

Rev. geol. Amer. Central 9: 41-60; San José, Costa Rica 1988

**ICNOLOGIA DE LOS SEDIMENTOS MARINOS DE LA FORMACION DEL CARMEN
DISTRITO DE COBANO, PUNTARENAS, COSTA RICA**

César A. Laurito

Refinadora Costarricense de Petróleo, Apdo. Postal 4351-1000 San José, Costa Rica

ABSTRACT

This work correlates the sedimentary facies of the Lower Miocen El Carmen Formation with fossil facies identified for similar environments. Six ichnogenera are described wich permit the identification of four ichnofacies, specifically: Trypanites, Skolitos, Cruziana and Zoophycos. However, it es not possible, in all cases, to make satisfactory bathymetric correlations.

RESUMEN

Este trabajo correlaciona las facies sedimentarias de la Formación El Carmen, de edad Mioceno inferior, con las icnofacies definidas con base en las trazas fósiles encontradas en dichos ambientes.

Se describen seis icnogéneros que permiten reconocer cuatro icnofacies a saber: Trypanites, Skolitos, Cruziana y Zoophycos. En ningún caso es posibles establecer correlaciones barimétricas.

INTRODUCCION

La cuenca neógena de Mal País ha sido estudiada por Dengo (1962), quien la correlacionó equívocamente con la Formación Masachapa, que aflora en la costa suroeste de Nicaragua y por Lundberg (1982), Baumgartner et al. (1984), Mora (1985), Seyfried et al. (1987 a y b) y Laurito (1988).

La Formación El Carmen fue definida por Mora (1985) como Formación Santa Teresa, quien incluyó los sedimentos marinos someros de edad Mioceno Inferior, que afloran en el margen occidental del extremo meridional de la Península de Nicoya, en los alrededores de los poblados de Mal País y Santa Teresa (Hoja Cabuya, IGNCR; Figs. 1 y 2).

Laurito (1988) reconoce cuatro facies sedimentarias, que corresponden a tres ambientes de depositación, que son:

a) Sedimentos de abanico deltaico mareal, los cuales se caracterizan por depósitos de brechas y conglomerados, sedimentados a lo largo de canales mareales y de desembocaduras.

b) Sedimentos deltaicos, que se dividen en dos facies: facies de frente deltaico, compuestas de bancos métricos de limos, con escasas intercalaciones tempestuosas y facies de prodelta constituidas por alternancia de bancos centimétricos, de arenas finas hasta gruesas, de origen tempestuoso, con sedimentación de transfondo, copuesto de limos con laminación paralela.

c) Sedimentos de bahía constituidos por limos, con arenas finas hasta gruesas, gravas y ocasionales acumulaciones de fósiles; generalmente se encuentran los sedimentos muy bien cementados.

