carentes de macrofauna o con fósiles aislados, entre ellos *Tagelus cebus*. Las especies dominantes en los distintos niveles son:

*Chione (Chionopsis) cf. Ch. walli*  
*Tellina cf. T. dariena*  
*Tellina (Eurytellina) costaricana*  
*Semele claytoni couvensis*  
*Semele laevis costaricensis*  
*Cardita matima*  
*Ventricolaria cf. V. blandiana*  
*Atrina (Servatrina) aff. A. serrata.*

Las 5 últimas especies ya han sido reportadas y evaluadas en la subfacies 2e, mientras que la primera es estudiada dentro de esta misma facies. *Tellina* es un género que presenta especies sedimentívoros que habitan diversos ambientes actuales someros submareales marginal marinos, generalmente exentos de vegetación; también existen especies intermareales (STANLEY, 1970). Existen varias especies euryhalinas (GREEN, 1968; PARKER, 1955, 1956, 1959) *Tellina* e incluso *Tellina (Eurytellina)* se encuentran en diversos ámbitos de características similares en el litoral pacífico como, por ejemplo, en el Golfo de Fonseca, Corinto, Puerto Parker, Bahía Culebra, Bahía Ballena, Golfo de Nicoya, Golfo Dulce, y el Golfo de Chiriquí (HERTLEIN & STRONG, 1949a; VARGAS et al., en prensa). *Tagelus* presenta numerosas especies intermareales y euryhalinas (PARKER, 1955, 1956, 1959; STANLEY, 1970). Posee varias especies en el Presente del litoral pacífico con una distribución similar a la indicada para *Tellina* (HERTLEIN & STRONG, 1950; VARGAS et al., en prensa). La identificación de *Tagelus cehus* en posición de crecimiento en el nivel 1089 adquiere relevancia pues podría indicar condiciones intermareales de depositación. En algunos niveles, *Ventricolaria cf. V. blandiana* se orienta según dos sistemas hidrodinámicos, lo que permite inferir la existencia de regímenes circulatorios estuarinos diferentes.

Los datos actuaecológicos aportados indican inequívocamente que los géneros y/o especies citadas son moradores de diferentes ambientes marginal marinos. El principal factor abiótico limitante en estos ámbitos es la salinidad, y los citados taxa son o poseen, efectivamente, representantes euryhalinos.

Los datos presentados — en particular la variabilidad faunística — pueden a su vez ser evaluados en función de la curva de REMANE (1934, 1940, 1963, 1971; véase Fig. 3). Esta curva establece una relación entre el número de especies, o variabilidad faunística, y la salinidad.



0,5 - 3‰	: β - oligohalino	3 - 5‰	: α - oligohalino
5 - 10‰	: β - mesohalino	10 - 18‰	: α - mesohalino
18 - 30‰	: polyhalino	30 - 40‰	: euhalino
40 - 95‰	: hiperhalino	>95‰	: ultrahalino

**Fig. 3:** Curva de REMANE, modificada según la interpretación de McLUSKY (1971); redibujada.

nística, y la salinidad del agua. Al decrecer la salinidad hacia el interior del estuario el número de especies desciende. Con salinidades de 18<sup>o</sup>/oo sobreviven aproximadamente la mitad de las especies marinas. Los organismos límnicos ya son muy escasos al alcanzar la salinidad un valor de 3<sup>o</sup>/oo. El mínimo de especies se encuentra en el rango de salinidad de 5 a 8<sup>o</sup>/oo (REMANE, 1934), 5 a 7<sup>o</sup>/oo (REMANE, 1963, 1971), 4 a 6<sup>o</sup>/oo (HILTERMANN, 1963) o 5<sup>o</sup>/oo (McLUSKY, 1971; PERKINS, 1974). La asimetría de la curva de REMANE se origina en el hecho, de que las especies dulceacuicolas reaccionan con mucho mayor mortalidad al incremento de la salinidad del agua, de lo que lo hacen las especies marinas frente a un descenso de la misma.

Las aguas salobres están caracterizadas por la presencia de algunas especies que adquieren su mayor abundancia — o dominancia faunística — en este ambiente y que han sido designados como *especies genuinas de aguas salobres* o *especies estuarinas* (HILTERMANN, 1963; REMANE, 1934, 1940, 1963, 1971). Generalmente estas especies pertenecen a géneros que se encuentran en ambientes marinos, con unas pocas que tienen su origen en medios límnicos. REMANE (1934) define como especies genuinas de aguas salobres a aquellas que abundan en aguas salobres, y que solo se encuentran ocasionalmente en medios normal marinos o límnicos. Con frecuencia existen grandes dificultades para determinar si una especie pertenece a esta categoría o si es una forma euryhalina.

Si se analizan los datos sobre la variabilidad faunística y la curva de REMANE, y considerando que entre los taxa indicados supra no existe ninguno de origen límnic, se deduce que las asociaciones indican el predominio de salinidades del polyhalino ? del mesohalino  $\alpha$  (= pliomsohalino).

Además de las citadas, existen tafocenosis parautóctonas (o alotópicas afectadas por corto transporte) de naturaleza tempestítica. Se caracterizan por el hecho de que la mayoría de los bivalvos se encuentran desarticulados, aunque existen especímenes articulados e incluso valvas conjugadas, lo cual atestigua el transporte desde una fuente cercana. Existen especímenes de diversas dimensiones, lo cual descarta un sorteo por tamaños. Por el contrario, existen evidencias de sorteo por separación derecha-izquierda (cf. DODD & STANTON, 1981). Este fenómeno se documenta por la presencia de gran cantidad de valvas izquierdas de *Cardita matima* en el nivel 1109.

La presencia de un régimen energético alto se infiere además por el alto porcentaje de valvas fragmentadas, y desarticuladas. Estas se presentan generalmente en su posición estable, es decir con su convexidad hacia arriba, o cara externa hacia el techo, lo que igualmente es indicativo de un régimen sostenido (cf. FUTTERER 1978). Sin embargo, en algunos casos, como en el nivel 1011, existen numerosas valvas con su concavidad hacia arriba, indicando corrientes moderadas. Incluso pueden presentarse acumulaciones de tipo bolsón. La alternancia de niveles parautóctonos de diversa energía con niveles autóctonos probablemente atestigua eventos raros o excepcionales.

En relación con las especies dominantes, existen 2 tipos de niveles tempestíticos:

- a) El que presenta a *Anadara (Scapharca) inaequilateralis* como especie dominante.

Como ejemplo se puede citar al horizonte guía 1130 (véase Fig. 2). Constituye una verdadera lumaquela, con las valvas soportadas entre sí, litificadas por cementos calcáreos. Dominancia faunística 98%; además existen valvas de *Cardita matima* y de *Glycymeris canalis*, así como tests de *Conus (Lenticonus) aranozonatus?* y de *Oliva cylindrica*. El 5% de las valvas

se presentan conjugadas, las desarticuladas en su mayoría con la convexidad hacia abajo; localmente en la base existen bolsones, todo lo permite deducir una depositación en régimen energético moderado y, por ende, transporte desde una fuente cercana.

*Anadara (Scapharca) inaequilateralis* reúne las condiciones para ser considerada como una especie genuina de aguas salobres. La alta densidad de empaquetamiento de la lumquela indica la existencia de alta densidad de población. Además, las valvas se presentan bien gruesas, indicando ambos factores de que la especie alcanzó tasas de crecimiento óptimo. Por otra parte, la especie *no* ha sido hallada en otros niveles. Por lo expuesto, se considera que esta lumaquela y otras similares, representa una intercalación procedente de un ambiente con una salinidad correspondiente al mesohalino, o sea, con valores mínimos de hasta 12 a 15<sup>o</sup>/oo.

La hipótesis sustentada queda apoyada por el hecho de que especies vivientes de *Anadara* colonizan ambientes intermareales y submareales (STANLEY, 1970). Asimismo existen especies que toleran amplias fluctuaciones de la salinidad (PARKER, 1955, 1956, 1959). Por otra parte, actualmente existen especies de *Anadara (Scapharca)* en Bahía Ballena, Golfo de Nicoya y Golfo de Chiriquí (HERTLEIN & STRONG, 1943).

- b) Niveles tempestíticos con *Chione (Chionopsis)* cf. *Ch. walli* como especie dominante.

En estos niveles la dominancia específica puede llegar al 95% (por ejemplo, en 1126 - 1127). Gran cantidad de valvas concentradas en niveles soportadas por matriz, sin constituir lumaquelas; diversidad faunística media de bivalvos (2 a 3), la de los gastrópodos igualmente (2 a 3). Probablemente, *Chione (Chionopsis)* cf. *Ch. walli* no constituya una especie genuina de aguas salobres, sino una euryhalina de alta tolerancia, pudiendo llegar a colonizar presumiblemente hasta el  $\alpha$  mesohalino alto. En los niveles parautóctonos presenta valvas delgadas y el nivel de empaquetamiento de esta especie es menor que el de *Anadara (Scapharca) inaequilateralis*. Además esta interpretación se ve reforzada por el hecho de que *Chione (Chionopsis)* cf. *Ch. walli* pueda constituir niveles autóctonos, de acuerdo a lo indicado precedentemente (por ejemplo, nivel 1079), a veces formando incluso agrupamientos en posición de vida (nivel 1000), o asociada a lechos de concreciones (nivel 1032). También se encuentra en la facies 2 de estuario abierto (nivel 827).

Asimismo en los niveles autóctonos, o isotópicos, las valvas de *Chione (Chionopsis)* cf. *Ch. walli* presentan mayor tamaño medio y, por ende, son más gruesas que lo verificado en las acumulaciones tempestíticas. Esto indica inequívocamente que el climax de la especie se presenta en el polyhalino, lo cual refuerza la interpretación de que se trata de una especie euryhalina de alta tolerancia a los cambios de salinidad. Al igual que *Anadara*, *Chione* presenta especies vivientes intermareales y submareales someras, euryhalinas (PARKER 1955, 1959; STANLEY, 1970). Por otra parte, representantes actuales de *Chione (Chionopsis)* han sido hallados en diferentes localidades de litoral del Pacífico (Corinto, Golfito, Golfo Dulce, Chiriquí; cf. HERTLEIN & STRONG, 1948).

Intervalo de 1194 a 1307 (Subfacies 4b)

Sedimentológicamente, este intervalo está caracterizado por la intercalación cada vez más frecuente de areniscas los que, en base de los criterios suministrados por ALLEN (1984b: 496 - 505), pueden ser consideradas en algunos casos como tempestitas.

En su base, con frecuencia, exponen acumulaciones parautoctonas de tests de moluscos, mientras que el resto del banco se compone de areniscas predominantemente finas, que demuestran una laminación cruzada a bajo ángulo a la que frecuentemente se interfieren "wave- and wave-current ripples". Según ALLEN (1984a: 425) estas estructuras se encuentran abundantemente en sedimentos de plataforma interior a profundidades moderadas de menos de 25 m.

La secuencia se organiza de forma tal que estas unidades, de espesores promedios decimétricos, se suceden (o "se amalgaman") entre sí, o se alternan con intercalaciones métricas, formadas por limolitas, de color gris verdoso oscuro, que se debe a un contenido elevado en materia orgánica dispersada. Frecuentemente exhiben una laminación irregular con tendencia a la lenticularidad.

Estas alternancias pueden ser consideradas como *secuencia con "hummocky cross-stratification"* sensu DOTT & BOURGEOIS (1983), SWIFT et al. (1983) y WALKER et al. (1983). Según estos autores, la "hummocky cross-stratification" es generada por olas tempestuosas; su ámbito de formación se sitúa entre "fairweather wave base" y "storm wave base" (véase también WALKER 1984: 148, 154). Por consiguiente, habrá que inferir que el estuario en cuestión estuvo lo suficientemente abierto y profundo como para admitir la penetración de olas tempestuosas.

En lo que a los niveles biodetríticos se refiere, se observa una disminución de la dominancia faunística de *Chione (Chionopsis)* cf. *Ch. walli*, con respecto al intervalo 997 - 1194. Sin embargo, no se enriquece la variabilidad faunística.

Esta alcanza valores de hasta 5 para los bivalvos y 4 para los gastrópodos. Hacia el techo del presente intervalo aparecen nuevamente niveles con asociaciones de bivalvos autóctonos, dominados por *Ventricolaria* cf. *V. blandiana*, *Chione (Chionopsis)* cf. *Ch. walli* y *Mactrellonia clisia*, respectivamente (1265, 1306).

Hacia las partes más altas de este intervalo, se observan las primeras intercalaciones de areniscas que contienen estructuras

que resultaron de ripples migratorios de pequeño tamaño ("small-scale trough cross-lamination"). Evidencian una somerización ("shoaling") hacia un ambiente situado por encima de la "fair-weather wave base", o sea, hacia el ámbito intermareal bajo.

#### 4. LAS PRINCIPALES LITOFACIES INTERMAREALES

##### 4.1 FACIES 5: DEPOSITOS DEL INTERMAREAL BAJO

Según REINECK & SINGH (1980) y KLEIN (1985), la parte inferior de la zona intermareal se caracteriza por la predominancia de arenas finas y medias. Entre las estructuras, abundan las generadas por ripples y barras de canales de marea, o combinaciones de éstas, siguiendo las condiciones hidrodinámicas del medio. En Punta Judas, unos 180 m acumulativos corresponden a este tipo de facies. Predominan areniscas finas a medias, grisáceas, organizadas en bancos decimétricos a métricos, edificando cuerpos relativamente homogéneos decamétricos, o intercalándose con unidades métricas de la facies 7 (depósitos de manglar). Las principales características a nivel de banco son:

- espesores decimétricos a métricos, que se mantienen uniformes por largas distancias
- sorteo muy bueno dentro de los diferentes bancos
- a pesar de un buen sorteo, presentan laminaciones milimétricas originadas a partir de microplaceros
- diversidad faunística muy baja; sólo se identifica el ichnofósil *Ophiomorpha nodosa*, el cual se encuentra abundantemente. La ocurrencia de moluscos está restringida a ocasionales acumulaciones alóctonas, lentiformes, que pueden ser consideradas como "shell lag concentrates".

