

## BIOESTRATIGRAFIA DEL PARCHE ARRECIFAL DE LA QUEBRADA BRAZO SECO, PLIO-PLEISTOCENO, LIMON, COSTA RICA

Teresita Aguilar & Percy Denyer

Escuela Centroamericana de Geología, Apdo. 35, 2060 Universidad de Costa Rica

(Recibido 8/2/94, Aceptado 19/7/94)

**ABSTRACT:** The Plio-Pleistocene stratigraphic sequence of Brazo Seco Creek-Limón is composed by fossiliferous and non-fossiliferous sandstones, and limestones (bafflestones) constituted by coral fragments into a sandy matrix. The depositional environment was shallow marine and they belong to the Río Banano Formation. Overlying this sequence, are conglomerates of the Suretka Formation, genetically related to the uplifting of the Talamanca Range, and they correspond with fan delta deposits.

In this paper, we include the description of the fossil content: mollusca, corals, bryozoa, arthropoda and ichnofossils.

Based on the fossils and outcrops the depositional environment of this section of the Río Banano Formation was litoral to sub-litoral, with patch reefs, whose growth was interrupted by fast sedimentation and/or uplifting.

**RESUMEN:** Una secuencia aflorante en la Quebrada Brazo Seco, Limón, Costa Rica, de edad Plio-Pleistocena, constituida por alternancias de areniscas fosilíferas y no fosilíferas, con calizas tipo bafflestone, formadas de corales incluidos en una matriz arenosa. Estas rocas se depositaron en un ambiente marino somero y forman parte de la Formación Río Banano. Además, sobreyaciendo esta secuencia, se encuentran los conglomerados típicos de la Formación Suretka, cuyo origen está asociado al levantamiento de la Cordillera de Talamanca y fueron depositados como "fan deltas".

Se incluyen descripciones detalladas de los moluscos presentes, así como determinaciones específicas de los corales y referencia de los briozoarios, artrópodos e icnofósiles encontrados.

El estudio de las rocas y los fósiles, permite inferir la existencia de ambientes marinos someros (litoral-sublitoral), en los que, durante cortos períodos de tiempo, se empezaban a desarrollar pequeñas comunidades arrecifales (patch reef), las que eran interrumpida por eventos de rápida sedimentación y/o levantamientos, con la consecuente caída local del nivel del mar.

### INTRODUCCION

El estudio detallado de los arrecifes fósiles del Caribe de Costa Rica, proporciona una fuente muy importante de conocimiento de la historia Geobiológica y de las asociaciones de organismos que vivieron a través del Tiempo Geológico.

Por tal motivo, se analizaron, determinaron y describieron, los moluscos asociados a un arrecife coralino que se empezó a desarrollar en el área que ocupa actualmente la Quebrada Brazo Seco, de la Hoja Topográfica Río Banano, editada por el Instituto Geográfico Nacional (escala 1 : 50.000), en la provincia de Limón (Fig. 1).

Este trabajo forma parte de un estudio integrado de la Geología y de los diversos grupos de

organismos que presenta la asociación, con el fin de determinar el desarrollo, evolución y posibles causas de la desaparición de la comunidad y su relación con los otros eventos arrecifales de la región Oriental de Costa Rica. Los que se iniciaron desde el Eoceno (Formación Las Animas/Fila de Cal), con el predominio de macroforaminíferos, continuando en el Oligoceno (Formación Punta Pelada, Tajo Jesús María), los constructores son los corales y las algas. Eventos carbonatados del Mioceno (Caliza de Barbilla), con macroforaminíferos, moluscos, equinodermos y del Plioceno al iniciarse la instalación de arrecifes de corales semejantes a los que existen actualmente. En muchos de estos eventos se evidencia la desaparición de la comunidad, debido a una alta tasa de sedi-

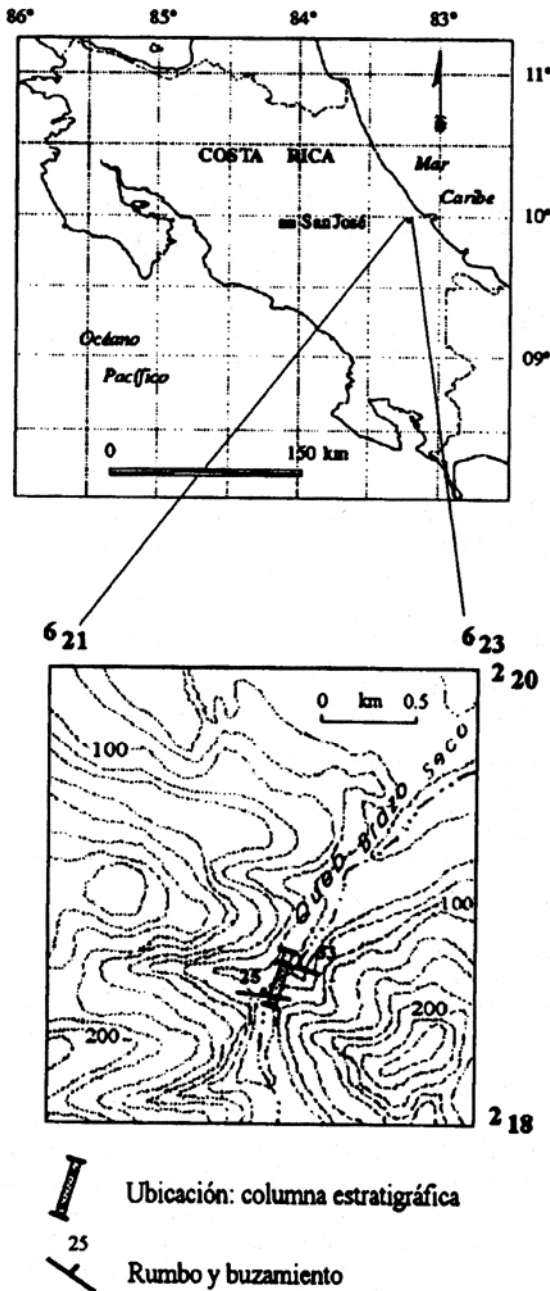


Fig. 1: Mapa de ubicación del sitio de estudio.

mentación, lo cual es comparable con lo que señalan Cortés & Risk (1985) y Cortés (1991), para los arrecifes actuales de Cahuita y Golfo dulce respectivamente.