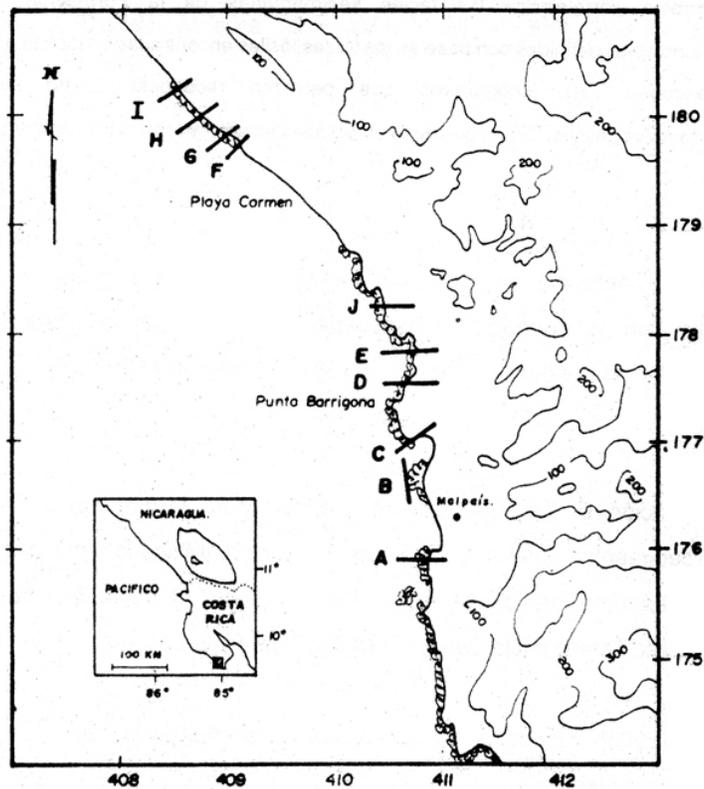


Fig.1 MAPA DE UBICACION DE AFLORAMIENTOS Y COLUMNAS. Hoja Cabuya Esc: 1/50.000 I.G.N.C.R.