Las principales características de la estructuración interna son:

- "trough cross-stratification" a escala pequeña y media, atribuible a la migración de "cusate ripples"

estratificación cruzada tabular a escala media, atribuible a la migración de "sand sheets "

"sinusoidal ripple lamination" y "type B ripple-drift cross-lamination" sensu JOPLING & WALKER (1968). Según estos autores, indican predominancia de transporte en suspensión o equilibrio entre transporte en suspensión y transporte tractivo ("bed load"), respectivamente

"tidal bundles", producidos, según TERWINDT (1981), dentro de canales de marea bajo los efectos hidrodinámicos diferenciales de la marea predominante y la marea subordinada. En el caso de una marcada asimetría de la onda mareal, la marea predominante provoca la progradación de una barra arenosa dentro del canal de marea, mientras que la marea subordinada no modifica sustancialmente al conjunto previamente depositado.

La progradación durante la marea predominante es documentada por "foresets" que reflejan los estadios de reactivación, "full vortex" y relajación ("slackening"). Estos foresets terminan en "toesets" muy elongados.

Los efectos producidos por la marea subordinada están documentados, por lo general, por pequeños ripples que se sobreponen a los foresets, así como por un delgado lecho arenoso, depositado a la altura de los toesets, que es infra y sobreyacido por "mud drapes", los que a su vez representan los puntos muertos de marea alta y baja, respectivamente.

El espesor de los foresets progradantes es una función de la intensidad de las mareas. De acuerdo a esto, está sometido a 2 tipos de modificaciones:

- a) ciclo bidiurno: en posición hacia la luna, la marea es más amplia y, por consiguiente, se produce un foreset más grueso; en la posición opuesta a la luna, se produce un foreset menos grueso
- b) ciclo lunar: durante el periodo de la marea de cuadratura ("neap tide") el espesor promedio de los foresets es considerablemente más bajo que durante el periodo de la marea de sicigias ("spring tide"). De este modo, un conjunto de 28 tidal bundles con tendencia creciente y 28 tidal bundles con tendencia decreciente compone un ciclo lunar completo.

En Punta Judas, estos conjuntos se sobreponen normalmente en forma de "overriding sets", aunque en algunos casos también se observan "descending sets". Según BOERSMA & TERWINDT (1981), el predominio de los overriding sets indicaría que el suministro en sedimento superaba la erosión subsiguiente. A su vez, esto corrobora una marcada asimetría en las corrientes, la cual es típica de los "tidal basins" en ambientes estuarinos. El régimen hidráulico del tidal basin aquí considerado era claramente "ebb-dominated", es decir, que la marea predominante era la marea vaciante

"storm layers": en determinados niveles (1315, 1386), se observan fenómenos sedimentológicos y etológicos que representan una clara respuesta del subsuelo a altas tasas de recubrimiento espontáneo: deformaciones convolutas y trazas de fuga rectilíneas originadas por calianásidos.

Estos especímenes proceden del retrabajado de un "pavimento" situado originalmente en la zona de rompiente principal de las olas (SEILACHER, 1979). Por ende indica la situación aproximada de la ribera. La lumaquela está, además, constituida por bivalvos de los géneros *Pecten*, *Arca*, *Semele*, *Conchula*, *Anadara*, *Tellina*, *Anomia*, *Papyridea*, el gastrópodo *Polystira*, balanídeos y dientes de tiburón. Es muy probable que este depósito represente un "shell lag concentrate" atribuible a un canal de playa (compárense cap. 4.2, 4.6 y 5.3).

En cuanto a la paleoecología, adquieren particular importancia los siguientes hechos:

- Únicamente abunda el ichnofósil *Ophiomorpha nodosa*. Este se presenta frecuentemente bifurcado y decapitado. Siempre falta su parte superior en forma de tubo constreñido y delicado (cf. HOWARD, 1978). Ello es indicativo de altas velocidades de erosión - subsecuentes a una depositación rápida - la cual impide la formación de estructuras de alojamiento y abandono, preservadas éstas en regímenes menos energéticos
- en el nivel 2340 (véase Fig. 2) ha sido identificada una lumaquela caracterizada por una acumulación inusual de *Mellita* sp. (dólar o galleta de mar).

#### 4.2 FACIES 6: DEPOSITOS INTERMAREALES RELACIONADOS CON LA DESEMBOCADURA DE UN RIO CON CARGA GUIJARROSA

Estos depósitos se encuentran en 6 unidades, las que totalizan 60 m de espesor. Los criterios para reconocer su ambiente de sedimentación son esencialmente sedimentológicos, ya que el contenido en macrofósiles es muy bajo. Se caracterizan por la predominancia de granulometrías muy gruesas, las que normalmente no son compatibles con las halladas en llanuras de marea. En base de observaciones efectuadas por uno de los autores (H.S.) en playas adyacentes a desembocaduras de ríos que aportan materiales muy gruesos hacia un ambiente arenoso (Río Barranca al Golfo de Nicoya; Río Ciaro a la Península de Osa; véase Fig. 1), se infiere que la facies 6 se relaciona con desembocaduras de naturaleza similar. Es posible diferenciar entre 2 subfacies:

Subfacies 6a

El material que constituye esta subfacies es una arena gruesa a muy gruesa, así como gravilla. Está organizado en bancos decimétricos, compuestos por unidades con "trough cross-stratification", con extensiones laterales métricas, separadas entre sí por discordancias erosivas netas. Por lo general, los foresets terminan en toesets, lo cual, según JOPLING (1965), indica elevadas velocidades de flujo. Las direcciones de transporte varían considerablemente. Esto conduce a la interpretación de que estos sedimentos se originaron en canales de marea, que vaivenearon a través de un área intermareal, en las proximidades de la desembocadura de un río que aportaba materiales guijarrosos.

Subfacies 6b

Esta subfacies constituye rellenos de depresiones rectilíneas de más de 500 m de longitud, unos 20 m de ancho y 2 m de profundidad. Estas depresiones pueden ser labradas de manera erosiva, dentro de un substrato formado por la subfacies 6a o por la facies 7 (véase Fig. 2).

Presentan foresets compuestos por material que grada desde grava (de 8 a 16 mm) hasta arena media, estando separados por "mud drapes" de color oscuro. La forma de los foresets es marcadamente sigmoidal; su espesor máximo - considerado a la mitad de la altura de los foresets - puede alcanzar los 2 decímetros. Por lo general están completamente fosilizados, incluyendo la preservación tanto de toesets como de topsets. Por lo tanto, tienen que ser considerados como *tidal bundles*. Esta interpretación queda corroborada por la presencia de abundantes tests de *Mellita* sp., muy bien preservados, dentro de los foresets de un canal de este tipo que aflora en el nivel 2310. Los del nivel 2440 contienen abundantes troncos de madera muy grandes, con diámetros de hasta 40 cm y longitudes de hasta 4 m, fuertemente perforados por "tarazas" (Terenidae).

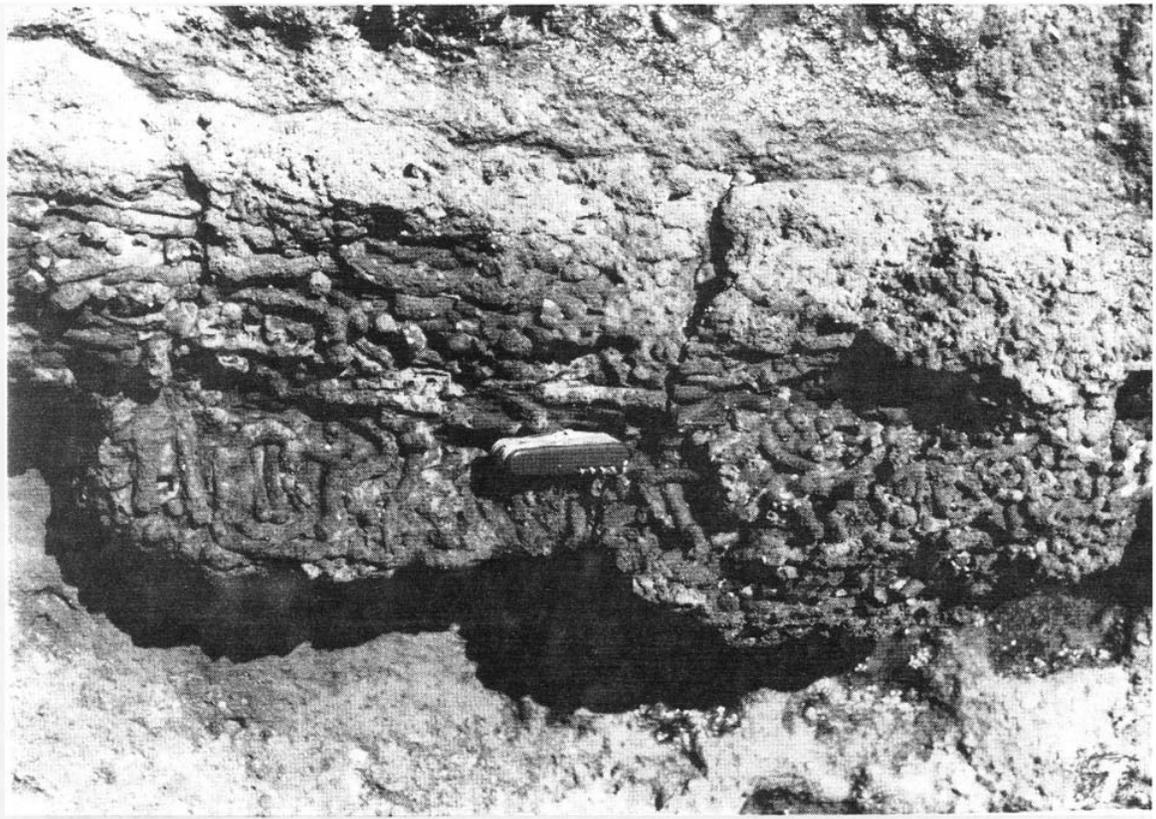
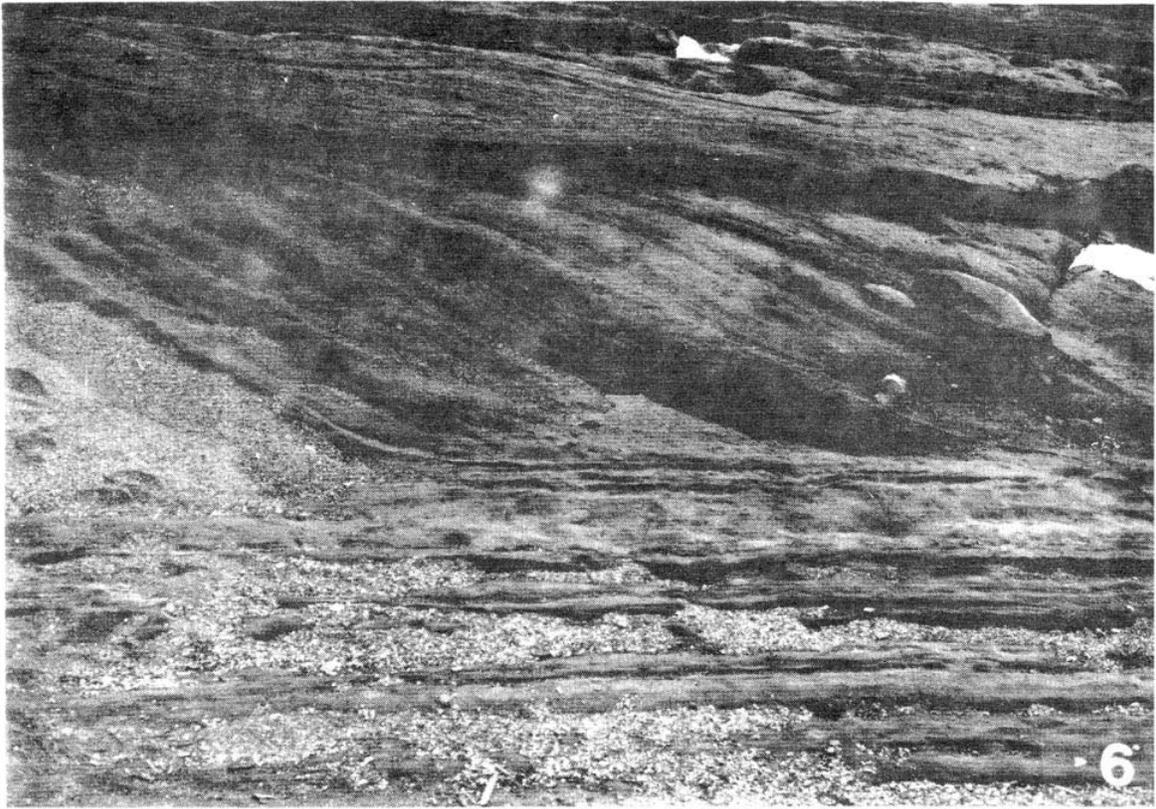
Teniendo en cuenta la progradación cíclica de los foresets, como respuesta a la actividad diferencial de las mareas, así como el trazado rectilíneo de esta progradación, se puede interpretar a este tipo de facies como un relleno de un canal paralelo a la playa, lugar de encauzamiento de corrientes longitudinales unidireccionales muy fuertes, aceleradas y desaceleradas por las mareas, siguiendo lo sugerido por BEETS et al. (1981). Al igual que en la subfacies 6a, se requiere de la desembocadura de un río con carga guijarrosa en las inmediaciones, el cual suministró los materiales tan gruesos.