Se realizó un levantamiento de una sección estratigráfica de aproximadamente 100 m de espesor, se recolectaron muestras para micro y macrofauna. El material recolectado se analizó en el laboratorio de Paleontología de la Escuela Centroamericana de Geología. Se utilizaron métodos de separación mecánicos y químicos, para proceder posteriormente a realizar la determinación específica. Los restos analizados se encuentran depositados en la Colección de Fósiles de la sección, bajo los códigos CF-3805, 3819, 3821, 3825-3826, 3855-3857, 3861, 3904-3938, 3939.

### CONTEXTO GEOESTRATIGRAFICO

La zona de estudio se ubica en la Cuenca de Limón, que forma a su vez parte de la cuenca trasarco de Costa Rica.

El área de interés forma parte de la Formación Río Banano, la cual según Taylor (1975), está constituida por "una serie de facies clásticas marinas someras y arrecifes de coral interdigitadas", subdividiéndola en cuatro facies:

- Facies de areniscas
- Facies de conglomerados
- Facies de arrecifes de coral
- Facies de arcilla

Algunas de estas litologías las eleva al rango de miembros dentro de la formación y determina una edad de Mioceno Tardío-Plioceno, para el conjunto.

Coates et al. (1992), propone incluir la Formación Río Banano, junto con la Formación Uscari y la Formación Moín (definida por Cassell (1986) y Cassell and Sen Gupta (1989a en Coates et al., 1992), en una nueva unidad, el Grupo Limón. Además, proponen que la Formación Río Banano, está compuesta principalmente por litofacies de areniscas.

Estas litologías se depositaron en ambientes desde circalitoral hasta parállico (Fernández, 1987).

El presente trabajo se realizó en la facies de arrecife coralino sensu Taylor (1975), las cuales se incluyen en la Formación Río Banano, por encontrarse intercaladas en una secuencia típica de esta formación.

Según Taylor (1975), las facies arrecifales de la Formación Río Banano, están mejor desarrolladas en la parte superior, aunque en toda la secuencia se encuentran corales dispersos. En la

parte inferior de la secuencia, los corales son principalmente solitarios y la primera aparición de especies formadoras de arrecifes se da en el tercio superior. Los arrecifes iniciales son relativamente delgados (2-3 m de espesor), pero aumentan hacia la parte superior de la formación, alcanzando los arrecifes más jóvenes expuestos, cerca de 15m.

Todos estos arrecifes están constituidos por corales hermatípicos, los cuales según Taylor (1975), pertenecen a los géneros *Montastrea*, *Acropora*, *Porites* y *Diploria*.

Esta facies se interdigita con la facies de areniscas y el desarrollo o no de los arrecifes puede deberse a factores físicos o químicos.

Hacia la parte superior, afloran los conglomerados típicos de la Formación Suretka de edad Pliocena Superior-Pleistocena.

### ESTRATIGRAFIA DE LA QUEBRADA BRAZO SECO

A lo largo de la Quebrada Brazo Seco, se encuentra un afloramiento bien expuesto de unos 100 m de espesor, correspondientes a las Formaciones Río Banano y Suretka, dispuestos de la siguiente forma (Fig. 2):

En la base de la secuencia aflora una arenisca de media a gruesa, color negro, con un espesor visible de 2 m, se encuentra muy bioturbada, principalmente por *Ophiomorfa nodosa*, y por algunos *Thalassinoides*.

Esta arenisca es sobreyacida por un paquete de aproximadamente 8 m de espesor, de una arenisca media, color gris oscuro, en la cual no se observa ningún resto fósil.

Sobreyaciendo se encuentra una secuencia de unos 40 m de espesor, de areniscas bioclásticas, con restos de gastrópodos, bivalvos, bryozoos, corales, etc., intercaladas con areniscas pardas con fragmentos de coral (cm y dm), de unos 5 m de espesor y con calizas del tipo bafflestone, que corresponde con un crecimiento in situ de corales, con algún sedimento arenoso entre ellos.

Posteriormente se encuentran por lo menos 40 m donde no se puede observar la secuencia, por las condiciones del afloramiento, que corresponden con el contacto entre las Formaciones Río Banano y Suretka.

Sobre éste se encuentran unas lutitas oscuras de unos 3 m de espesor, con laminación paralela e inclinada y abundantes restos vegetales.

Estas lutitas son sobreyacidas por alternancias de areniscas medias a gruesas en estratos decimétricos, con un nivel superior de brecha, con clastos subangulares de lutita o de arenisca fina, los clastos son del tamaño guija, el espesor del paquete cercano a los 5 m.

En el techo de la secuencia se encuentra un conglomerado con clastos redondeados de composición andesítica, con tamaños de centimétricos a decimétricos, en una matriz arenosa. Los clastos están imbricados. El conglomerado tiene un espesor de unos 27 m y presenta estratificación inclinada. Alternando con paquetes de arenisca media a gruesa, de 2 m de espesor.

### DESCRIPCION SISTEMATICA

La localidad estudiada presenta una fauna muy diversa, de buena preservación, que incluye representantes de grupos como Mollusca, Bryozoa, Arthrophoda, Cnidaria, Icnofósiles.