ICNOLOGIA DE LA FORMACION DEL CARMEN

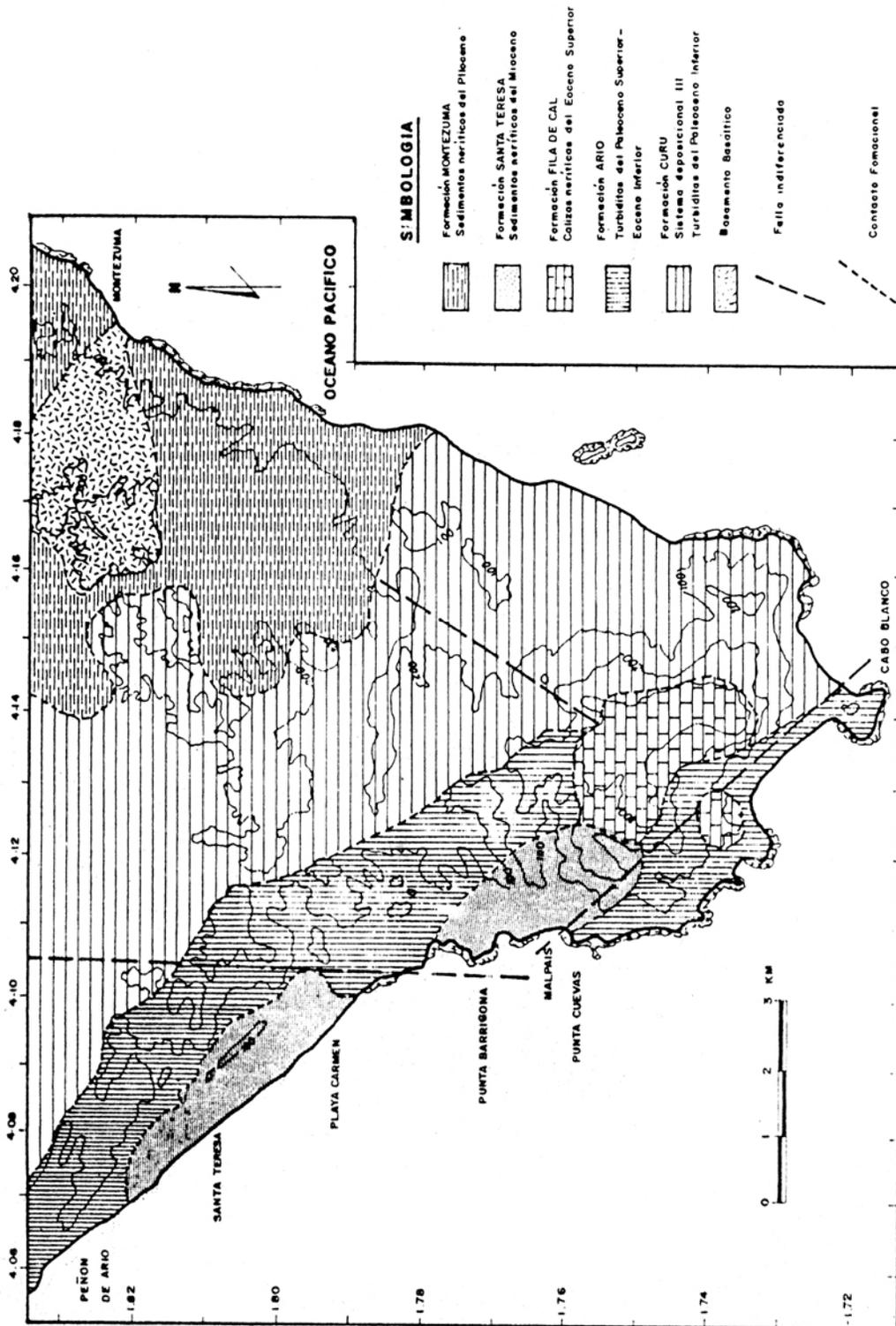


FIG. 2. Área de peñon de Ario-Cabo Blanco. Basado en Dengo G (1962); Campaña Geológica de la Escuela Centroamericana de Geología (1983, 1984) BAUMGARTNER et al (1984), Mora C. (1985) y ASTORGA & CAMPOS (1987). Calvo C (1987)

Las secuencias sedimentarias se hallan cortadas por dos discordancias denominadas U-3 y U-4. La U-3 corta los sedimentos de bahía abruptamente, depositándose sobre ésta los sedimentos de frente deltaico y de planicie de abanico deltaico mareal (Figs. 3 y 4).

ICNOLOGIA

El análisis icnofacial se realizó con base en la observación de campo y la obtención de material fotográfico, y a partir de la revisión de la bibliografía disponible en el país sobre el tema.

No se recolectaron muestras ni se realizaron secciones pulidas. Las trazas fueron estudiadas in situ, lo que permitió el reconocimiento de las siguientes facies:

- 1) Icnofacies Trypanites,
- 2) Icnofacies Skolitos,
- 3) Icnofacies Cruziana y,
- 4) Icnofacies de Zoophycos.

A continuación se realiza el estudio de cada icnofacies y de las trazas fósiles que pueden ser asociadas con éstas.

1) ICNOFACIES DE TRYPANITES

Definida por Frey & Seilacher, 1980 (en Ekdale et al., 1984). Comprende un distintivo conjunto de trazas fósiles, asociadas a sustratos totalmente litificados en ambientes marinos. En ambientes marinos someros estos sustratos se les asocia comúnmente a costas rocosas, discordancias, fondos duros y otras clases de superficies de omisión.

Esta icnofacies se encuentra representada, en la Formación El Carmen, por una discordancia anular U-3, la cual se interpreta como una superficie de "ravinement" (cf. Nummedal et al., 1986) y se ubica en el techo de los depósitos de bahía externa. Esta representa un corto período regresivo, en el que se formó la paleoplataforma de abrasión marina, que luego fue colonizada por bivalvos de la familia *Pholidae*.

La icnofacies de Trypanites se caracteriza por dos trazas fósiles, las cuales corresponden a un mismo icnogénero, que son:

1.1) *Gastrochaenolites*, Mc. Huron (1976)

Traza de domichnia originada por bivalvos perforantes, que habitan sustratos duros, los cuales perforan al disolver el carbonato de calcio contenido en la roca.

Poseen forma de pera, con longitudes de 2 a 3 cm de diámetros de 1 cm aproximadamente, en su parte más ancha. Algunas formas son achatadas o elongadas, ligeramente cilíndricas; en corte transversal muestran formas circulares (fotos 1,2 y 3). Las trazas de *Gastrochaenolites* son muy abundantes y se encuentran en altas densidades a lo largo de la discordancia U-3, donde es posible observarla in situ como bloques parautoctonos.