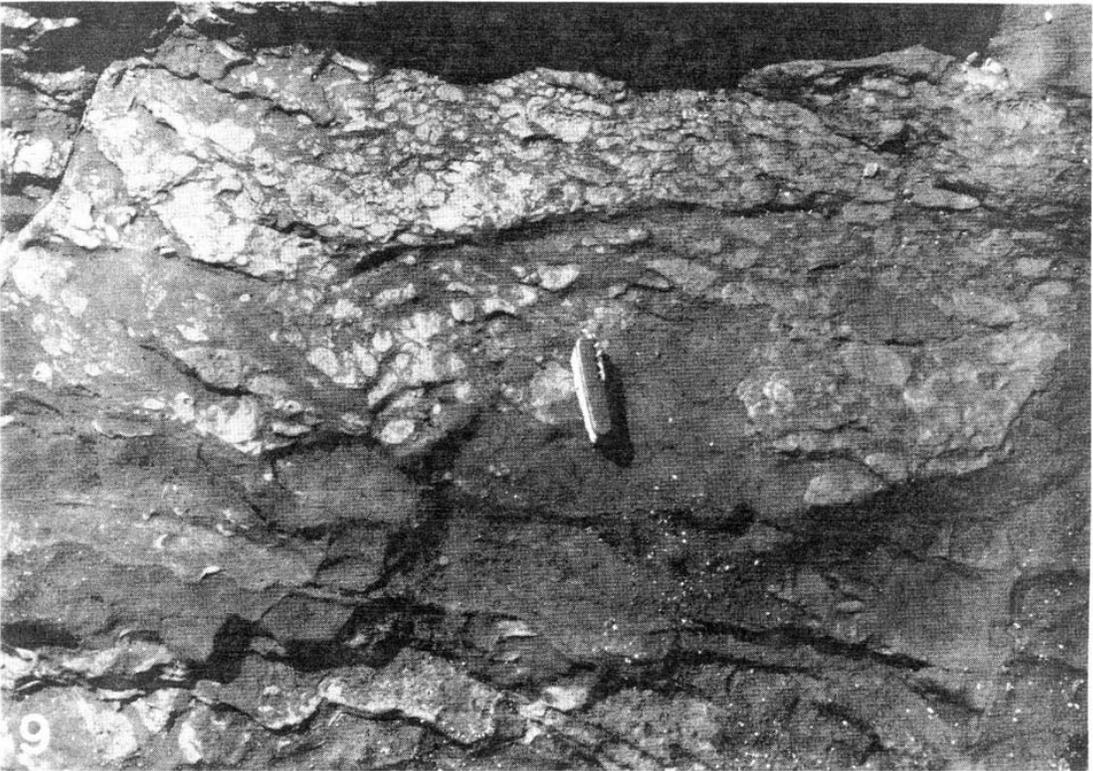
Una posible interpretación alternativa, de un relleno de canal del sistema fluvial alimentador principal del estuario interno (sistema potamal sensu SCHWERDT-FEGER, 1975), queda descartada por:

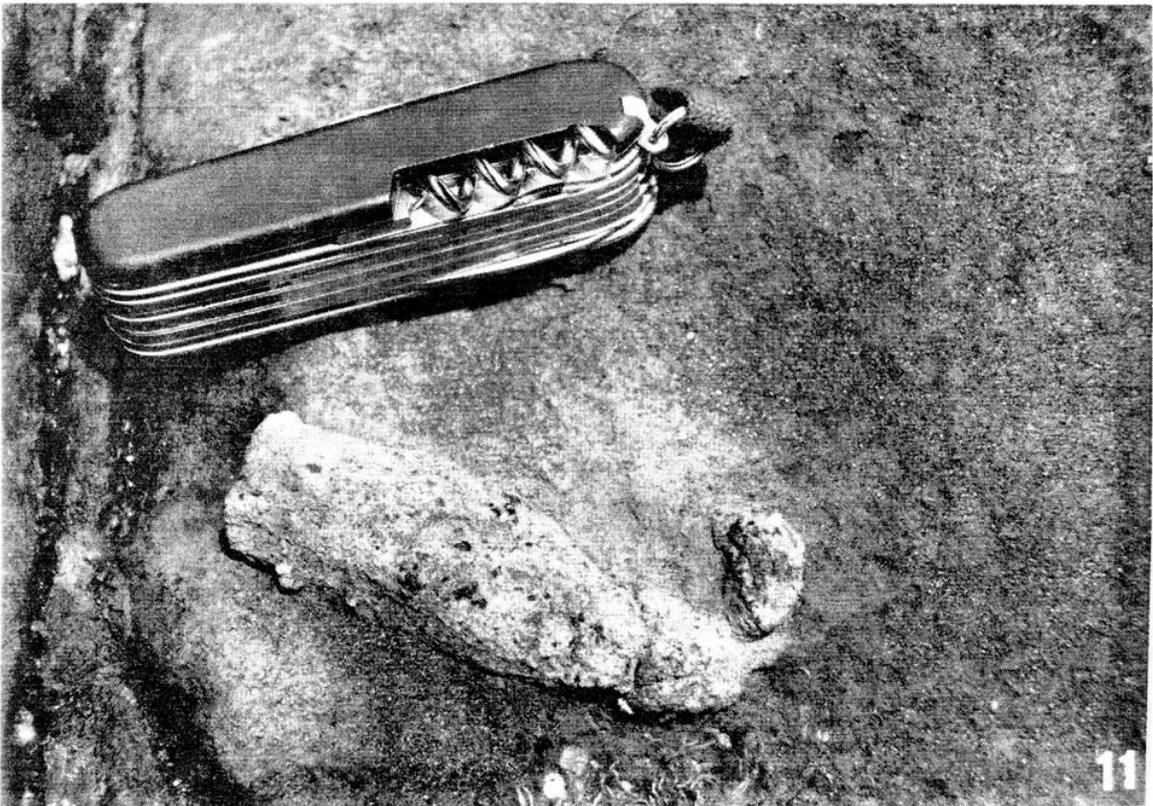
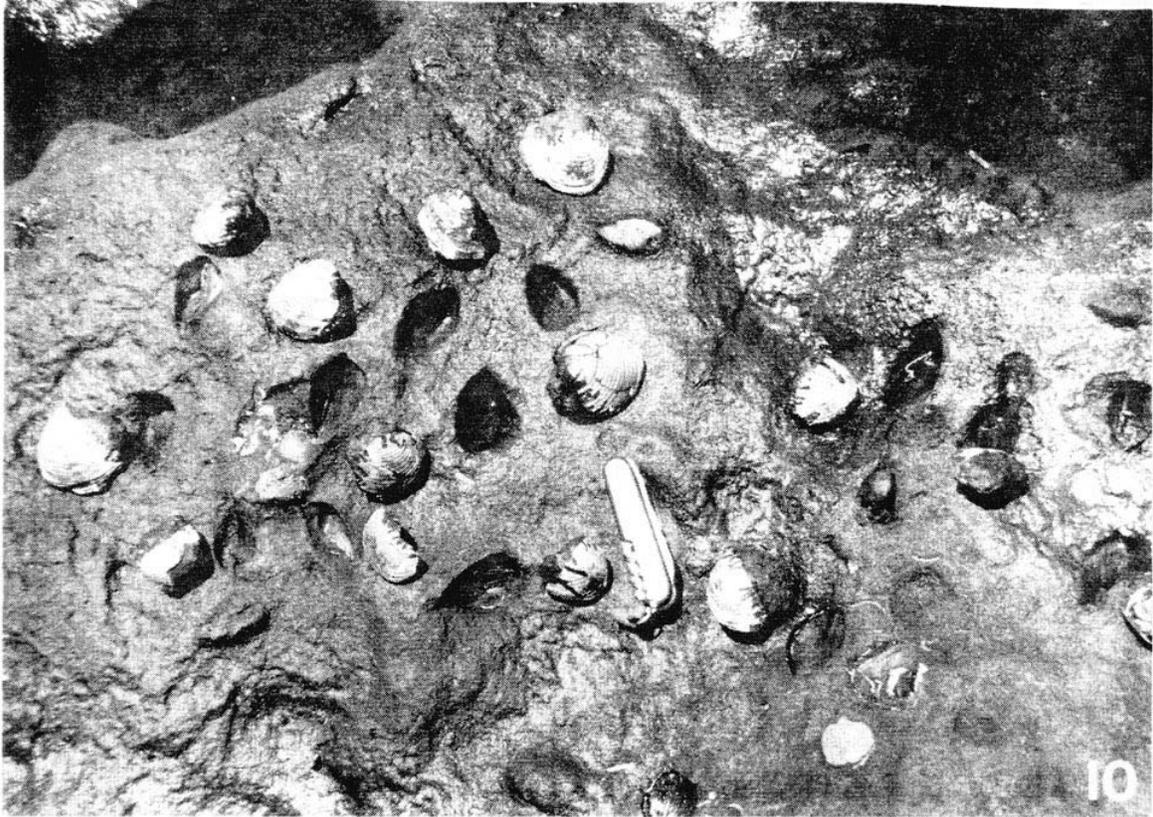
Explicaciones a las Figuras 4 - 11:

- Fig. 4: "Type B ripple-drift cross-lamination" (sensu JOPLING & WALKER, 1968), descrita en facies 5
- Fig. 5: Laminación convoluta y contorsionada originada en respuesta a una alta tasa de recubrimiento espontáneo, presente en facies 5
- Fig. 6: "Tidal bundles" dentro de un canal de marea paralelo a la costa descrito en subfacies 6b
- Fig. 7: Tronco de madera procedente del canal de playa expuesto en horizonte 2440, muy densamente perforado por "tarazas" (Terenidae). En la foto se visualizan casi exclusivamente los rellenos por arena media de los tubos de perforación
- Fig. 8: Rellenos, por arena media a gruesa, de madrigueras de *Uca*, dentro de los sedimentos finos de manglar (facies 7)
- Fig. 9: Intercalación tempestítica dentro de los depósitos de manglar (facies 7), reconocible en base a las acumulaciones de clastos de barro ("mud clasts")
- Fig. 10: Tafocenosis isotópica densa de *Semele claytoni* (facies 2, horizonte 1818). En este horizonte *Semele claytoni* posee una dominancia faunística de 100 %. Las especímenes han sido removidas para ilustrar que se hallan en posición de crecimiento dentro del substrato
- Fig. 11: Coprolito del horizonte 1690, típico de la facies 8.









- a) la marcada gradación de los foresets y su progradación unidireccional. En un sistema potamal influido por las mareas, las estructuras deberían ser bidireccionales. El régimen circulatorio estuarino asimétrico, por otra parte, admite la existencia de corrientes unidireccionales permanentes, tal como sucede en la costa oriental del Golfo de Nicoya. Allí son responsables de la formación de la "flecha" de Puntarenas, así como del desplazamiento continuo de guijarros procedentes de la desembocadura del Río Barranca
- b) las bajas velocidades de corriente en el sistema potamal, las que admiten el transporte de arena pero excluyen el de guijarros
- c) la existencia de abundantes tests de *Mellita* sp., muy bien preservados, cuyo ámbito de vida es la zona de rompiente (compárese cap. 4.1).

Por lo tanto, se infiere como ambiente de depositación un área intermareal próximo a la desembocadura de un río, que recorrió un tramo montañoso y penetró en el margen lateral del estuario.

#### 4.3 FACIES 7: DEPOSITOS DE MANGLAR (INTERMAREAL MEDIO Y SUPERIOR)

En Punta Judas se han identificado 120 m acumulativos de sedimentos que se interpretan como pertenecientes al ambiente de manglar. Estos depósitos se indentan, lateral y verticalmente, con las facies 5, 6 y 8, formando comúnmente alternancias métricas y, excepcionalmente, decamétricas. Los criterios para considerarlos como sedimentos de manglar son los siguientes:

- granulometría fina, formada esencialmente por limo y con un contenido variable en arcilla
- color verde grisáceo oscuro; alto contenido en detrito vegetal, preservándose incluso frondas carbonizadas de mangles
- laminación milimétrica, irregularmente ondulada, con intercalaciones nodulosas calcáreas mal delimitadas
- intercalaciones centimétricas a decimétricas, irregularmente estratificadas, de arena media a gruesa, que representan depósitos tempestíticos

- rellenos, formados por arena media a gruesa, de madrigueras con diámetros promediales de 2 a 3 cm, atribuibles en su mayoría a la acción de cangrejos anfibios Decapoda como, por ejemplo, las producidas por *Uca*
- intercalaciones decimétricas a métricas que representan una brecha resedimentaria ("reworking breccia") formada, en lo principal, por clastos de barro ("mud clasts")
- presencia de acumulaciones de detrito de tests muy delgados, atribuibles a *Semele* sp.. Dentro de las madrigueras de *Uca* se encuentran tests completos de la misma
- presencia de bivalvos grandes perforantes de fondos limosos atribuibles al género *Pholas* (cf. RÖDER, 1977).

Los criterios expuestos descartan de que se trate de un ambiente de manglar periférico, o supralitoral, sensu VILLALOBOS (1982). Coinciden más bien con las características típicas de la zona interlitoral media a superior, sensu KLEIN (1985).

#### 4.4 FACIES 8: DEPOSITOS DEL ESTUARIO INTERNO MESOHALINO

Como sedimentos generados a partir de un ambiente estuarino marginal, tipo "lagoon", se considera a un complejo de aproximadamente 30 m, formado por areniscas finas a medias, pobremente estratificadas, de color gris verdoso oscuro. Contienen grandes cantidades de pequeños tests del bivalvo *Corbula* (*Panamicorbula*) sp. los que pueden llegar a formar más de la mitad del volumen del sedimento.