En este trabajo se presenta una descripción de las especies de Gastrópodos y Bivalvos recolectados. Las determinaciones de corales fueron revisadas por Jorge Córtes (CIMAR) y Nancy Budd (Universidad de Iowa), posteriormente se complementará esta información con el resultado de los estudios detallados de los otros grupos.

#### *Phylum Cnidaria*

##### *Clase Anthozoa*

##### *Subclase Zoantharia*

##### *Orden Scleractinia*

#### *Meandrina (Placocyathus) variabilis*

(Lam. 1, Fig. 1, 3)

#### *Pocillopora crassoramosa*

(Lam. 1, Fig. 5)

#### *Porites portorricensis*

(Lam. 1, Fig. 2)

#### ?*Stylophora affinis*

#### *Scleractinia* indet.

(Lam. 1, Fig. 4)

#### *Phylum Mollusca*

##### *Clase Gastropoda*

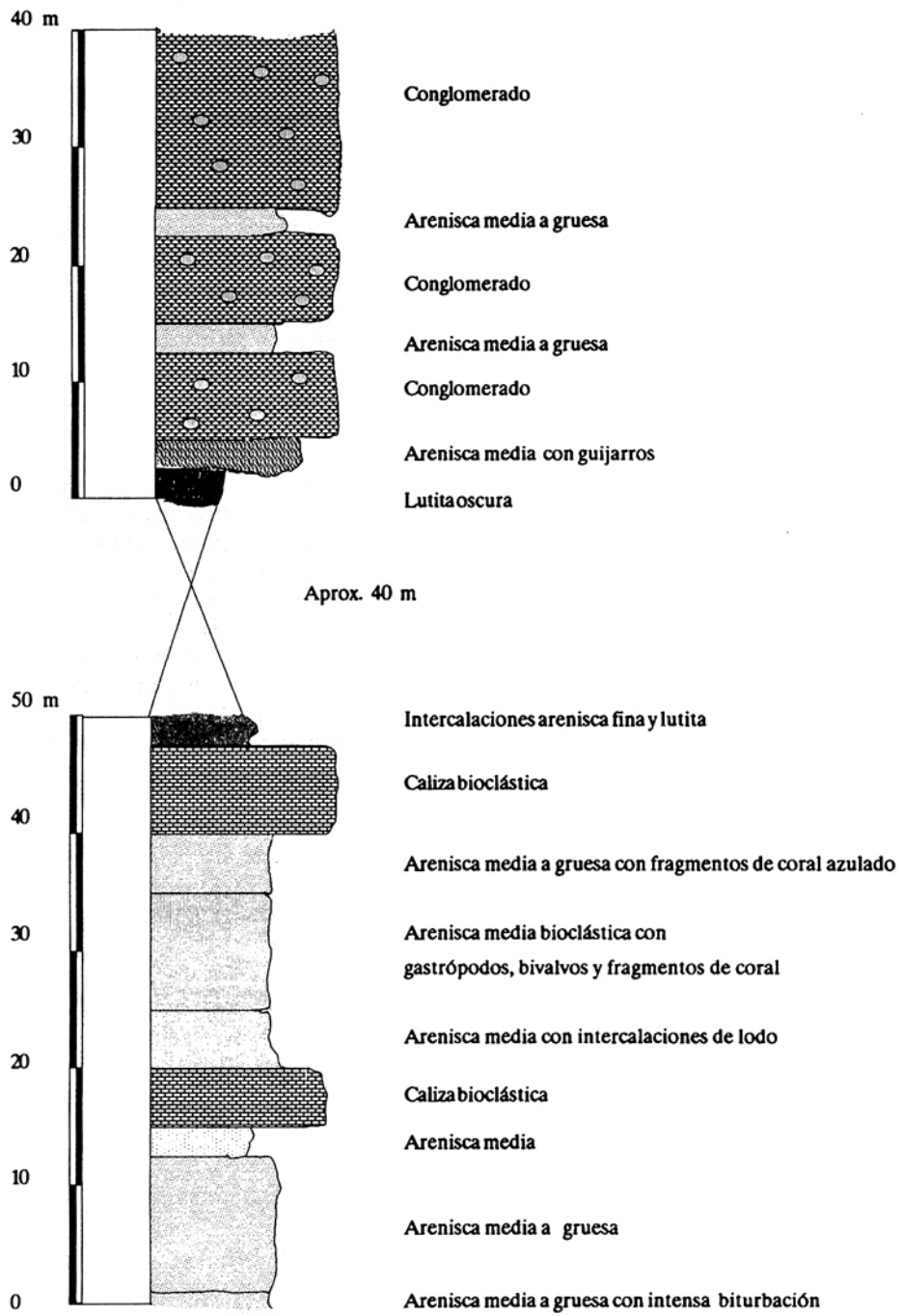


Fig. 2: Columna estratigráfica de la Quebrada Brazo Seco, indicando los espesores de las diferentes unidades litológicas.