2) ICNOFACIES DE SKOLITOS

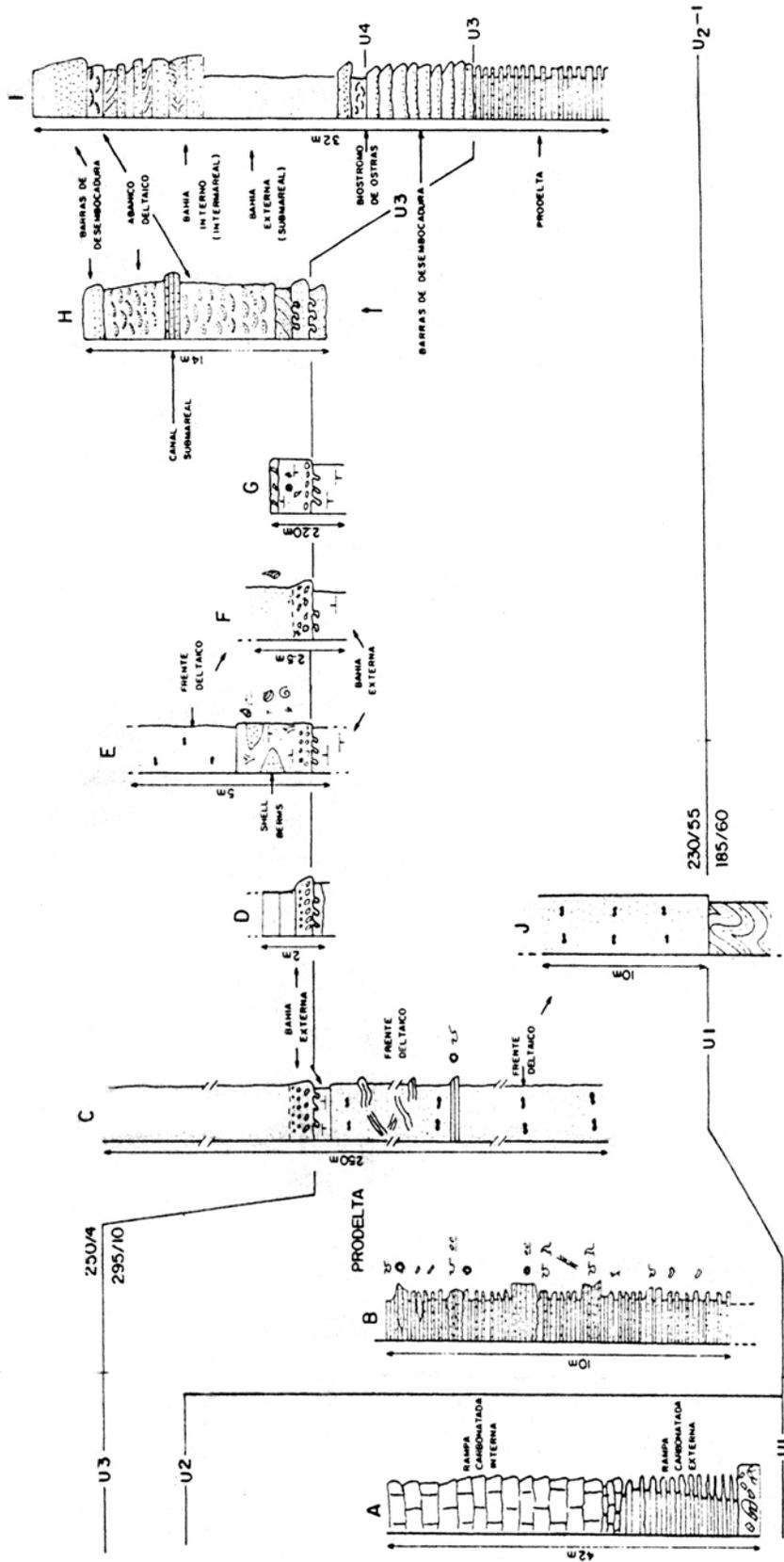
Propuesta por Seilacher en 1976 (cf. Ekdale et al., 1984). Es una "facies característica de condiciones de alta energía, que produce sedimentos limpios, bien sorteados, con retrabajamientos físico del sedimento por corrientes y oleaje, y con cambios rápidos en las tasas de depositación y erosión. Sus estructuras sedimentarias asociadas constituyen laminación paralela a subparalela y estratificación inclinada de pequeña escala."