En su gran mayoría son tests juveniles, y evidencian selección por tamaño. Pueden ser designadas como "capas de *Corbula* (*Panamicorbula*)" sensu LEWY & SAMTLEBEN (1979), quienes asimismo recapitulan el significado paleoecológico de los Corbulidae. Informaciones actuaecológicas proporcionadas por KEEN (1971: 268), documentan que el hábitat de *Corbula* (*Panamicorbula*) está constituido por fondos fangosos tipo manglar, o cercanos a la desembocadura de sistemas potamales.

La especie identificada en la facies 8 presenta una dominancia faunística de 100%, lo que hace que sea interpretada como una especie genuina de aguas salobres, cuyo óptimo probablemente se situaba en el  $\beta$ -mesohalino alto (= miomesohalino).

Esta interpretación queda reforzada por el hecho de que *Corbula* es un habitante frecuente de estos ámbitos. Por ejemplo, *Corbula inflata* es un componente de la asociación del manglar hipohalino (PARKER, 1964). HERTLEIN & STRONG (1950) refieren para el Presente la existencia de varios representantes de *Corbula* en ambientes marginal marinos del Pacífico de Centroamérica Meridional, incluyendo los del manglar, en el Golfo de Fonseca, Corinto, Puerto Parker, Bahía Culebra, Bahía Ballena, etc..

*Corbula* es un género inequivalvo. Esta peculiaridad morfológica ha sido explicada como una adaptación funcional a la vida en substrato fangoso, que permite aumentar la capacidad de expulsión de pellets (YONGE, 1946 en STANLEY, 1970: 77).

En la base de este complejo, existe además un horizonte guía (1690) muy rico en coprolitos. La mayoría de los coprolitos llega a tamaños muy grandes (4 a 15 cm), por lo que sólo pueden haber sido producidos por vertebrados de gran talla, como ser sirenios, cocodrilos y tortugas.

Además, se observan algunas intercalaciones de naturaleza tempestítica, reconocibles en base al sepultamiento alotópico de tests de *Mellita* sp., *Megapitaria* sp., *Chione* (*Chionopsis*) cf. *Ch. walli* y ostras.

#### 4.5 FACIES 9: DEPOSITOS DEL ESTUARIO INTERNO MODERADAMENTE HIPERHALINO

Esta facies está representada por un biostromo de verméticos. A lo largo de la serie de Punta Judas, las colonias del gastrópodo vermético fixosésil *Petalococonchus* (*Petalococonchus*) *sculpturatus* LEA (1843) se pueden presentar en dos configuraciones:

- a) dentro de la facies 2: constituyen pequeñas colonias, intercaladas dentro de la subfacies 2d, en la que se encuentran retrabajadas
- b) dentro de la facies 9: forman biostromos que alcanzan más de medio kilómetro de longitud y espesores máximos de 50 cm. Estos biostromos se sitúan en el muro y techo de la facies 8 (depósitos del estuario interno mesohalino).

Los tubos de *Petalococonchus (Petalococonchus) sculpturatus* forman pequeñas columnas romas o cúpulas de estructuración interna fascicular, dentro de una matriz pelmicrítica arenosa.

Los gastrópodos de la familia Vermetidae son indicadores ecológicos, pues la mayoría de las especies viven en la zona intermareal, y las restantes lo hacen en la zona situada justo por debajo del nivel más inferior de la marea baja (KEEN, 1961; MILLIMAN, 1974).

Se infiere que el crecimiento de *Petalococonchus (Petalococonchus) sculpturatus* se adaptó al espejo de sedimentación, pues no se observan epizoos colonizando a los tubos de verméticos, indicando que la especie vivía parcialmente enterrada en un substrato fangoso pelmicrítico.

Dentro del biostromo superior (horizonte guía 1758) se encuentran especies de bivalvos y gastrópodos de talla muy grande. No obstante, la diversidad faunística de los bivalvos es de 7, determinada en base a la presencia de *Atrina* sp., *Megapitaria* sp., *Solecurtus* sp., *Cardita* sp., *Tellina* sp., *Chione (Liophora)* sp. y *Pecten* sp.. Además se encuentran el gastrópodo *Conus* sp., clyperas-téridos, vértebras caudales de *Eusuchia* (cocodrilos) muy grandes, cóndilos articulares de huesos largos, dientes de tiburón y maxilares de tortugas.

Los tests de los moluscos, incluyendo a los de los verméticos, presentan una disolución selectiva del aragonito esqueletógeno, lo cual se interpreta como resultado de una lixiviación temprano-dia-genética por aguas meteóricas.

Evaluando los datos expuestos, se interpreta al ambiente de depositación de esta facies como el de un estuario interno modera-

damente hiperhalino o estuario negativo. La talla muy grande de los moluscos, que refleja una alta productividad bentónica, y los valores de la diversidad faunística de los bivalvos menores a los de ambientes normal marinos, son compatibles con los hallados en ámbitos hiperhalinos de la Laguna Madre de Texas (PARKER, 1959). Corresponden al lado derecho de la curva de REMANE, según la representación de McLUSKY (véase Fig. 3).

Por otra parte, lo corrobora la dominancia faunística de los verméticos que construyen los biostromos. También el hecho de que los verméticos no soportan caídas pronunciadas de la salinidad del agua (MILLIMAN, 1974).

Subsecuentemente a su depositación, este tipo de facies sufrió una emersión efímera, atestiguada por la disolución selectiva del aragonito, antes de ser recubierto por una espesa secuencia perteneciente a la facies 2 (véase Fig. 2; compárese cap. 5.3).

#### 4.6 FACIES 10: BEACHROCKS

Dentro de la serie de Punta Judas se encuentra en "beachrock" fósil (horizonte guía 2316) que forma parte de una secuencia en la que se suceden las siguientes facies (compárese Fig. 2):

7 - 6a - 6b - 5 - 10 (beachrock) - 5 - 6b .

Por lo tanto, el "beachrock" se encuentra enmarcado por sedimentos perilitorales. Sus características principales son:

- geometría irregular lenticular, constituida por un cuerpo de 100 m de extensión lateral por 1 m de espesor máximo
- sorteo muy malo, mezclándose materiales arenosos finos hasta bloques
- falta de estratificación o gradación interna

- ausencia total de selección entre constituyentes angulares y redondeados, así como entre tests enteros y fragmentados, o gruesos y finos, o esféricos (por ejemplo, *Malea camura*) y aplanados (por ejemplo, *Ostrea* sp. indet.)
- presencia de clastos "exóticos", ajenos al inventario común de la serie de Punta Judas, a saber de: guijarros de radiolarita, jaspe o andesita
- cementación completa de la porosidad por cementos carbonatados.

En vista a los criterios expuestos, se descarta una correlación con un ambiente de depositación tal como el de la facies 6b (canales de playa). Es más atinado asociar este depósito con un "beachrock", situado directamente en la desembocadura de un pequeño riachuelo, el que aportó los clastos "exóticos". Esta interpretación queda corroborada por:

- a) la presencia de cementos calcáreos: aragoníticos fibrosos y Mg-calcíticos micríticos (cf. FLÜGEL, 1982)
- b) el hecho de que la formación de "beachrocks" casi siempre se efectúa en el punto de conjunción entre las zonas de diagénesis vadosa, freática continental y de fondo marino (cf. PURSER, 1980; DALONGEVILLE & SANLAVILLE, 1984). En la costa pacífica de Costa Rica, los "beachrocks" actuales siempre están vinculados con desembocaduras de riachuelos hacia playas; además, es obvio que se forman en el subsuelo somero de aquéllas, o sea, en el límite entre zona vadosa, freática continental y la del fondo marino
- c) la asociación estratigráfica con sedimentos intermareales arenosos los que, incluso en este caso, presentan ripples de oscilación (nivel 2310) y acumulaciones parautoctonas de *Mellita* sp. (horizonte 2340; compárese cap. 4.1).

## 5. ANALISIS SECUENCIAL

### 5.1 ASPECTOS PETROGRAFICOS

Las areniscas de Punta Judas están principalmente compuestas por fragmentos de basalto (con un valor promedial de 48%), los que debido a su exposición a la meteorización tropical, se encuentran

## SEDIMENTOLOGIA Y PALEOECOLOGIA DE UN ESTUARIO

fuertemente alterados. Además de éstos, existen las siguientes clases de granos (valores promediales): pedernal (15%), plagioclasa (9%), feldespatos no identificables (7%), cuarzo (5%), glauconita (4%), clorita (3%), bioclastos (3%), muscovita (1%), piroxenos (1%), hornblenda (1%), matriz fina (3%). Por lo tanto, deben ser clasificadas como arenitas líticas. La textura demuestra normalmente soporte por granos. Se observa siempre una litificación temprano-diagenética muy rápida por cementos calcáreos, la que interrumpió la compactación en un estadio relativamente temprano, que corresponde a una porosidad de 31 % (porosidad inicial promedia de areniscas, según FÜCHTBAUER & MÜLLER, 1970: 40%).

Las variaciones composicionales entre los diferentes tipos de facies no son muy grandes. Sólo en la facies 3 se observa un contenido más alto en minerales opacos, con valores de aproximadamente 4%. En cuanto a las brechas y los conglomerados (facies 6 y 10), se nota un incremento considerable a favor de los clastos "exóticos" (radiolarita, caliza silíceas, andesita) los que totalizan, en la facies 10 (beachrocks), hasta valores de 20%.

Un hecho que merece una mención particular es la existencia, dentro de fábricas de abrigo, de material calcáreo *pelmicrítico*. Siguiendo lo sugerido por NICHOLS & BIGGS (1985: 149 - 151), el procesamiento biológico de la suspensión acuática es uno de los procesos sedimentarios importantes dentro de los estuarios actuales. Las tasas de biodepositación originadas a partir de excrementos (pellets) de bivalvos y tunicados, principalmente, pueden alcanzar valores de hasta 6 mm por año (HAVEN & MORALES, 1972 cit. en NICHOLS & BIGGS, 1985: 150). Estos pellets depositados, en un estuario mesotidal y abierto, como lo fue el del Mioceno Medio en consideración, tienen un potencial de preservación muy bajo. Fueron resuspendidos y reintegrados como *matriz* a las arenas. Allí

contribuyeron, mediante la *disolución y reprecipitación en forma de cementos calcáreos*, a la *litificación temprano-diagenética* de aquéllos. En los tipos de facies que se generaron en un ambiente protegido como, por ejemplo, el de la facies 9 (depósitos del estuario interno moderadamente hiperhalino), estos pellets se preservaron: de hecho el sedimento formado es una auténtica pelmicrita lítica. Dentro de las restantes facies, sobre todo en la facies 2 (depósitos del estuario abierto), el material pelmicrítico se encuentra preservado únicamente dentro de fábricas de abrigo, tales como valvas conjugadas, o como relleno de perforaciones de "tarazas" (Terenidae) en madera.

## 5.2 ASPECTOS GEOMETRICOS

La sección de Punta Judas es una secuencia *concordante* que no presenta discordancias notables. Es de suponer que, desde el punto de vista estructural, se depositó sobre un bloque que no **sufrió mayores basculamientos.**

En cuanto a la distribución de los espesores, cabe destacar que predomina la facies 1, con más de 400 m acumulativos sobre un total de 1300 m que tiene la sección. Puede formar paquetes uniformes que alcanzan espesores de hasta 100 m (véase Fig. 2). Las facies 2 y 3 se intercalan en unidades decamétricas dentro de la facies 1 predominante. El conjunto de las facies submareales, incluyendo a la facies 4, totaliza 800 m acumulativos.

Las facies intermareales (# 5 - 10) suman unos 700 m. No obstante, normalmente se disponen en alternancias decamétricas a métricas, formando secuencias mixtas, en concomitancia con la mayor inestabilidad del ambiente intermareal. Además, están interrumpidas por una intercalación submareal (1758 - 2180; véase Fig. 2).

### 5.3 ASPECTOS SECUENCIALES

Entre los 0 a 997 m, la sección de Punta Judas se compone únicamente de las facies 1, 2 y 3. Esto implica que el ambiente siempre se mantuvo dentro del área estuarina submareal. Predomina la influencia del depocentro deltaico estuarino, tanto dentro de la propia facies 1 como dentro de la facies 2 (estuario abierto). En esta última, se observa el desplazamiento de las "native background communities" del estuario abierto por las comunidades de oportunistas ("after-event-communities"), en respuesta a los episodios de mayor aporte terrígeno (véase subfacies 2e, cap. 3.2). La facies 3 representa a los canales submareales, a través de los cuales se efectuó la repartición de los materiales terrígenos, bajo la influencia del régimen circulatorio estuarino. Ocurre principalmente en la parte superior del intervalo en consideración, es decir, entre 510 y 997.

Por lo tanto, se puede deducir que, desde el punto de vista ambiental, el intervalo 0 - 153 refleja condiciones de estuario abierto. Más tarde (153 - 997), se verificó la aproximación del depocentro deltaico estuarino. Reestablecimientos intermitentes de condiciones de estuario abierto se reconocen a través de las frecuentes intercalaciones de las facies 2 o 3.

De 997 a 1307, la facies 4 reporta otra vez condiciones de estuario abierto. Sin embargo, la principal diferencia con respecto a los intervalos formados por la facies 2 constá en la presencia, dentro del intervalo 997 - 1194, de frecuentes intercalaciones de tempestitas bioclásticas, así como, dentro del intervalo 1194 - 1307 en la existencia de "hummocky cross-stratification". Esto indica que el fondo estuvo lo suficientemente somero como para documentar eventos tempestuosos.