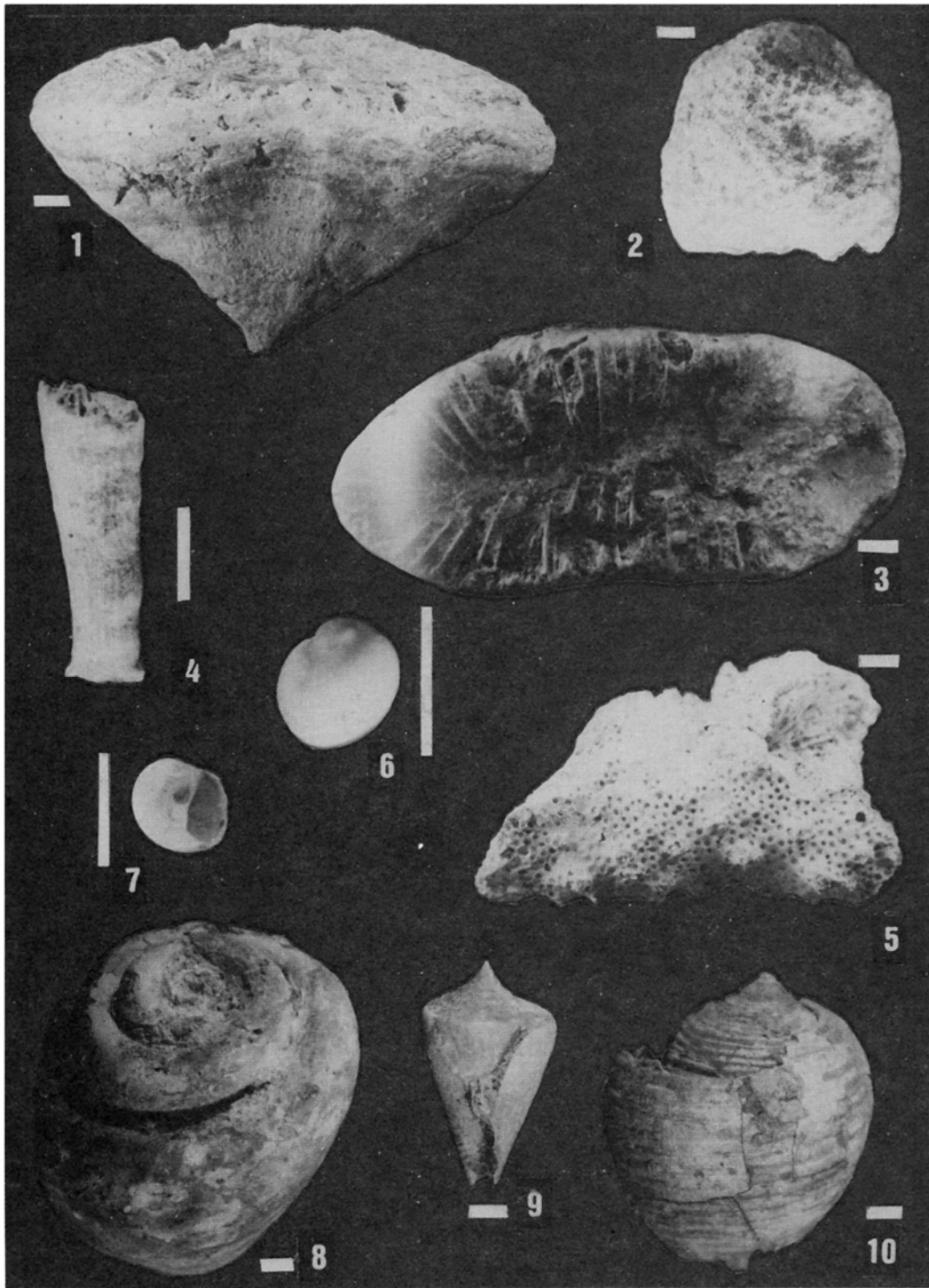


Fig. 1, 3: *Meandrina (Placocyathus) variabilis* . Fig. 5: *Pocillopora crassoramosa* . Fig. 2: *Porites portorricensis*. Fig. 4: *Scleractinia* indet.. Fig. 6, 7: *Natica guppyana* TOULA. Fig. 8: *Conus* sp.. Fig. 9: *Conus proteus* HWASS . Fig. 10: *Mallea elliptica* PILSBRY & JOHNSON