En la Formación El Carmen la icnofacies de Skolitos se encuentra asociada a los depósitos de bahía (Near Shore) y está representada por dos trazas que son: *Thalassinoides* sp. y *Ophiomorpha nodosa*.

2.1) *Thalassinoides*, Ehrenberg (1944)

Es una traza de domichnia constituida por un sistema de tubos de pared lisa, rectilíneos hasta irregulares, interconectados, que eventualmente pueden originar redes muy elaboradas.

Fig. N° 4 CORRELACION SEDIMENTO ESTRATIGRAFICA DE LA CUENCA NEOGENA DE MALPAIS.



Simbología.

Litología y Geométrica.

	Caliza Bancos métricos - decimétricos. Bancos decimétricos.
	Calcarenitas y lutitas Intercaladas.
	Limos y areniscas finas. Bancos centimétricos a veces decimétricos alternantes.
	Areniscas finas y medias Bancos métricos.
	Limolitas calcáreas Bancos decimétricos.
	Gravas y arenas gruesas, Bancos decimétricos.
	Gravas y arenas gruesas Bancos centi- decimétricos.
	Lutitas y areniscas Bancos centimétricos.

Trazas Fósiles.

	Ophiomorfa nodosa.
	Thalassinoides sp.
	Rhizocorallium sp.
	Gastrochenollites sp.

Fósiles

	Foraminíferos
	Echinodermos.

Estructuras Sedimentarias.

	Estratificación festoneada. (Through cross bedding)
	Estratificación inclinada. (Cross stratification)
	Estratificación cola de arenque. (Hering bone bedding)
	Deslizamientos sinsedimentarios (Stumps) y Estratos Deslizados.
	Gradación positiva.
	Intercalaciones tempestíticas.
	Estructuras de carga en almohadilla.
	Estructura de flama.
	Intraclastos (rip up clasts).
	Fallas sinsedimentarias.
	Microfallamiento sinsedimentario.
	Estratificación lenticular.
	Cantos rodados intraformacionales, imbricados
	Litoclastos angulares intraformacionales.
	Concreciones y niveles de concreciones.

	Gasterópodos.		Ostreas.
	Bivalvos.		Oncoides.
	Pectínidos.		Corales solitarios.

Esta traza exhibe una bioconstrucción vertical en los depósitos de bahía, con paredes lisas, de forma ligeramente regular y se encuentran rellenas con macroforaminíferos retrabajados (Foto 4).

En las facies de prodelta, a diferencia de las facies de bahía, se caracteriza por una bioconstrucción horizontal, con diámetros de 2.5. a 3.5. cm de espesor y longitudes variables entre 1 y 3 m. . Además, presentan superposición e interconexión de sus tubos (Fotos 5 y 6). Esta traza aparece en los depósitos tempestíticos finos (arenas finas a medias) y no así, en los depósitos de sedimentación de trans fondo.

2.2) *Ophiomorpha nodosa* , Lundgren (1891)

Se presenta junto con *Thalassinoides*, en las facies tempestíticas de prodelta y, al igual que ésta, exhibe una bioconstrucción horizontal. Es una traza tubiforme, que se caracteriza por contar con una pared formada por el aplilamiento de bolitas fecales y una segmetación interna de la pared (Fotos 7 y 8). Las trazas poseen diámetros variables, desde 2 hasta 4 cm. La bioturbación varía desde moderada (en el acantilado de Playa Mal País), a muy fuerte (en el acantilado de Playa Santa Teresa).