De 1307 a 1393 documenta la facies 5 condiciones del intermareal bajo, de tipo llanura de marea, la cual estuvo recubierta por agua durante los dos tercios del período de cada ciclo mareal. Las estructuras sedimentarias pertinentes son, en lo principal, ripples y megaripples. En algunos niveles, se reconocen "tidal bundles". El desnivel, en proyección horizontal, entre los depósitos que corresponden al límite intermareal/submareal y los que corresponden al límite intermareal/supramareal, permite estimar la amplitud de las mareas existentes en el "tidal basin" de Punta Judas. De ahí resulta que el estuario en estudio era del tipo mesotidal, con un promedio de amplitudes cercanas a 3 - 4 m.

De 1393 a 1660, predominan las facies 6 y 7. El intervalo de 1393 a 1470 contiene exclusivamente alternancias de las subfacies 6a y 6b, lo que documenta un ambiente intermareal cercano a la desembocadura de un río, el que ingresó directamente desde una región montañosa. En el intervalo de 1470 a 1660 predominan los depósitos de manglar (facies 7); sin embargo, frecuentes intercalaciones métricas de la facies 6 implican influencias fluviales intermitentes.

Finalmente, el intervalo de 1660 a 1758 documenta la culminación de esta primera fase de progradación. Esto se infiere a partir de facies de aguas salobres (facies 8: estuario interno mesohalino), caracterizadas por una alta dominancia faunística de *Corbula* (*Panamicornbula*) sp., así como por la presencia de niveles ricos en coprolitos de gran tamaño, y en base a facies de aguas moderadamente hiperhalinas de estuario interno (facies 9). Se constituye así un estuario de tipo negativo. La culminación de esta fase de progradación, determinó la emersión efímera del biotromo de verméticos superior (horizonte 1758), ocasionando la disolución selectiva de todo el aragonito esqueletógeno. Este hecho es único dentro toda la sección pues, con la sola excepción del citado horizonte 1758, los moluscos se encuentran muy bien preservados.

En el intervalo de 1758 a 2180, se observa un retorno brusco hacia condiciones submareales traduciendo una transgresión. Se alternan, en espacios métricos a decamétricos, las facies 1 y 2. No obstante, existen diferencias marcadas con respecto al intervalo submareal de 0 a 997, que se manifiestan tanto por la ausencia de la facies 3, como por un espectro faunístico relativamente diferente de las asociaciones de moluscos en la facies 2.

En el intervalo de 0 a 997, las asociaciones autóctonas ("native background communities") de bivalvos están representadas por *Atrina (Serratina)* aff. *A. serrata* o por *Ventricolaria* cf. *V. blandiana* (tomando en consideración sólo las que presentan alta dominancia faunística). En el intervalo de 1758 a 2180, por lo contrario, sólo se verifica la presencia de niveles en que domina *Semele claytoni* (horizontes 1818 y 1860).

Con respecto a los gastrópodos se constata, igualmente, una diferencia: mientras que en el intervalo 0 - 997 predominan, relativamente, los géneros *Oliva*, *Architectonica*, *Northia (Northia)*, *Natica*, *Strombina*, *Conus*, *Phos (Antillophos)*, *Terebra* y *Prunum*, en el intervalo 1758 - 2180 lo hacen *Ficus*, *Turritella*, *Solenosteira*, *Malea* y *Latirus*. En base a la diferencia composicional de las asociaciones, se puede inferir que en el ambiente de depositación del intervalo 1758 - 2180 predominaron condiciones normal marinas, en tanto que en el de 0 - 997 se reconocen tendencias hacia condiciones hipohalinas. Esta interpretación es propuesta en base a la distribución de asociaciones de gastrópodos presentada por PARKER (1955, 1956, 1959, 1964). De esto se desprende que al menos *Architectonica*, *Oliva*, *Natica*, *Conus*, *Terebra* y *Prunum* poseen especies actuales euryhalinas. Por el contrario, PARKER no señala para los géneros de gastrópodos del intervalo 1758 - 2180 representantes actuales de tales características.

En lo que a la sedimentología se refiere, los dos intervalos no se diferencian notablemente. Las únicas características distintivas son:

- la ya mencionada presencia de la facies 3 dentro del intervalo 0 - 997 y su ausencia en el de 1758 - 2180
- la existencia de un nivel tempestítico a cantos de barro ("mud clasts") de retrabajamiento (horizonte 1920)
- un horizonte tempestítico caracterizado por un banco con abundantes trazas tipo *Thalassinoides* (2076), que indican obviamente una comunidad oportunista, seguido por uno que contiene una brecha de clypeastéridos (2078; compárese cap. 3.2).

En el intervalo de 2180 a 2610 se observa nuevamente una evolución regresiva, que se inicia por la facies 7 (2180 - 2241), se.

guida por alternancias métricas de las facies 6 y 5, con características muy similares a la secuencia del intervalo 1393 - 1470. No obstante, existe una diferencia, pues en este caso la facies 5 representa más bien un depósito de playa arenosa y no uno de llanura de marea inferior. Esta interpretación se funda en la presencia de ripples simétricos de oscilación, y de estratificación tabular, correlacionable con "swash bars". Esta unidad es seguida por un beachrock (facies 10, horizonte 2316), y es nuevamente sobrecubierta por arenas de playa que contienen la ya mencionada acumulación de *Mellita* sp. y de otros moluscos (horizonte 2340; véase cap. 4.1 y 4.6), la cual se asocia a un "shell lag concentrate" perteneciente a un canal de playa. Con esta secuencia, se documenta el rápido acercamiento de una playa arenosa, intersectada por las desembocaduras de pequeños riachuelos, procedentes de un área montañosa, que alimentaron tanto a los canales de playa mencionados, como a los beachrocks con materiales gruesos y "exóticos". El resto de este intervalo, de 2340 a 2610, contiene nuevamente arenas intermareales. Por presentar un buzamiento muy bajo de sólo 8°, el horizonte 2440 ocupa una amplia superficie de afloramiento; representa una nueva intercalación de un canal ribereño, que se distingue por contener abundantes troncos de madera (compárese cap. 4.2).

El intervalo de 2610 a 2810 (fin del afloramiento), documenta una nueva brusca vuelta a condiciones submareales, documentada por la presencia de la facies 2.

## 6. CONCLUSIONES

La sección de Punta Judas documenta un estuario del Mioceno Medio, orientado hacia el Pacífico, bordeado por un retropais montañoso y alimentado a partir de un sistema potamal, que suministró grandes cantidades de sedimento volcaniclástico, predominantemente arenoso.

Los 1300 m de espesor real expuestos en el área de Punta Judas, representan solamente una parte de la extensión vertical total de la unidad litoestratigráfica, la que debe totalizar al menos 2 a 3 km de potencia, si se toman en cuenta el buzamiento promedio y la extensión regional de la misma.

En la sección de Punta Judas se reconocen dos megaciclos de progradación. El primero, que se extiende de 0 a 1758, representa un ciclo de colmatación. Comienza con depósitos de estuario abierto, y culmina con sedimentos de manglar y de estuario interno de aguas salobres a hiperhalinas. Por lo tanto, se infiere una progradación a lo largo del eje principal del estuario.

El segundo megaciclo se extiende de 1758 a 2610 y representa, más bien, una progradación oblicua al eje principal del estuario, ya que culmina en depósitos de canales de playa y beachrocks.

Un tercer megaciclo comienza en 2610; debido a la falta de afloramiento sólo se pudo observar su parte basal, constituida por las facies 1 y 2.

Dentro de los primeros dos megaciclos se constata, a la altura de las unidades intermareales, una fuerte influencia fluvial, determinada por ríos que desembocaron lateralmente al estuario, y que procedían de zonas montañosas. Estos ríos aportaron grandes cantidades de materiales guijarrosos y gravillosos, los que fueron dispersados a lo largo de la ribera por corrientes paralelas a la costa, unidireccionales. Estas corrientes fueron modificadas, en su intensidad, en concomitancia con el avance y el retroceso de la onda mareal, asimétrica. La existencia actual de patrones de distribución de facies parecidas ha sido corroborada en el Golfo de Nicoya y en la Península de Osa, respectivamente.

La progradación de las facies intermareales dentro de los megaciclos descritos permite inferir que la tasa de sedimentación superó a la de subsidencia. En cambio, el reestablecimiento de condiciones de estuario abierto, después de culminar cada ciclo de colmatación, se efectuó sin la intermediación de ciclos transgresivos netos. Por ser éstos tan abruptos - y no vinculados con basculamientos del substrato - se les correlaciona con levantamientos del nivel del mar. Basculamientos del substrato, producirían discordancias angulares, no observadas. Los episodios de rápido levantamiento del nivel del mar fueron seguidos por fases de descenso lento, documentados por la progradación subsiguiente. Sin embargo, el espesor enorme de esta unidad litoestratigráfica tuvo que ser compensado por un correspondiente dispositivo tectónico. Muy probablemente, éste se vinculó a una estructura de tipo graben.

Esta hipótesis concuerda con el marco tectónico-geográfico que caracteriza a los golfos estuarinos actuales de la costa pacífica centroamericana meridional. No obstante, en base a criterios paleoecológicos expuestos, fue posible comprobar que el estuario del Mioceno Medio en consideración alcanzó salinidades relativamente bajas, probablemente del  $\beta$ -mesohalino alto (facies 8) y  $\alpha$ -mesohalino (indirectamente documentado por tempestitas en facies 4). Si se comparan estas conclusiones con el hecho de que en la cabecera del Golfo de Nicoya las salinidades mínimas registradas en la estación lluviosa son del 27<sup>o</sup>/oo, resulta lícito deducir que el estuario del Mioceno Medio tuvo un carácter mixto, en relación a los centroamericanos actuales, de origen tectónico, y los del Atlántico, de naturaleza epicontinental. Esto queda, a su vez, corroborado por el hecho de que el estuario del Mioceno Medio, aquí considerado, fue *colmatado* al menos dos veces, fenómeno que tampoco se verifica en los golfos estuarinos pacíficos de Centroamérica meridional.

## 7. AGRADECIMIENTOS

Esta publicación fue efectuada en el marco del Proyecto de Investigación N° 113-81-001 "Geología de Costa Rica", patrocinado por la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica, a la que se le agradece expresamente por el importante apoyo brindado.

Nuestro reconocimiento a los colegas que efectuaron trabajos de determinación taxonómica, a saber Prof. Dr. R. FISCHER (Hannover; moluscos, echinoideos y balanideos), Dr. P. JUNG (Basel; moluscos), Prof. Dr. R. FÖRSTER (München; crustáceos), Dr. T. KRUCKOW (Bremen; dientes de condricteos) y Dr. S. SCHAAI (Frankfurt; reptiles). El Prof. Dr. M.M. MURILLO (San José) aportó valiosas informaciones sobre la etología de decápodos Brachyura. Igualmente agradecemos a los Drs. R. SLINGERLAND (Pennsylvania State Univ.) y Th. B. ROEP (Univ. Amsterdam) por las muy útiles sugerencias que nos dieron durante el Symposium on Modern and Ancient Clastic Tidal Deposits en Utrecht (Holanda).

El primer relevamiento geológico detallado fue parte del curso, de la Licenciatura Centroamericana de Geología, "Petrografía de Areniscas y Calizas" dictado en 1984. A los estudiantes participantes, se le reconoce la entusiasta colaboración brindada.

Asimismo, cabe destacar la ayuda proporcionada por C. LAURITO, A.L. CHINCHILLA, D. PIZARRO, C. CALVO y R. VALVERDE durante trabajos de campo posteriores. En los análisis granulométricos y petrográficos se contó con el apoyo de G. BOTAZZI y A. ASTORGA. Los trabajos micropaleontológicos contaron con la asistencia de J. BAEZ, Ma. B. SANCHEZ e I. ISUSI.

## 8. BIBLIOGRAFIA

- ALLEN, J.R.L., 1984a: Sedimentary structures, their character and physical basis, I: xxvi + 593 págs; Elsevier (Dev. Sediment., 30), Amsterdam.
- ALLEN, J.R.L., 1984b: Sedimentary structures, their character and physical basis, II: iii + 663 págs.; Elsevier (Dev. Sediment., 30), Amsterdam.
- BAKUS, G.J., 1968: Zonation in marine gastropods of Costa Rica and species diversity.- *The Veliger*, 10(3): 207-211.
- BEETS, D.J., ROEP, Th. B. & JONG, J. DE., 1981: Sedimentary sequences of the sub-recent North Sea coast of the Western Netherlands near Alkmaar.- *Int. Ass. Sediment., Spec. Publ.*, 5: 133-145; Oxford.