LAMINA I

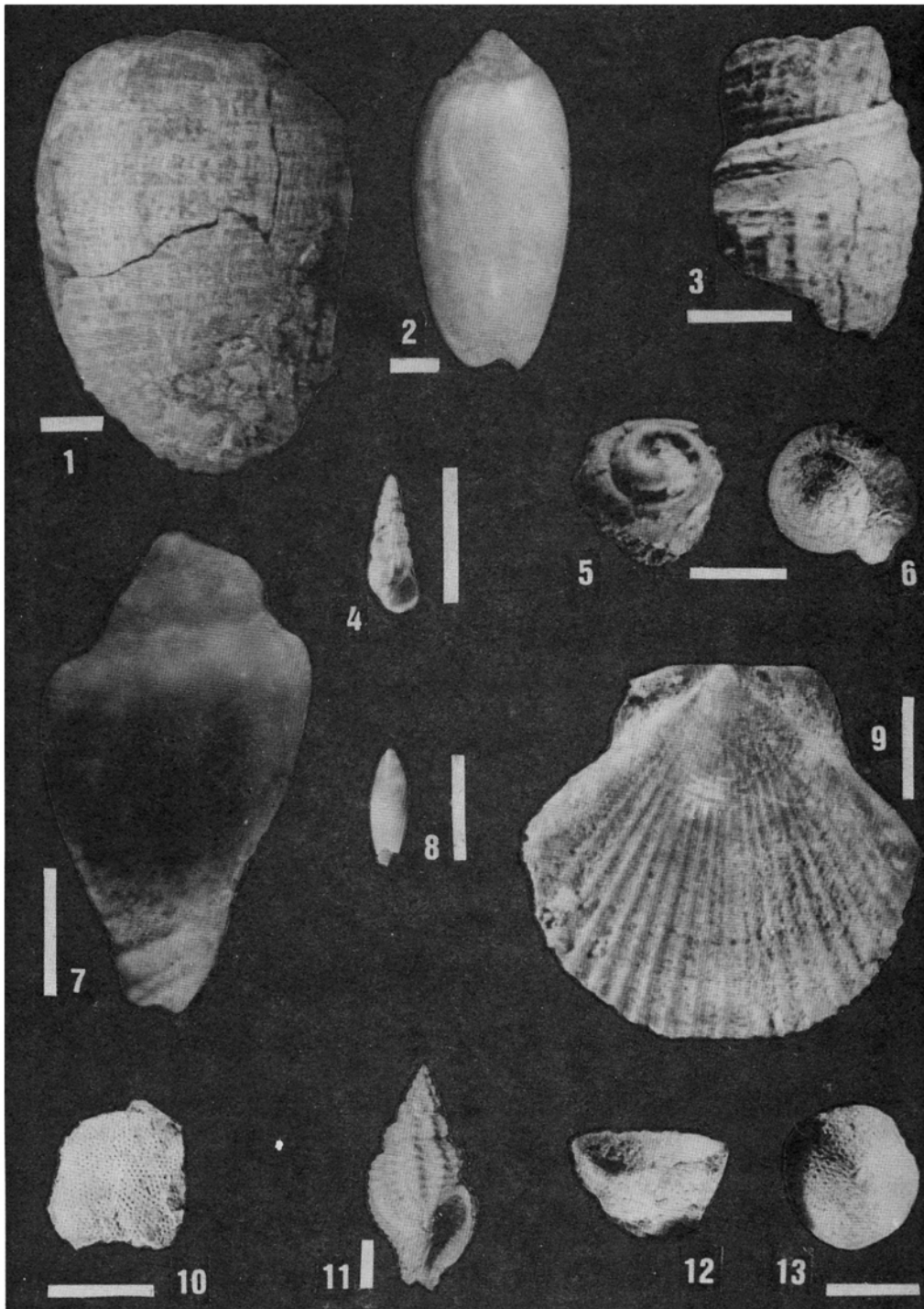


Fig. 1: *Ficus* sp. Fig. 2: *Oliva brevispira* GABB. Fig. 3: *Phos* sp. Fig. 4: *Drillia* sp. Fig. 5, 6: *Strombus* sp. Fig. 7: *Voluta alfaroi* DALL. Fig. 8: *Olivella limonensis* var. *bocasensis* OLSSON. Fig. 9: *Pecten coralliphila* OLSSON. Fig. 10, 12, 13: Bryozoa: Cheilostomata. Fig. 11: *Phos moorei* GUPPY.