La *Ophiomorpha nodosa* y *Thalassinoides* definen la Icnofacies de Skolitos e incluyen a los sedimentos tempestíticos de las secuencias prodeltaicas de la Formación Carmen.

3) ICNOFACIES DE CRUZIANA

Definida por Seilacher (1978) como la zona generalizada de los sedimentívoros, dominados por la turbulencia del agua, la que al decaer permite, a los alimentadores de depósito y sedimento, alcanzar altos grados de colonización y diversidad en un mismo sustrato. Refleja un ambiente de salinidad normal, temperatura variable, buena oxigenación y fondos estables, excepto durante las tormentas (cf. Howard, 1978). Su distribución geográfica es muy amplia. Comunmente se encuentra asociada a sedimentos de plataforma, pero también puede ocurrir en áreas marginales marinas, como estuarios, bahías y lagunas (Ekdale et al., 1984).

La Icnofacies de Cruziana caracteriza las facies podeltaicas de la Formación Carmen y presenta la mayor diversidad de icnogéneros. Pese a ello, la bioturbación es moderada, siendo posible reconocer las siguientes trazas: a) *Rhizocorallium*, b) *Chondrites* y c) *Zoophycos*.

3.1) *Rhizocorallium*, Zemker (1836)

Esta traza es poco frecuente y caracteriza los sedimentos de transfondo de las facies podeltaicas. Está constituida por tubos lisos en forma de "U", con bioconstrucción horizontal de domichnia y estructuras portrusivas. La especie encontrada es sumamente pequeña, con longitudes menores a los 2 cm y diámetros que varían de 1 a 3 mm.

En cortes paralelos a los planos de estratificación, se observan secciones digiformes, en pares paralelos o círculos, rodeados y unidos por el halo de protrusión (Foto 9). En cortes longitudinales, perpendiculares a la superficie de estratificación, se observan tubos irregulares de pared lisa, de hasta 5 cm de longitud (Foto 10).

En general, la bioturbación por *Rhizocorallium* es escasa, pero localmente moderada, y se encuentran dos tamaños, lo cual se interpreta como la convivencia de organismos juveniles y adultos simultáneamente. El pequeño tamaño de esta traza demuestra la escasez de nutrientes en los sedimentos de transfondo. Risk (en Mora, 1983) interpretó erróneamente esta traza y la asoció al icnogénero *Squilla* (?).

3.2) *Chondrites*, von Sternberg (1833)

Es una traza domichnia y fodichnia, que se reconoce por presentar un sistema tridimensional de galerías ramificadas, en el que cada rama diverge de la anterior 45°, es un plano lateral, o se muestra menos inclinada en un plano horizontal (Fotos 11 y 12). El ancho de las galerías se mantiene constante y presenta secciones circulares en cortes transversales.

Son frecuentes en los sedimentos podeltaicos de transfondo y, al igual que el *Rhizocorallium*, muestra una bioturbación moderada y local. Se observan dos tipos de *Chondrites*, ambas de pequeño tamaño, lo que refleja la escasez de nutrientes en el sedimento.

3.3) *Zoophycos* , Massalongo (1855)

Es una traza de domichnia-fodichnia, con bioconstrucción tridimensional, la cual se encuentra asociada a los sedimentos de transfondo. No es una traza típica de la Icnofacies de Cruziana y su frecuencia en los sedimentos prodeltaicos es muy rara (Foto 13).

4) ICNOFACIES DE ZOOPHYCOS

Definida por Rhoads en 1975, quien derivó de la Icnofacies de Cruziana sensu Seilacher, 1967. (en Howard, 1978). Esta icnofacies es típica para fondos suaves, pobremente oxigenados, ocasionalmente removidos y medamente consolidados, localizados en el borde de la plataforma y en el talud continental. A diferencia de la Icnofacies de Cruziana, presenta una baja diversidad de trazas, una o dos, y bioturbación moderada hasta fuerte. Dentro de las trazas se encuentra la Zoophycos.