- BLOW, W.H., 1969: Late Middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy.- Proc. I. Int. Conf. Planktonic Microfossils, Geneva, 1967: 199-422; pl. 1-54; E.J.: Brill; Leiden.
- BLOW, W.H., 1979: The Cainozoic Globigerinida.- part I-II, xv + 1413 págs.; pl. 1-264; E.J. Brill; Leiden
- BOERSMA, J.R. & TERWINDT, J.H.J., 1981: Berms on an intertidal shoal: shape and internal structure.- Int. Ass. Sediment., Spec. Publ., 5: 39-49; Oxford.
- BOOTHROYD, J.C., 1985: Tidal inlets and tidal deltas.- En: DAVIS, Jr., R.A. (Ed.): Coastal sedimentary environments, 2nd. Ed.: 445-532; Springer Verlag, New York.
- COX, L.R., NEWELL, N.D., BOYD, D.W. et al., 1969: Bivalvia.- En: MOORE (Ed.): Treatise on Invertebrate Paleontology, Part N, Mollusca 6, vol. 2 (of 3), Bivalvia: N491-N952; Geol. Soc. America-Univ. Kansas; Boulder.
- DALONGEVILLE, R. & SANLAVILLE, P., 1984: Essai de synthèse sur le Beach-Rock.- En: Colloque "Le Beach-Rock", Trav. Maison de l'Orient Médit., 8: 161-167; Maison de l'Orient, Lyon.
- DENGO, G., 1960: Notas sobre la geología de la parte central del litoral Pacífico de Costa Rica.- Inf. semest, Inst. geogr. Nac., 1961, 1: 43 - 63; San José, Costa Rica.
- DENGO, G., 1962: Estudio geológico de la región de Guanacaste. Costa Rica.- ix + 112 págs.; Instituto Geográfico de Costa Rica, San José.
- DEXTER, D.M., 1974: Sandy-beach fauna of the Pacific and Atlantic coasts of Costa Rica and Colombia.- Rev. Biol. Tropical, 22, 1: 51-66.
- DODD, J.R. & STANTON, Jr., R.J., 1981: Paleocology, concepts and applications. xiv + 559 págs.; John Wiley, New York.
- DOTT, R.H. & BOURGEOIS, J., 1982: Hummocky stratification: significance of its variable bedding sequences. - Bull. Geol. Soc. Amer., 93: 663 - 680.
- EPIFANIO, C.E., MAURER, D. & DITTEL, A.I., 1983: Seasonal changes in nutrient and dissolved oxygen in the Gulf of Nicoya, a tropical estuary on the Pacific coast of Central America.- Hydrobiologia, 101: 231-238.
- FISCHER, R., 1981: El desarrollo paleogeográfico del Mioceno de Costa Rica.- An. II. Congr. Latino-Americano Paleont., Porto Alegre, 2: 565-579.
- FÜCHTBAUER, H. & MÜLLER, G., 1970: Sedimente und Sedimentgesteine.- 726 págs.; Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.

- FÜRSICH, F.T., 1981: Salinity-controlled benthic associations from the Upper Jurassic of Portugal. - *Lethaia*, 14: 203 - 223; Oslo.
- FÜRSICH, F.T., 1984 : Distribution patterns of benthic associations in offshore shelf deposits (Upper Jurassic, Central East Greenland). - *Geobios, Mem. Spec.* 8: 75 - 84; Lyon.
- FÜRSICH, F.T. & KAUFFMAN, E.G., 1984: Palaeoecology of marginal marine sedimentary cycles in the Albian Bear River Formation of South-Western Wyoming. - *Palaeontology*, 27, 3: 501 - 536.
- FUTTERER, E., 1978: Studien über die Einregelung, Anlagerung und Einbettung biogener Hartteile im Strömungskanal.- *N. Jb. Geol. Paläont., Abh.*, 156, 1 : 87-131; Stuttgart.
- GARDNER, J., 1944: The Molluscan Fauna of the Alum Bluff Group of Florida.- 709 págs.; Government Printing Office, Washington.
- GREEN, J., 1968: The biology of estuarine animals.- x + 401 págs.; Sidgwick & Jackson, London.
- HERTLEIN, L.G. & STRONG, A.M., 1940: Mollusks from the west coast of Mexico and Central America [Part I]-*Zoologica*, 25,4 : 369-430; [Part II] *ibid*: 1943: 28,3 : 149-168; [Part III] *ibid* 1946a: 31,2 : 53-76; [Part IV] *ibid* 1946b: 31,3 : 93-120; [Part V] *ibid* 1947: 31,4 : 129-150; [Part VI] *ibid* 1948: 33,4 : 163-198; [Part VII] *ibid* 1949a: 34,2 : 63-97; [Part VIII] *ibid* 1949b: 34,4 : 239-258; [Part IX] *ibid* 1950: 35,4 : 217-252; [Part X] *ibid* 1951: 36,2 : 67-120.
- HILTERMANN, H., 1963: Klassifikation rezenter Brack- und Salinar- Wässer in ihrer Anwendung für fossile Bildungen.- *Z. deutsch. geol. Ges.* 115,2-3 : 463-496; Hannover.
- HOWARD, J.D., 1978: Sedimentology and trace fossils.- En: BASAN, P.B. (Ed.): Trace fossil concepts: 11-42.; *SEPM Short Course*, 5, Oklahoma.
- HOWARD, J.D., ELDERS, Ch. A. & HEINBOCKEL, J.F., 1975: Estuaries of the Georgia Coast, U.S.A.: Sedimentology and biology. V. Animal-sediment relationships in estuarine point bar deposits, Ogeechee River-Ossabaw Sound, Georgia.- *Senckenbergiana marit.*, 7: 181-203; Frankfurt.
- JOPLING, A.V., 1965: Hydraulic factors controlling the shape of laminae in laboratory deltas.- *Journ. Sediment. Petr.*, 35,4 : 777-791; Tulsa.
- JOPLING, A.V. & WALKER, R.G., 1968: Morphology and origin of ripple-drift cross-lamination, with examples from the Pleistocene of Massachusetts.- *Journ. Sediment. Petr.*, 38,4 : 971-984; Tulsa.
- JUNG, P., 1965: Miocene Mollusca from the Paraguana Peninsula, Venezuela.- *Bull. Amer. Paleont.*, 49,223 : 389-652.
- JUNG, P., 1969: Miocene and Pliocene Mollusks from Trinidad.- *Bull. Amer. Paleont.*, 55,247 : 293-657.
- JUNG, P., 1971: Fossil Mollusks from Carriacou, West Indies.- *Bull. Amer. Paleont.*, 61,269 : 147-262.

- KEEN, A.M., 1961: A proposed reclassification of the Gastropod Family Vermetidae.- The British Mus. Nat. Hist., Zool., Bull., 7,3 : 183-214, pl. 54-55.
- KEEN, M., 1971: Sea Shells of Tropical West America.- 1064 págs.; Stanford University Press, Stanford.
- KLEIN, G. de V., 1985: Intertidal flats and intertidal sand bodies.- En: DAVIS, Jr., R.A. (Ed.): Coastal sedimentary environments, 2nd. Ed.: 187-224; Springer Verlag, New York.
- KRAFT, J.C. & CHRZASTOWSKI, M.J., 1985: Coastal stratigraphic sequences. - En: DAVIS, Jr., R.A. (Ed.): Coastal sedimentary environments, 2nd. Ed.: 625-663; Springer Verlag, New York.
- KUYPERS, E.P., 1979: Análisis sedimentológico de la Formación Punta Carballo (Mioceno), Costa Rica.- Inf. semest. Inst. Geogr. Nac., 1980, 2: 77 - 85; San José, Costa Rica.
- LEWY, Z. & SAMTLEBEN, Ch., 1979: Functional morphology and palaeontological significance of conchiolin layers in corbulid pelecypods.- *Lethaia*, 12, 4 : 341-351 ; Oslo.
- MAURER, D., EPIFANIO, Ch., DEAN, H., HOWE, S., VARGAS, J., DITTEL, A. & MURILLO, M., 1984: Benthic invertebrates of a tropical estuary: Gulf of Nicoya, Costa Rica.- Journ. Natural History, 18: 47-61.
- MAURER, D. & VARGAS, J.A., 1984: Diversity of soft-bottom benthos in a tropical estuary: Gulf of Nicoya, Costa Rica.- Marine Biology, 81: 97-106.
- MAURY, C., 1917: Santo Domingo Type Sections and Fossils.- Bull. Amer. Paleont., 5,29 : 165-415, pl. 1-36.
- MAURY, C., 1925: A further contribution to the Paleontology of Trinidad. - Bull. Amer. Paleont., 10,42 : 159-410, Pl. 1-43.
- MAYOU, T.V. & HOWARD, J.D., 1975: Estuaries of the Georgia Coast, U.S.A.: Sedimentology and biology, VI. Animal-sediment relationships of a salt marsh estuary- Doboy Sound.- *Senckenbergiana marit.* 7: 205-236; Frankfurt
- MCLUSKY, D.S., 1971: Ecology of estuaries.- vi + 144 págs.; Heinemann Educational Books, London.
- MILLIMAN, J.D., 1974: Marine Carbonates.- xv + 375 págs.; Springer Verlag, Berlin.
- NICHOLS-DRISCOLL, J., 1976: Benthic invertebrate communities in Golfo Dulce, Costa Rica, an anoxic basin.- *Rev. Biol. Tropical*, 24,2 : 281-297.
- NICHOLS, M.M. & BIGGS, R.B., 1985: Estuaries.- En: DAVIS, Jr., R.A. (Ed.): Coastal sedimentary environments, 2nd. Ed.: 77-186; Springer Verlag, New York.

- OLSSON, A., 1922: The Miocene of Northern Costa Rica, Part 1-2.- Bull. Amer. Paleont., 9, 39 : 179-460, pl. 1-32.
- OLSSON, A., 1932: Contributions to the Tertiary Paleontology of Northern Perú: Part 5, The Peruvian Miocene.- Bull. Amer. Paleont., 19, 68 : 1-272.
- OLSSON, A., 1942: Tertiary and Quaternary Fossils from the Burica Peninsula of Panamá and Costa Rica.- Bull. Amer. Paleont., 27, 106 : 1-106.
- OLSSON, A., 1964: Neogene Mollusks from Northwestern Ecuador.- 255 págs.; Paleontological Research Institution, Ithaca.
- PARKER, R.H., 1955: Changes in the invertebrate fauna, apparently attributable to salinity changes, in the bays of Central Texas.- Journ. Paleont., 29, 2 : 193-211.
- PARKER, R.H., 1956: Macro-invertebrate assemblages as indicators of sedimentary environments in east Mississippi Delta region.- A.A.P.G., Bull., 40, 2 : 295-376.
- PARKER, R.H., 1959: Macro-invertebrate assemblages of central Texas coastal bays and Laguna Madre.- A.A.P.G., Bull. 43, 9 : 2100-2166.
- PARKER, R.H., 1964: Zoogeography and ecology of some macroinvertebrates, particularly Mollusks, in the Gulf of California and the Continental slope off Mexico.- Vidensk. Medd. Dansk Naturh. Foren., 126: 1-178, pl. I-XV.
- PERKINS, E.J., 1974: The Biology of estuaries and coastal waters.- ix + 678 págs.; Academic Press, London.
- PERRILLIAT, M. del C., 1972: Monografía de los Moluscos del Mioceno Medio de Santa Rosa, Veracruz, México, I (Gasterópodos: Fissurellidae a Olividae).- Paleontología Mexicana 32: 1-130, pl. 1-51.
- PERRILLIAT, M. del C., 1973: Monografía de los Moluscos del Mioceno Medio de Santa Rosa, Veracruz, México, II (Gasterópodos: Mitridae a Terebridae). Paleontología Mexicana 35: 1-97, pl. 1-39.
- PERRILLIAT, M. del C., 1976: Monografía de los Moluscos del Mioceno Medio de Santa Rosa, Veracruz, México, V (Pelecípodos: Nuculidae a Limidae). Paleontología Mexicana 42: 1-53, pl. 1-24.
- PERRILLIAT, M. del C., 1977: Monografía de los Moluscos del Mioceno Medio de Santa Rosa, Veracruz, México, VI (Pelecípodos: Lucinidae a Solecurtidae).- Paleontología Mexicana 43: 1-60, pl. 1-30.
- PURSER, B.H., 1980: Sédimentation et diagenèse des carbonates néritiques récents. 1.- xviii + 366 págs.; Editions Technip, Paris.

- REINECK, H.A. & SINGH, I.B., 1973: Depositional sedimentary environments. - 439 págs.; Springer Verlag, Berlin.
- REINECK, H.E. & SINGH, I.B., 1980: Depositional sedimentary environments with reference to terrigenous clastics. - 549 págs.; Springer Verlag, Berlin.
- REMANE, A., 1934: Die Brackwasserfauna (Mit besonderer Berücksichtigung der Ostsee) (2. Referat).- Zoolog. Anz., 7 (Suppl.)- Verh. deutsch. Zool. Ges., 36: 34-74.
- REMANE, A., 1940: Einführung in die zoologische Ökologie der Nord- und Ostsee.- En: GRIMPE, G. & WAGLER, E.: Die Tierwelt der Nord- und Ostsee, 1, 238 págs.; Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig.
- REMANE, A., 1963: Biologische Kriterien zur Unterscheidung von Süß- und Salzwassersedimenten.- Fortsch. Geol. Rheinld. u. Westf., 10: 9-34.
- REMANE, A., 1971: Ecology of brackish water.- En: REMANE, A. & SCHLIEPER, C. (Eds.): Biology of brackish water, 1: 1-210; E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart - Wiley Interscience Division, New York.
- RÖDER, H., 1977: Zur Beziehung zwischen Konstruktion und Substrat bei mechanisch bohrenden Bohrmuscheln (Pholadidae, Teredinidae).- Senckenbergiana marit., 9, 3/4 : 105-213; Frankfurt.
- SCHWERDTFEGER, F., 1975: Ökologie der Tiere - III. Synökologie.- 451 págs.; Ed. Parey, Hamburg.
- SEILACHER, A., 1979: Constructional morphology of sand dollars.- Paleobiology, 5, 3 : 191-221.
- SEILACHER, A., 1980: General remarks about event deposits.- 1st. European Regional Meeting, Int. Ass. Sediment., Bochum, Sect II: 1-12.
- SEYFRIED, H. & SPRECHMANN, P., 1985: Acerca de la formación del puente-istmo centroamericano meridional, con énfasis en el desarrollo acaecido desde el Campaniense al Eoceno.- Rev. geol. Amer. Central, 2: 63-87; San José.
- SPRECHMANN, P., (Ed.), 1984a: Manual de Geología de Costa Rica, 1: Estratigrafía.- 320 págs.; Editorial Universidad de Costa Rica, San José.
- SPRECHMANN, P., 1984b: Estratigrafía de Costa Rica (América Central), III: Normas de clasificación y ambientes antiguos de depositación.- Mem. III. Congr Latinoamer. Paleont.: 612-623; Oaxtepec, México.
- STANLEY, S.M., 1970: Relation of shell form to life habits of the Bivalvia (Mollusca).- Geol. Soc. America, Mem. 125: xiii + 296 págs.
- STANTON, Jr., R.J., 1979: Diversity.- En: FAIRBRIDGE, R.W. & JABLONSKI, D. (Eds.): The Encyclopedia of Paleontology: 268-274; Dowden, Hutchinson & Ross, Stroudsburg.
- SWIFT, D.J.P., FIGUEIREDO, A.G., FREELAND, G.L. & OERTEL, G.F., 1983: Hummocky cross-stratification and megaripples: a geological double standard. - J. Sediment. Petr., 53: 1295 - 1317; Tulsa.