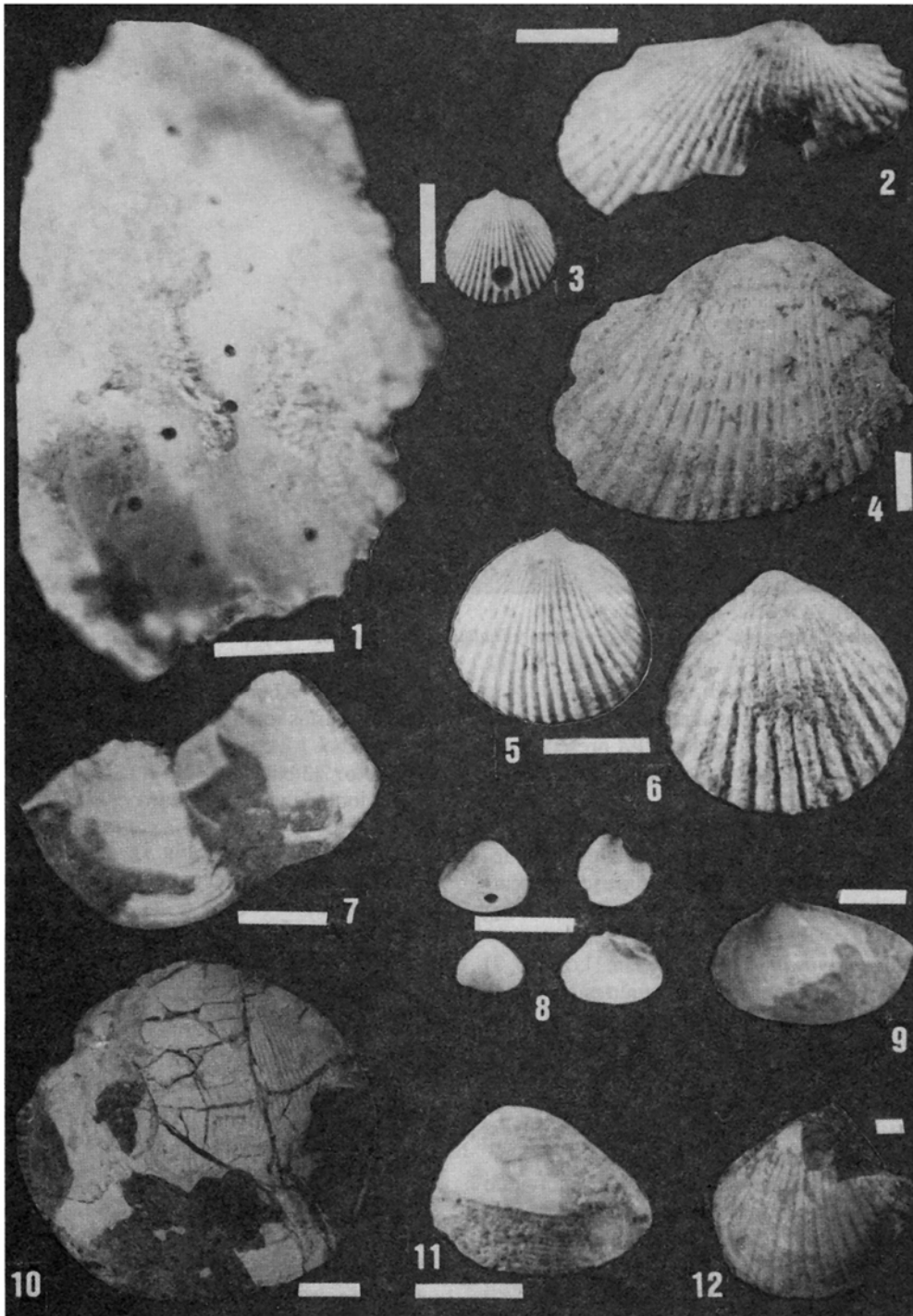


Fig. 1: *Ostrea* sp. Fig. 2: *Arca honensis* OLSSON. Fig. 3, 5, 6: *Glycymeris canalis* BROWN & PILSBRY. Fig. 4: *Anadara dariensis* BROWN & PILSBRY. Fig. 7: *Chione* (*Lirophora*) sp. Fig. 8: *Mulinia* sp. Fig. 9: *Tivela* sp. Fig. 10: *Chione* sp. Fig. 11: *Corbula oropendula* OLSSON. Fig. 12: *Pecten* sp.

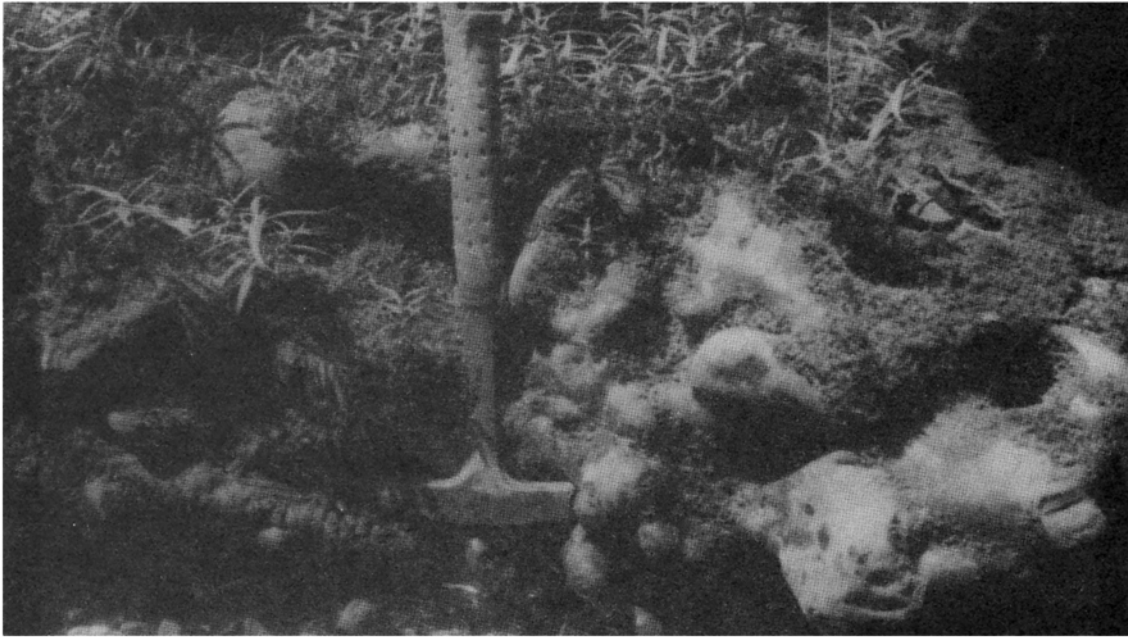


Fig. 3: Icnofósiles: *Ophiomorfa* (izquierda de la piqueta) y *Thalassinoides* (derecha de la piqueta)

***Serpulorbis papulosa* GUPPY**

Fragmentos de tubos moderadamente largos y gruesos, con escultura nodosa. La preservación no permite reconocer otras estructuras.

***Strombus* sp. (Lam. 2, Fig. 5, 6)**

Sólo se preservó la espira, en la que se pueden apreciar las numerosas vueltas y escaza escultura, típicas del género.

***Natica guppyana* TOULA (Lam. 1, Fig. 6, 7)**

Espira pequeña, con sulcos fuertes sólo en la parte posterior, ombligo ancho y amplio.

ancho: 3 mm

alto: 5 mm

Modo de vida: carnívoro.

***Ficus* sp. (Lam. 2, Fig. 1)**

Fragmento de la habitación de un individuo adulto, con la típica escultura reticulada. Presenta costras de Bryozoos Cheilostomata.

***Phos moorei* GUPPY (Lam. 2, Fig. 11)**

Concha de tamaño medio, sólida. Espira alta. Vueltas fuertemente esculturadas con costillas rectas y continuas. Las costillas están cruzadas por pliegues espirales. Canal sifonal anterior cor-

to, doblado. Abertura subelíptica, labio interno con diez estrías regulares y fuertes.

ancho: 1,2 cm

alto: 2,3 cm

Modo de vida: carnívoro

***Phos* sp. (Lam. 2, Fig.3)**

Fragmento sólo reconocible a nivel genérico por su escultura.

***Latirus* sp.**

Fragmento de concha pequeña, delgada, con un canal sifonal largo. Falta la espira.

***Voluta alfaroi* DALL (Lam. 2, Fig. 7)**

Concha gruesa, vueltas con hombro y con diez pliegues verticales fuertes, agudos y muy altos en el hombro. La espira está incompleta.

ancho: 1 cm

alto: 2 cm

Modo de vida: carnívoro

***Oliva brevispira* GABB (Lam. 2, Fig. 2)**

Concha moderadamente convexa, espira corta y vueltas de la espira algo cóncavas.

ancho: 1,8 cm

alto: 4 cm

Modo de vida: carnívoro.



*Olivella limonensis* var. *bocasensis* OLSSON (Lam. 2, Fig. 8)

Concha pequeña, con espira cónica. La última vuelta larga, de forma cilíndrica y contraída en la parte media. El labio interno presenta un callus pequeño con dentículos finos.

ancho: 2 mm

alto: 5 mm

Especie común en la fase coralina de la Formación Río Banano.