4.1) *Zoophycos* , Massalongo (1855)

Caracteriza los sedimentos de la facies de frente deltaico de la Formación Carmen. Presenta densidades de bioturbación muy fuerte, originado ocasionalmente bioturbación tipo moteada, por superposición.

En cortes transversales, puede observarse se estructura típica, ligeramente espiralada (Foto 14). Otras trazas asociadas con *Zoophycos* en los depósitos de frente deltaico son *Ophiomorpha nodosa* y *Thalassinoides*, que presentan una frecuencia excepcionalmente baja.

CONCLUSIONES

Con base en las trazas fósiles halladas es posible definir cuatro asociaciones o icnofacies, que pueden ser caracterizadas y correlacionadas con las facies sedimentológicas.

Entre estas facies es difícil establecer relaciones batimétricas, salvo en el caso de la Icnofacies de Trypanites, que permite una definitiva interpretación de la discordancia U-3, asociada a la zona de bioerosión z-4 de Fischer (1981).

Las otras icnofacies están en función de la granulometría y la energía del paleoambiente, como es el caso de los sedimentos prodeltaicos, en que la Icnofacies de Skolitos se asocia a eventos tempestuosos, que forman depósitos de arenas finas hasta gruesas, y la Icnofacies de Cruziana, la cual se asocia estrictamente a sedimentos de transfondo y ambientes de baja energía, con dominios de limos y una fracción de arena muy fina.

BIBLIOGRAFIA

- Baumgartner, P.O., Mora, C.R., Butterlin, J. Sigal, J., Glacón, G. Azema, J. & Bourgois, J., 1984: Sedimentación y paleogeografía del Cretácico y Cenozoico del litoral pacífico de Costa Rica. -- Rev. Geol. Amer. Centr., 1: 57-136, San José.
- Bromley, R.G. & Ekdale, A.A., 1984: Chondrites: a trace fossil indicator of anoxia in sediments. -- Science 224: 872-874.
- Crimes, T.P., Leg, J., Marcos, A. & Arboleya, M., 1977: Late Precambrian Lower Cambrian trace fossils from Spain. -- En: T.P. Crimes & J.C. Harper (Eds.). Trace fossils 2, Geol. Jour. Special Issue: 91-138.
- Dengo, G., 1962: Estudio Geológico de la región de Guanacaste, Costa Rica. -- Inst. Geog. Nac., Costa Rica. 112 pp., San José.
- Ekdale, A.A., Bromley, R.G. & Pemberton, S.G., 1984: Ichnology traces fossils in sedimentary and stratigraphy. -- Soc. Econ. Paleontols. Minerals. Short Course Notes 15: 317 pp. Tulsa.
- Fischer, R., 1981: La bioerosión de la costa pacífica de Costa Rica. --Ann. II Congr. Latinoam. Paleont., II: 907-918, Porto Alegre, Brasil.
- Frey, R., 1978: Behavioral and ecological implications of trace fossils. -- En: P.B. BASAN (ed.), Trace Fossils Concepts: Soc. Econ. Paleontols, Minerales., Short Courses Notes 15: 67-118.
- Howard, J.D., 1978: Sedimentology and trace fossils. -- En: P.B. BASSAN (ed.): Trace Fossils Concepts: Soc. Econ. Paleontols. Minerales. Short Courses Notes 5: 13-47. Tulsa.
- Laurito, C.A., 1988: Análisis sedimentológico de las Formaciones El Fraile, en la costa suroeste de Nicaragua, Carmen y Punta Carballo en la costa pacífica de Costa Rica. --110 pp. Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica (tesis inédita).