- TERWINDT, J.H.J., 1981: Origin and sequences of sedimentary structures in inshore mesotidal deposits of the North Sea.- *Int. Ass. Sediment., Spec. Publ.*, 5: 4-26 ; Oxford.
- VARGAS, J.A., DEAN, H.K., MAURER, D. & ORELLANA, P.,: Lista preliminar de invertebrados asociados a los sedimentos del Golfo de Nicoya, Costa Rica.- Brenesia, San José, Costa Rica (en prensa).
- VILLALOBOS S., C., 1982: Animales y plantas comunes de las costas de Costa Rica.- 147 págs.; Editorial Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica.
- VOORHIS, A.D., EPIFANIO, C.E., MAURER, D., DITTEL, A.I. & VARGAS, J.A., 1983: The estuarine character of the Gulf of Nicoya, an embayment on the Pacific coast of Central America.- *Hydrobiologia*, 99: 225-237.
- WALKER, R.G., DUKE, W.L. & LECKIE, D.A., 1983: Hummocky stratification: significance of its variable bedding sequences: discussion. - *Bull. Geol. Soc. Amer* 94: 1245 - 1249.
- WALKER, R.G., 1984: Shelf and Shallow Marine Sands. - En: WALKER, R.G. (Ed.): *Facies Models*, pp. 141 - 170; *Publ. Geol. Assoc. Canada*, Toronto.
- WALTON, W.R., 1964: Recent Foraminiferal Ecology and Paleocology.- En: IMBRIE, J. & NEWELL, N. (Eds.): *Approaches to Paleocology*: 151-237; John Wiley, New York.
- WEISBORD, N., 1962: Late Cenozoic Gastropods from Northern Venezuela.- *Bull. Amer. Paleont.*, 42, 193 : 1-672.
- WOODRING, W.P., 1925: Miocene Mollusks from Bowden, Jamaica, I.- 222 págs., pl. 1-26; Carnegie Institution, Washington.
- WOODRING, W.P., 1928: Miocene Mollusks from Bowden, Jamaica, II.- 564 págs.; Carnegie Institution, Washington.
- WOODRING, W.P., 1957: Geology and Paleontology of Canal Zone and Adjoining Parts of Panamá. Geology and description of Tertiary Mollusks (Gastropods: Trochidae to Turritellidae).- *Geol. Survey, Prof. Paper 306-A*: 1-145., pl. 1-23.
- WOODRING, W.P., 1964: Geology and Paleontology of Canal Zone and Adjoining Parts of Panamá. Description of Tertiary Mollusks (Gastropods: Columbelloididae to Volutidae).- *Geol. Survey, Prof. Paper, 306-C*: 214-297. pl. 39-47.
- WOODRING, W.P., 1970: Geology and Paleontology of Canal Zone and Adjoining Parts of Panamá. Description of Tertiary Mollusks (Gastropods: Eulimidae, Marginelloididae to Helminthoglyptidae).- *Geol. Survey, Prof. Paper, 306-D*: 299-452. pl. 48-66.

WOODRING, W.P., 1973: Geology and Paleontology of Canal Zone and Adjoining Parts of Panamá. Description of Tertiary Mollusks (Additions to Gastropods, Scaphopods, Pelecypods: Nucleidae to Malleidae).- Geol. Survey, Prof. Paper, 306-E: 453-539, pl. 67-82.

## 9. APENDICE TAXONOMICO (redactado por T. AGUILAR)

MOLLUSCA (det. T. AGUILAR)

RIVALVIA

*Anadara (Cunearca) pittieri* (DALL, 1912)

Descripción: OLSSON, 1922: 364

Distribución: Mioceno Medio de la zona del Canal, Panamá; Mioceno Superior, Plioceno, Fm. Río Banano, Costa Rica. Especies relacionadas se encuentran en el Mioceno de Jamaica, Trinidad, Venezuela y México.

*Anadara (Rasia) dariensis* (BROWN & PILSBRY, 1911)

Descripción: WOODRING, 1973: 501; OLSSON, 1922: 356

Distribución: Mioceno Medio, Zona del Canal, Panamá; Mioceno Superior, Plioceno, Fm. Río Banano, Costa Rica.

*Anadara (Scapharca) inaequilateralis* GUPPY, 1866

Descripción: WOODRING, 1945: 45; MAURY, 1925: 56

Distribución: Mioceno Medio, Jamaica; Mioceno, Trinidad.

*Noetia (Noetia) reversa macdonaldi* (DALL, 1912)

Descripción: WOODRING, 1973: 518; OLSSON, 1922: 366

Distribución: Mioceno de Colombia, Venezuela, Ecuador; Mioceno Medio, Zona del Canal, Panamá; Mioceno Superior, Plioceno, Fm. Río Banano, Costa Rica.

*Glycymeris canalis* BROWN & PILSBRY, 1911

Descripción: MAURY, 1917: 31; OLSSON, 1922: 349

Distribución: Mioceno Medio, Zona del Canal, Panamá; Mioceno de Trinidad; Mioceno Superior, Plioceno, Fm. Río Banano, Costa Rica.

*Mutella* sp.

*Atrina* sp.

---

(\*) La distribución estratigráfica y geográfica de las especies fue tomada de los trabajos consultados para efectuar su determinación taxonómica.

*Atrina* (*Servatrina*) aff. *A. serrata* (SOWERBY, 1825)

Descripción: WOODRING, 1973: 525

Distribución: Mioceno Medio, Zona del Canal, Panamá; Jamaica; Venezuela; Mioceno Superior de Trinidad.

*Pteria* sp.

*Ostrea* (*Lopha*) *megodon* HANLEY, 1846

Descripción: OLSSON, 1922: 368; KEEN, 1971: 84

Distribución: Mioceno de Santo Domingo; Mioceno Medio de Jamaica; Mioceno Superior, Plioceno, Fm. Río Banano, Costa Rica.

*Ostrea* (*Lopha*) *haitensis* SOWERBY, 1850

Descripción: MAURY, 1925: 78

Distribución: Mioceno Superior de Trinidad.

*Crassostrea* cf. *C. virginica* (GMELIN)

Descripción: JUNG, 1969: 349

Distribución: Mioceno, Plioceno de Trinidad.

*Pecten* sp.

*Plicatula* aff. *P. marginata* SAY, 1824

Descripción: OLSSON, 1922: 380

Distribución: Mioceno Superior, Plioceno, Fm. Río Banano, Costa Rica.

*Anomia* aff. *A. simplex* d'ORBIGNY, 1842

Descripción: JUNG, 1969: 350

Distribución: Mioceno de Trinidad, Santo Domingo; Mioceno Medio de Santa Rosa, Veracruz, México; Mioceno Superior, Plioceno de Maryland; Fm. Río Banano, Costa Rica.

*Eucrassatella trinitaria* (MAURY, 1925)

Descripción: MAURY, 1925: 175; en JUNG, 1965: 443

Distribución: Mioceno de Venezuela; Mioceno, Plioceno de Trinidad.

*Cardita matima* OLSSON, 1922

Descripción: OLSSON, 1922: 387

Distribución: Mioceno Superior, Plioceno, Fm. Río Banano, Costa Rica.

*Arcinella arcinella arcinella* (LINNE, 1767)

Descripción: OLSSON, 1964: 52

Distribución: Mioceno de Ecuador. *A. arcinella* es una especie reciente del Caribe.

*Trachycardium* sp. indet.

*Trachycardium costaricanum* (OLSSON, 1922)

Descripción: OLSSON, 1922: 388

Distribución: Mioceno Medio de Santa Rosa, Veracruz, México; Mioceno Superior, Plioceno, Fm. Río Banano, Costa Rica.

*Trachycardium (Dallocardia) santidavidis* MAURY, 1925

Descripción: MAURY, 1925: 129

Distribución: Plioceno Superior de Trinidad.

*Papyridea* sp. indet.

*Trigoniocardia (Apiocardia)* sp.

Descripción de género y subgénero en KEEN, 1971: 157

*Ventricolaria* cf. *V. blandiana* (GUPPY, 1873)

Descripción: MAURY, 1917: 381; WOODRING, 1925: 157

Distribución: Mioceno Medio, República Dominicana, Curacao, Jamaica; Mioceno Superior, Plioceno, Fm. Río Banano, Costa Rica.

*Tivela* cf. *T. austeniana* MAURY, 1925

Descripción: MAURY, 1925: 144

Distribución: Plioceno, Trinidad.

*Pitar (Lamelliconcha) circinatus* (BORN, 1780)

Descripción: MAURY, 1925: 149

Distribución: Mioceno, Plioceno, Trinidad, República Dominicana.

*Pitar (Lamelliconcha) dama* OLSSON, 1964

Descripción: OLSSON, 1964: 60

Distribución: Mioceno de Ecuador

*Megapitaria* sp.

*Dosinia acetabulum* (CONRAD, 1833)

Descripción: OLSSON, 1922: 403

Distribución: Mioceno Chesapeake, Mioceno Inferior, Florida, U.S.A.; Mioceno Superior, Plioceno, Fm. Río Banano, Costa Rica

*Clementia (Clementia) dariena* (CONRAD, 1855)

Descripción: OLSSON, 1922: 404; OLSSON, 1964: 60

Distribución: Mioceno, Trinidad, Ecuador, Venezuela; Mioceno Superior, Plioceno, Fm. Río Banano, Costa Rica.

*Chione (Chionopsis) cf. Ch. walli* (GUPPY, 1866)

Descripción: MAURY, 1925: 159

Distribución: Mioceno de Trinidad, República Dominicana

Observaciones: Los ejemplares estudiados son de mayor tamaño que los descritos. Comparables con *Ch. amathusia* del Pacífico reciente.

*Chione (Lirophora) cf. Ch. caroniana* MAURY, 1925

Descripción: MAURY, 1925: 163

Distribución: Mioceno Superior de Trinidad.

*Harvella cf. H. elegans* (SOWERBY, 1825)

Descripción: OLSSON, 1964: 64

Distribución: Mioceno de Ecuador; Reciente, Pacífico.

*Mactrellona clisia* (DALL, 1915)

Descripción: KEEN, 1971: 206

Distribución: Especie Reciente del Pacífico

Observaciones: Una especie relacionada, *M. alata* en la Fm. Río Banano, Costa Rica y en el Caribe y Pacífico Reciente.

*Mulinia cf. M. zorritensis* (NELSON, 1870)

Descripción: OLSSON, 1932: 130

Distribución: Mioceno de Perú.

*Raeta cf. R. undulata* (GOULD, 1851)

Descripción: OLSSON, 1964: 64

Distribución: Mioceno de Colombia, Venezuela, Perú y Ecuador. Reciente de la Provincia Panamáica.

*Tellina (Eurytellina) punicea* BORN, 1780

Descripción: JUNG, 1969: 385

Distribución: Mioceno, Trinidad; Plioceno, Venezuela.

*Tellina (Eurytellina) costaricana* OLSSON, 1922

Descripción: OLSSON, 1922: 423

Distribución: Fm. Río Banano, Mioceno Superior, Plioceno, Costa Rica, Relacionada con la especie Reciente del Caribe *T. angulosa* GMELIN y *T. rubescens* HANLEY del Pacífico (OLSSON, 1922: 424).

*Tellina cf. T. dariena* CONRAD, 1857

Descripción: OLSSON, 1922: 424

Distribución: Mioceno Medio, Zona del Canal, Panamá; Mioceno Superior, Plioceno, Fm. Río Banano, Costa Rica.

*Sanguinolaria* sp. indet.

Observaciones: No corresponde con las descripciones revisadas para otras especies del género. Podría ser una especie nueva, pero su preservación no permite observar su parte interna.

*Solecurtus gatunensis costarricensis* OLSSON, 1922

Descripción: OLSSON, 1922: 432  
Distribución: Fm. Río Banano, Mioceno Superior, Plioceno, Costa Rica.

*Tagelus cebus* OLSSON, 1922

Descripción: OLSSON, 1922: 433  
Distribución: Mioceno Superior, Plioceno, Fm. Río Banano, Costa Rica.

*Semele* sp.*Semele claytoni* MAURY, 1917

Descripción: MAURY, 1917: 391  
Distribución: Mioceno de República Dominicana; Mioceno, Plioceno, Trinidad Mioceno Superior, Plioceno, Fm. Río Banano, Costa Rica.  
Observaciones: Semejante a las especies recientes *S. rosea* y *S. juniona*, KEEN, 1971: 255.

*Semele claytoni couvensis* MAURY, 1925

Descripción: MAURY, 1925: 118  
Distribución: Mioceno, Plioceno de Trinidad

*Semele laevis costaricensis* OLSSON, 1922

Descripción: OLSSON, 1922: 430  
Distribución: Mioceno, Perú; Mioceno Superior, Venezuela; Mioceno, Plioceno, Trinidad; Mioceno Superior, Plioceno, Fm. Río Banano, Costa Rica.  
Observaciones: *S. laevis* es una especie reciente de la Provincia Panameica (KEEN, 1971: 251).

*Corbula* (*Panamicorbula*) sp.