*Conus proteus* HWASS (Lam. 1, Fig. 9)

Espira alta con cordones espirales débiles entre las vueltas, hombro recto. Muy bien preservada, conservando inclusive partes de la coloración, consistente en manchas de color café.

ancho: 21 mm

alto: 41 mm

Modo de vida: carnívoro.

*Conus* sp. (Lam. 1, Fig. 8)

Molde interno de concha muy grande (más de 10 cm de alto), con vueltas dispuestas de manera similar al género *Conus*.

*Malea elliptica* PILSBRY & JOHNSON (Lam. 1, Fig. 10)

Concha globosa, con la típica escultura de pliegues espirales gruesos, aplastados y la espira baja, del género.

ancho: 46 mm

alto: 61 mm

*Drillia* sp. (Lam. 2, Fig. 4)

Concha muy pequeña, con escultura axial fuerte, debilitada en el hombro. Canal anterior corto.

#### Clase Bivalvia

*Arca honensis* OLSSON (Lam. 3, Fig. 2)

Concha rectangular, elongada, moderadamente convexa. Umbones en posición anterior. Presenta cerca de veintiséis costillas, separadas por amplios interespacios, lisos. Área cardinal larga, charnela recta con muchos dientes pequeños.

largo: 19 mm

alto: 7 mm

Modo de vida: sedimentívoro

*Anadara dariensis* BROWN & PILSBRY

(Lam. 3, Fig. 4)

Concha elongada con cerca de treinta costillas. Umbón subcentral.

largo: 30 mm

alto: 22 mm

Modo de vida: sedimentívoro

*Glycymeris canalis* BROWN & PILSBRY (Lam. 3, Fig. 3, 5, 6)

Tamaño pequeño a medio, con costillas fuertes, muy juntas y redondeadas. Sobre estas presentan estrias concéntricas.

largo: 10 mm

alto: 10 mm

Habitat: enterrada en zonas someras

*Ostrea* sp. (Lam. 3, Fig. 1)

Fragmentos sólo reconocibles por su estructura en capas, su charnela disodonta y la presencia de una capa interna de nacar. Con costras de Brizoos Cheilostomata en la superficie.

*Pecten coralliphila* OLSSON (Lam. 3, Fig. 9)

Concha pequeña, delgada, más ancha que alta. Orejas pequeñas y desiguales. Escultura con cerca de veintitrés costillas radiales bajas.

ancho: 8-19 mm

alto: 7-18 mm

Habitat: aguas someras

*Pecten* sp. (Lam. 3, Fig. 12)

Especimen de pequeño tamaño, valva cóncava y orejas pequeñas. A pesar de que está bien preservado, no se encontró una especie comparable.

largo: 11 mm

alto: 11 mm

Habitat: aguas someras

?*Pecten* sp.

Fragmentos de conchas sin el umbo, por el tipo de escultura y la forma externa, se asemeja al género *Pecten*.

*Corbula oropendula* OLSSON (Lam. 3, Fig. 11)

Concha pequeña, sólida, elongada. Umbo casi central. Margen anterior redondeado, el posterior algo contraído. Con quilla bien marcada. Escultura de costillas concéntricas fuertes.

largo: 21 mm

alto: 19,5 mm

Habitat: zona entre mareas

*Tivela* sp. (Lam. 3, Fig. 9)

Forma triangular, concha lisa. La charnela no se puede observar.

largo: 20 mm

alto: 13 mm

Habitat: en playas y barras arenosas.

*Chione* sp. (Lam. 3, Fig. 10)

Concha trigonal, inequilateral. Escultura concéntrica, fuerte. La escultura cancelada no es visible, debido a que no se preserva la capa externa de la concha.

largo: 35 mm

alto: 28 mm

Habitat: zona entre mareas, en fondos lodosos hasta profundidades de 69m (Keen, 1971).

*Chione (Lirophora)* sp. (Lam. 3, Fig. 7)

Varios fragmentos preservados sin la capa más externa. Es reconocible la forma externa y la escultura.

*Mulinia* sp. (Lam. 3, Fig. 8)

Concha pequeña, sin escultura. No se observa la charnela, por eso no se puede hacer una determinación segura.

largo: 3 mm

alto: 4 mm

Habitat: zona intermareal

#### Phylum mollusca

##### Gastropoda

##### Bivalvia

*Serpulorbis papulosa* GUPPY

*Arca honensis* OLSSON

*Strombus* sp.

*Anadara dariensis* BROWN & PILSBRY

*Natica guppyana* TOULA

*Glycymeris canalis* BROWN & PILSBRY

*Ficus* sp.

*Ostrea* sp.

*Phos moorei* GUPPY

*Pecten coralliphila* OLSSON

*Phos* sp.

*Pecten* sp.

?*Latirus* sp.

?*Pecten* sp.

*Voluta alfaroi* DALL

*Corbula oropendula* OLSSON

*Oliva brevispira* GABB

*Tivela* sp.

*Olivella limonensis* var.

*Chione* sp.

*bocasencis* OLSSON

*Conus proteus* HWASS

*Chione (Lirophora)* sp.

*Conus* sp.

*Mulinia* sp.

*Malea elliptica* PILSBRY &

JOHNSON

*Drillia* sp.

**Phylum Bryozoa** (Lam. 2, Fig. 10, 12, 13)

Muchos fragmentos de colonias de Bryozoa Cheilostomata, ramificadas y encostrantes.

**Phylum Arthropoda**

Fragmentos de tenazas de cangrejos.

#### Iconofósiles

**Ophiomorfa nodosa** (Fig. 3)

Muchas estructuras típicas, de tubos con paredes nodulares.