- Lundberg, N., 1982: Evolution of the slope landward of the middle America trench Nicoya Peninsula, Costa Rica. -- En: LEGGET, J.K. (eds.) Trench Forearc Geology: Sedimentation and Tectonics on Modern and ancient Active Plate Margins: 131-141. London.
- Mora, C. 1985: Sedimentología y geomorfología del sur de la Península de Nicoya (Provincia de Puntarenas, Costa Rica). -- 148 pp. Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica, (tesis inédita).
- Numedal, D., Swift, D.J. & Wright, R., 1986: Depositional sequences and shelf sandstone in Cretaceous strata of San Juan basin. New Mexico. -- Field Guide 7 th. Ann Res. Cont. G.C.S./ S.E.P.M. 277 pp., Corpus Christi.
- Seyfried, H., Astorga, A. & Calvo, C., 1987 a: Sequence stratigraphy of deep and shallow water deposits from an evolving island arc: the Upper Cretaceous and Tertiary of Southern Central America. -- Facies 17: 203-214. Houston.
- Seyfried, H., Astorga, A., Calvo, C., Laurito, C., 1987 b: Sequence (Cyclicality biostratonomy, icnofacies to subsidenci, sea level fluctuation, and exceptional events in Cenozoic fore arc basins of South Central America. -- G.C.S.-S.E.M.P., Foundation Eighth Annual Conference: 131-141. Tulsa.
- Seilacher, A., 1978: Use of trace fossils for recognizing depositional environments. --En: P.B. BASAN (ed.). Trace fossils Concepts: Soc. Econ. Paleontols. Minerals. Short Courses Notes 5: 167-181. Tulsa.
- Warne, J. & Mc Huron, J., 1978: Marine Borers: Trace fossils and Geological Significance. - En: P.B. BASAN (ed.) Trace Fossils Concepts: Soc. Econ. Paleontols. Minerals. Short Courses Notes 5: 67-118. Tulsa.

DESCRIPCION DE LAS FOTOS

- Foto 1: Dos tipos de trazas de *Gastrochaenolites* sp., una con forma típica de pera y otra ligeramente cilíndrica; ambas en un intraclasto parautóctono (0.5 x).
- Foto 2: *Gastrochaenolites* sp. en un corte transversal a los ejes largos de las trazas. Se observa la superposición de algunas de las perforaciones (0.4 x).
- Foto 3: Molde interno de *Gastrochaenolites* sp. en forma de pera; se observa además la discordancia erosiva U-3 (1.3 x).
- Foto 4: *Thalassinoides* sp. relleno con macroforaminíferos retrabajados en las facies de bahía interna, bajo la discordancia U-3 (0.5 x).
- Foto 5: *Thalassinoides* sp. con bioconstrucción horizontal, en los sedimentos tempestíficos de las facies de prodelta (0.16 x).

- Foto 6: *Thalassinoides* sp. en los sedimentos tempestíticos de prodelta (0.1 x).
- Foto 7: *Ophiomorpha nodosa* con bioconstrucción horizontal dentro de los depósitos tempestíticos de las facies de prodelta (0.6 x).
- Foto 8: Estructura de la pared interna de traza de *Ophiomorpha nodosa*, en los depósitos tempestíticos de la facies de prodelta (0.7 x).
- Foto 9: *Rhizocorallium* sp. en un corte paralelo a la superficie de estratificación, en dos tamaños. Se identifica por presentar elementos de su estructura dispuestos en pares unidos por un halo de protusión (0.5 x).
- Foto 10: *Rhizocorallium* sp. en un corte perpendicular a la superficie de estratificación, en los sedimentos de transfondo de las facies de prodelta (0.8 x).
- Foto 11: *Chondrites* sp. visto en un corte cuasi-perpendicular a la superficie de estratificación, en los sedimentos de transfondo de las facies de prodelta (2 x).
- Foto 12: *Chondrites* sp. en un corte paralelo al plano de estratificación. Se aprecia su estructura radiada y ramificada (0.75 x).
- Foto 13: *Zoophycos* sp. visto en un corte perpendicular al plano de estratificación, donde se aprecia su estructura protrusiva (tamaño natural).
- Foto 14: *Zoophycos* sp. con estructura espiralada, en un corte paralelo al plano de estratificación, en las facies de frente deltaico (0.6 x).