Descripción del género y subgénero en KEEN, 1971: 268.  
Observaciones: Los especímenes, aunque son muy abundantes están mal preservados, por lo que no se puede determinar la especie.

*Corbula islatrinitatis* (MAURY, 1925)

Descripción: MAURY, 1925: 101  
Distribución: Mioceno, Plioceno, Trinidad

*Corbula hexacyma* BROWN & PILSBRY, 1912

Descripción: OLSSON, 1922: 441  
Distribución: Mioceno Medio, Zona del Canal; Mioceno Superior, Plioceno, Fm. Río Banano, Costa Rica.

*Pholas* sp.

## GASTROPODA

*Architectonica (Architectonica) nobilis nobilis* RÖDING, 1798

Descripción: KEEN, 1971: 388

Distribución: Mioceno Inferior: Venezuela, Brazil, Carriacou, Haiti, Florida, Ecuador, Perú; Mioceno Medio: Trinidad, Venezuela, Colombia, República Dominicana, Jamaica, Costa Rica, Panamá; Sta. Rosa, Veracruz, México; Florida, Ecuador, Perú; Mioceno Superior: Trinidad, Venezuela, Panamá, Florida, Norte y Sur Carolina, Perú, Costa Rica; Plioceno: Trinidad, Venezuela, Sur Carolina, Suroeste de Panamá, Ecuador; Fm. Río Banano, Limón, Fm. Montezuma, Costa Rica; Pleistoceno: Sur Carolina, Suroeste de Panamá, Galápagos, Baja California; Reciente: Provincia Panamaica y Caribe (WOODRING, 1959: 167).

*Turritella abrupta* SPIEKER, 1922

Descripción: OLSSON, 1964: 190

Distribución: Mioceno Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú.

*Turritella mimetes* BROWN & PILSBRY, 1911

Descripción: OLSSON, 1964: 189; WOODRING, 1957: 110

Distribución: Mioceno Medio, Zona del Canal, Panamá. Mioceno, Ecuador.

Observaciones: Relacionada con la especie Reciente *T. variegata* (LINNE) del Caribe (WOODRING, 1957: 110).

*Petalaconchus (Petalococonchus) sculpturatus* LEA, 1843

Descripción: OLSSON, 1964: 195

Distribución: Mioceno, Ecuador, Trinidad, Jamaica. Mioceno Medio, Santa Rosa, Veracruz, México Mioceno Superior, Plioceno, Fm. Río Banano, Costa Rica.

*Strombus* sp.*Hipponix antiquatus* LINNE, 1767

Descripción: JUNG, 1969: 469

Distribución: Mioceno, Plioceno, Trinidad. Pleistoceno de Cuba y Barbados. Reciente desde Florida hasta Brasil

Observaciones: La especie *H. panamensis* C.B. ADAMS, 1852 sería un sinónimo posterior (WEISBORD, 1962).

*Crucibulum (Dispotaea) aff. C. springvaleense* RUTSCH, 1942

Descripción: OLSSON, 1964: 197

Distribución: Mioceno de Trinidad, Ecuador. Mioceno Medio, Zona del Canal, Panamá.

- Vatica (Stigmaulax) guppiana* TOULA, 1904  
 Descripción: WOODRING, 1957: 87  
 Distribución: Mioceno Chiapas, México. Mioceno Medio, Superior, Plioceno, Zona del Canal, Panamá. Mioceno Medio Colombia; Ecuador; Florida; Santa Rosa, Veracruz, México. Mioceno Superior, Florida. Mioceno Superior, Plioceno. Fm. Río Banano, Costa Rica.
- Polinices stanislasmeunieri* MAURY, 1917  
 Descripción: MAURY, 1917: 300  
 Distribución: Mioceno, Colombia; Venezuela. Mioceno Medio, República Dominicana; Zona del Canal, Panamá. Mioceno Superior, Trinidad. Mioceno Superior, Plioceno, Fm. Río Banano, Costa Rica.
- Malea camura* GUPPY, 1866  
 Descripción: WOODRING, 1928: 311  
 Distribución: Mioceno, Perú, Venezuela. Mioceno Inferior, Cuba; Puerto Rico; Trinidad; Carriacou. Mioceno Medio, Jamaica; República Dominicana; Santa Rosa, Veracruz, México. Mioceno Medio, Superior, Zona del Canal, Panamá. Mioceno Superior, Plioceno, Fm. Río Banano, Costa Rica.
- Cassis (Semicassis) granulatus* (BORN, 1780)  
 Descripción: OLSSON, 1964: 170  
 Distribución: Mioceno, Ecuador. Plioceno, Reciente, Venezuela.
- Neosconsia ecuadoriana judaensis*, nov. subsp.  
 Descripción: OLSSON, 1964: 168  
 Distribución: Mioceno, Ecuador
- Ficus* aff. *perplexa* OLSSON, 1964  
 Descripción: OLSSON, 1964: 166  
 Distribución: Mioceno, Ecuador
- Distorsio (Rhysema) cf. D. decussata* (VALENCIENNES, 1832)  
 Descripción: KEEN, 1971: 508  
 Distribución: Reciente, provincia Panamáica  
 Observaciones: La subespecie *D. decussata gatunensis* Toulou es abundante en el Mioceno Medio, Superior, Plioceno de Panamá. Mioceno Medio de Colombia, Mioceno, Venezuela.
- Bursa (Colubrellina) caelata amphitrites* MAURY, 1917  
 Descripción: MAURY, 1917: 273  
 Distribución: Mioceno Medio, Zona del Canal, Panamá; República Dominicana. Mioceno Medio, Superior, Venezuela. Plioceno Fm. Montezuma, Costa Rica.

*Hexaplex* aff. *H. brassica* (LAMARCK, 1822)

Determinó: R. FISCHER, 1985, comunicación escrita.

*Solenosteira* (*Fusinoosteira*) *alternata* NELSON, 1870

Descripción: OLSSON, 1942: 219

Distribución: Plioceno, Fm. Charco Azul, Costa Rica

*Solenosteira dalli dalli* BROWN & PILSBRY, 1911

Descripción: WOODRING, 1964: 256; PERRILLIAT, 1972: 91

Distribución: Mioceno Medio, Colombia; Santa Rosa, Veracruz, México; Zona del Canal, Panamá.

*Northia* (*Northia*) *northiae* (GRIFFITH & PIDGEON, 1934, ex GRAY, M.S.)

Descripción: OLSSON, 1922: 296; OLSSON, 1964: 159; KEEN, 1971: 568

Distribución: Mioceno Ecuador. Mioceno Inferior, Zona del Canal, Panamá. Mioceno Superior, Plioceno, Fm. Río Banano, Costa Rica. Reciente, Provincia Panamáica.

*Northia guttifera* GRZYBOWSKI, 1899

Descripción: OLSSON, 1932: 170

Distribución: Mioceno, Perú

*Phos* (*Antillophos*) *mexicanus* BÖSE, 1906

Descripción: OLSSON, 1922: 289; PERRILLIAT, 1972: 93

Distribución: Mioceno Medio, Santa Rosa, Veracruz, México. Mioceno Superior, Plioceno, Fm. Río Banano, Costa Rica.

*Phos* (*Cymatophos*) cf. *Ph. pilsbryi* OLSSON, 1964

Descripción: OLSSON, 1964: 153

Distribución: Mioceno, Ecuador.

*Columbella* sp.

*Melongena* sp.

*Fasciolaria* (*Pleuroploca*) sp.

Descripción: OLSSON, 1964: 141; WEISBORD, 1962: 356

Observaciones: Ejemplares semejantes se encuentran en el Mioceno de Ecuador y el Mioceno Medio de Venezuela.

*Fasciolaria* (*Pleuroploca*) aff. *F. turamensis* JUNG, 1969

Descripción: JUNG, 1969: 522

Distribución: Mioceno, Plioceno de Trinidad. Plioceno, Fm. Montezuma, Costa Rica.

*Latirus* sp.

*Fusinus* sp.

*Fusus* aff. *F. honensis* OLSSON, 1922

Descripción: OLSSON, 1922: 276

Distribución: Mioceno Superior, Plioceno, Fm. Río Banano, Costa Rica.

*Oliva cylindrica* SOWERBY, 1849

Descripción: OLSSON, 1922: 260; MAURY, 1925: 193

Distribución: Mioceno, Santo Domingo, Jamaica. Mioceno Superior, Trinidad  
Mioceno Superior, Plioceno, Fm. Río Banano, Costa Rica.*Olivella* (*Minioliva*) cf. *O. santalucreciensis* PERRILLIAT, 1972

Descripción: PERRILLIAT, 1972: 106

Distribución: Mioceno Medio, Santa Rosa, Veracruz, México.

*Persicula* (*Rabicea*) *cowiana stenogra* WOODRING, 1970

Descripción: WOODRING, 1970: 333

Distribución: Mioceno Medio, Zona del Canal, Panamá.

*Cancellaria* (*Cancellaria*) *mauryae* OLSSON, 1922

Descripción: OLSSON, 1922: 254

Distribución: Mioceno, Santo Domingo. Mioceno Superior, Plioceno, Fm.  
Río Banano, Costa Rica.*Cancellaria* (*Narona*) aff. *C. barystoma* WOODRING, 1970

Descripción: WOODRING, 1970: 342

Distribución: Mioceno Medio, Zona del Canal, Panamá.

*Cancellaria* (*Pyruclia*) *diadela* WOODRING, 1970

Descripción: WOODRING, 1970: 338

Distribución: Mioceno Medio, Panamá, Colombia.

Observaciones: *Cancellaria* (*Pyruclia*) está restringida en la actualidad al  
Pacífico.*Conus* sp.*Conus bravoii* SPIEKER, 1922

Descripción: WOODRING, 1970: 348

Distribución: Mioceno Medio, Zona del Canal, Panamá; Colombia; Jamaica,  
República Dominicana. Mioceno Superior, Plioceno, Bocas del  
Toro, Panamá; Limón, Costa Rica; Reciente, Florida, Bahamas  
e Indias Occidentales.*Conus burckhardti burckhardti* BÖSE, 1906

Descripción: WOODRING, 1970: 357; PERRILLIAT, 1973: 34

Distribución: Mioceno, Oaxaca, México. Mioceno Medio, Zona del Canal, Pa  
namá; Tehuantepec, Santa Rosa, Veracruz, México. Mioceno  
Superior, Plioceno, Fm. Río Banano, Costa Rica. Bocas del  
Toro, Panamá. Mioceno Superior, Venezuela.

*Conus musaensis* OLSSON, 1922

Descripción: OLSSON, 1922: 219; WOODRING, 1970: 347  
 Distribución: Mioceno Medio, Zona del Canal, Panamá. Mioceno Medio,  
 Superior, Fm. Río Banano, Costa Rica.

*Conus (Leptoconus) gracilissimus* GUPPY, 1866

Descripción: WOODRING, 1928: 217  
 Distribución: Mioceno, Jamaica. Mioceno Medio, Zona del Canal, Panamá.  
 Mioceno Superior, Plioceno, Fm. Río Banano, Costa Rica.

*Terebra (Strioterebrum) camaronense* (OLSSON, 1964)

Descripción: OLSSON, 1964: 78  
 Distribución: Mioceno Inferior, Ecuador. Mioceno Medio, Santa Rosa, Vera  
 cruz, México.

*Terebra sulcifera* SOWERBY, 1849

Descripción: MAURY, 1917: 22  
 Distribución: Mioceno República Dominicana; Jamaica; Plioceno, Florida.

*Terebra subsulcifera* BROWN & PILSBRY, 1911

Descripción: OLSSON, 1964: 77  
 Distribución: Mioceno, Ecuador. Mioceno Medio, Zona del Canal, Panamá.

*Terebra (Paraterebra) cucurripiensis* OINOMIKADO, 1939

Descripción: WOODRING, 1970: 407  
 Distribución: Mioceno Inferior y Medio, Trinidad. Mioceno Medio, Zona  
 del Canal, Darién, Panamá; Ecuador.

*Polystira oxytropis* (SOWERBY, 1834)

Descripción: OLSSON, 1964: 89  
 Distribución: Mioceno, Ecuador, Reciente, Provincia Panamaica.

---

**Nota:** No se incluyen en la lista los representantes del género *Strombina*, ya que han sido entregados a Dr. P. JUNG (BASEL), quien está realizando una revisión taxonómica sobre el grupo.

## CRUSTACEA (det. R. FÖRSTER, München)

*Persephona* cf. *P. punctata* (LINNAEUS)*Calappa* cf. *C. zurcheri* BOUVIER*Raninoides* cf. *R. laevis* (LATREILLE)*Portunus oblongus* RATHBURN*Callinassa* sp.

Brachyura no determinables

(det. R. FISCHER, Hannover)

*Balanus (Balanus)* sp.*Balanus (Megabalanus)* sp.

## ECHINODERMATA (det. R. FISCHER, Hannover)

*Encope* sp.? *Mellitella* nov. sp.*Mellitella* sp.*Mellita* sp.

Los representantes de los Clypeasteridae pertenecen a un nuevo género y a una nueva especie, que serán descritos oportunamente.

## DIENTES DE CHONDRICHTHYES (det. T. KRUCKOW, Bremen)

*Carcharodon megalodon* AGASSIZ*Hemipristes serra* AGASSIZ*Aetobatis arcuata* AGASSIZ

Las especies citadas de Chondrichthyes poseen un rango estratigráfico restringido al Mioceno.

## TESTUDINATA

Maxilares de tortugas, no determinables. El esqueleto de una tortuga completa, procedente del nivel 1991, todavía permanece en el afloramiento.

## EUSUCHIA (det. S. SCHAAL, Frankfurt)

Vértebra caudal, altura media según el eje de la apófisis espinosa: 14 cm.