**Thalassinoides** (Fig. 3)

Tubos verticales y galerías laterales interconectados.

#### PALEOAMBIENTE

El análisis de la secuencia evidencia la existencia de al menos dos facies bien diferenciadas:

La primera está constituida por areniscas, areniscas fosilíferas, calizas arrecifales y conglomerados, depositados en un ambiente litoral. Esta facies corresponde a la Formación Río Banano (Plioceno) y presenta tres de las facies descritas por Taylor (1971).

Se interpretan como ambientes someros, relacionados con depósitos estuarinos (evidenciados por la presencia de un estrato, completamente bioturbado, que corresponde con la Icnofacies **Psilonichnus**, que caracteriza al supralitoral, con energía de moderada a baja; pero típicamente costero, de baja diversidad, pero densidad variable, conformada por conjuntos de organismos perforadores que se alimentan por suspensión, o son sedimentívoros; generalmente los constructores de estas trazas son crustáceos), los cuales fue-

ron interrumpidos por un evento de depositación rápida (evidenciado por las areniscas sin trazas de vida). Posteriormente se instalan pequeñas comunidades arrecifales, las cuales pasan lateral y verticalmente a depósitos de deltas arenosos y conglomerádicos posiblemente del sublitoral y/o litoral.

La segunda facies, corresponde a una "fan deltaica", incluidas en la Formación Suretka (Pleistoceno), las cuales están constituidas por depósitos proximales (conglomerados) y distales (lutitas con materia orgánica), en una sucesión progradante del tipo CU (coarsening upward).

La influencia del tectonismo existente en el área mientras ocurría la sedimentación es muy clara, culminando con el levantamiento de la Cordillera de Talamanca, el cual se evidencia en la acumulación de series potentes de conglomerados de la Formación Suretka.

### CONCLUSIONES

- Se analizaron y describieron brevemente 26 especies de moluscos (14 de Gastrópodos y 12 de Bivalvos). Además se incluyen las determinaciones específicas de los corales presentes en la secuencia, así como una referencia de los otros restos de organismos encontrados.

- La sección corresponde con depósitos costeros interdigitados, con ambientes de plataforma carbonatada (arrecifes) y siliciclásticos (estuarinos y deltáicos), culminando con depósitos "fandeltaicos".

- El análisis de la secuencia permite inferir la existencia, durante cortos períodos, de condiciones adecuadas para la instalación de pequeñas comunidades arrecifales, los cuales posiblemente fueron interrumpidos por caídas locales del nivel del mar y/o levantamientos, culminando con la colmatación definitiva de la cuenca, por el aporte proveniente del levantamiento de la Cordillera de Talamanca.

- En esta secuencia se evidencia la extinción de las comunidades arrecifales por eventos de levantamiento, con la consecuente caída del nivel del mar y también por altas tasas de sedimentación. Esto constituye posiblemente, la principal causa de la desaparición de las comunidades arrecifales a través de la Historia Geológica de Costa Rica.

### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó con el soporte económico del proyecto 113-90-071: Análisis Geo-estructural Comparado de Costa Rica, de la Vice-rectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica.

Se agradece a Sergio Hernández por su aporte en la preparación de las muestras para el estudio paleontológico. El director de la Escuela de Geología, Walter Montero apoyó a los autores para la realización de este trabajo. Jorge Cortés y Nancy Budd ayudaron en la clasificación de los corales.

### BIBLIOGRAFIA

- CAMPOS, L., 1987: Geología de la Fila Asunción y zonas aledañas, Atlántico Central, Costa Rica.- 78 págs. Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica, (tesis inédita).
- CASELL, D., 1986: Neogene Foraminifera of the Limon Basin of Costa Rica. - 321págs., PhD. Thesis of the Graduate Faculty of the Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College, (inédita).
- CERVANTES, F., 1989: Base geológica para los análisis geotécnicos del Proyecto Hidroeléctrico Siquirres, Provincia de Limón, Costa Rica.- 117 págs. Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica, (tesis inédita).
- COATES, et al., 1992: Closure of the Isthmus of Panamá: The near-shore marine record of Costa Rica and Western Panamá. - *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 104: 814-828.
- FERNANDEZ, J.A., 1987: Geología de la Hoja Topográfica Tucurrique (1:50.000, I.G.N.C.R., N°34451).- 206 págs. Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica, (tesis inédita).
- CORTES, J., 1991: Arrecifes Coralinos de Golfo, Costa Rica: Aspectos Geológicos. - *Rev. Geol. Amér. Central*, 13:15-24.

- CORTES, J. & RISK, M., 1985: A Reef under siltation stress: Cahuita Costa Rica. - Bull. Marine Science, 36(2):339-356.
- HEDGPETH, J.W., (ed.), 1957: Treatise on Marine Ecology and Paleocology, I: Ecology. - 1296 págs., Ed. Geol. Soc. América.
- KEEN, M., 1971: Sea Shells of Tropical West America. - 1064 págs. Stanford University Press, Stanford, California.
- OLSSON, A., 1922: The Miocene of Northern Costa Rica. - Bull. Amer. Paleont., 9(39): 179-460, pl. 1-32.
- PARKER, R.H., 1964: Zoogeography and ecology of some macroinvertebrates, particularly Mollusks, in the Gulf of California and the Continental slope off México. - Vidensk. Medd. Dansk Naturh. Foren., 126: 1-178, pl. I-XV.
- PICKERILL, R. & BRENCHLEY, P., 1991: Benthic macrofossils as paleoenvironmental indicators in marine siliciclastic facies. - Geoscience Canada. 18(3):119-138.
- TAYLOR, G.D., 1975: The Geology of Limón Area of Costa Rica. - 116 págs. PhD. Thesis of the Graduate Faculty of the Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College, Illinois (inérita).