

## Observaciones biológicas preliminares sobre el arrecife coralino en el Parque Nacional de Cahuita, Costa Rica

por

Michael J. Risk\*, Manuel M. Murillo \*\* y Jorge Cortés\*\*\*

(Recibido para su publicación el 8 de mayo de 1980)

**Abstract:** Preliminary investigation at Cahuita National Park, Costa Rica suggests that the reef is in a state of decline. The number of coral species is less than half that recorded for other Caribbean areas. Growth rates of individual coral heads may be, however, as high as in other areas. Boring sponges are ubiquitous, but only 4 species were found. A series of descriptions and sketches are given of the various reef habitats represented in the park.

Evidence from coral growth habits and species composition, direction of longshore drift, and sediment studies suggest that heavy sediment loading may be responsible for the present state of the reef.

Los arrecifes coralinos se encuentran entre los ecosistemas más diversos y más productivos del mundo (ver artículos de revisión de Stoddart, 1969; Yonge, 1963; Lewis, 1977). Con respecto a la importancia que tienen para los habitantes de las regiones costaneras los arrecifes de coral contienen recursos pesqueros valiosos cuya potencialidad ha sido subutilizada (Stevenson & Marshall, 1974; Brownell, 1971; Risk, 1980), constituyen una barrera de protección contra la erosión de la costa (Roberts *et al.*, 1975), y representan una importante atracción turística.

Los estudios iniciales sobre estos sistemas ecológicos, llevados a cabo en el Atlántico centro-occidental, son indicativos de que el límite norte para el desarrollo de arrecifes coralinos está cerca de Florida, Bermuda y las Bahamas (Vaughn, 1914; 1915). Estos estudios preliminares introdujeron en la literatura el concepto que los arrecifes del Caribe eran, en general, muy pobres en comparación con los que se dan en el Pacífico. Estudios más recientes (Goreau & Wells, 1967; Glynn, 1973) sugieren que la diversidad y las tasas de crecimiento de algunos arrecifes coralinos del Caribe son comparables con las del Indo-Pacífico.

Morfológicamente, las masas de coral del Caribe aparecen en atolones y en arrecifes de barrera, como es el caso de las barreras de las costas de Belice y de Florida, superadas únicamente en extensión por la Gran Barrera Coralina de

---

\* Departamento de Geología, Universidad de McMaster, Hamilton, Ontario, Canada.

\*\* Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

\*\*\* Universidad de Costa Rica y Estudiante de Posgrado Universidad de McMaster, Hamilton, Ontario, Canadá.

Australia (Milliman, 1973). A lo largo de la costa atlántica de América Central se encuentra una serie de arrecifes coralinos en desarrollo y de una diversidad considerable. Tal es el caso de las formaciones de coral frente a las costas de Belice, Nicaragua y Panamá. La costa Atlántica de Costa Rica, caracterizada en general por sedimentos de aluvión del Cuaternario, con grandes lagunas costeras, es poco apropiada para el desarrollo de arrecifes de coral. Sólo cerca de la frontera con Panamá, en el sur, se da un crecimiento apreciable de corales. El arrecife al sur de Cahuita es ciertamente el único en la costa Atlántica de Costa Rica.

El Parque Nacional de Cahuita fue creado por Decreto Ejecutivo No. 1236-A, el 7 de setiembre de 1970, consta de 1.100 hectáreas, y está situado a 35 km al sur de la ciudad de Limón. Los hábitats propios de este parque incluyen playas arenosas de alta energía, bosques pantanosos, y el arrecife de coral localizado aproximadamente a 82° 49' de longitud oeste y 9° 45' de latitud norte. Durante muchos años se han hecho observaciones de campo y colectas en el arrecife por parte de científicos de la Universidad de Costa Rica y naturalistas del Parque. Ha habido estudios sobre la biología de población de *Diadema antillarum* en Cahuita (Valdez y Villalobos, 1978). Hasta la fecha, sin embargo, la única descripción disponible sobre el arrecife y sus ambientes asociados es un manuscrito inédito de Wellington (1974) que intentó realizar un levantamiento ecológico del área y que constituye un éxito si se toma en cuenta las limitaciones bajo las cuales se llevó a cabo. Con esta publicación se intenta ampliar el trabajo original de Wellington, con énfasis particular en la ecología y en la distribución de las especies de coral que predominan en Cahuita.

El trabajo de campo en que se basa este estudio representa aproximadamente 40 días-hombre en el arrecife. Debido a que el transporte estuvo limitado a un pequeño bote, no se hizo esfuerzo para describir en su totalidad la parte frontal del arrecife. Las observaciones fueron obstaculizadas por la limitada visibilidad, por el fuerte oleaje y las corrientes que ahí prevalecen. Este aporte tiene el propósito de servir de descripción preliminar y como guía de campo para identificar los hábitats propios del arrecife del Parque Nacional de Cahuita. Es de esperar que algunas de las observaciones sean de utilidad para el futuro desarrollo del parque y que de él surjan estímulos para la ejecución de estudios más detallados sobre aspectos específicos de este interesante sistema ecológico.

#### AREA DE ESTUDIO

**Clima, localización y morfología general del arrecife:** Las tierras bajas de la costa Atlántica de Costa Rica se caracterizan por ser cálidas y húmedas, del tipo Br A'a, "Húmedo-Megatérmico" en la clasificación de Thornwait (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1976). La precipitación pluvial en las colinas que rodean a Limón puede alcanzar 7000 mm/año. La región de Cahuita es un poco más seca, con una precipitación anual entre 2000 y 4000 mm (según datos del presente estudio e información proveniente de Wellington, 1974). En esta zona la precipitación se reduce algo en febrero, marzo y abril, y de nuevo en agosto, setiembre y octubre, dando origen a dos épocas "secas", mejor descritas como "menos húmedas", durante el año.

La geología general de Costa Rica, con cadenas montañosas que corren de noroeste a sureste, determina que una proporción significativa del agua de lluvia de las provincias de Alajuela, Heredia y Limón escurra hacia el Atlántico (a lo largo de la costa este del país). Al norte de Limón hay varios ríos de caudal importante que desembocan en el Atlántico, incluyendo los Ríos San Juan, Colorado, Tortuguero,

Parismina, Pacuare y Matina. Los ríos que entran al Atlántico, en la región comprendida entre Limón y Punta Cahuita, son generalmente más pequeños e incluyen los Ríos Limoncito, Banano, Vizcaya y Estrella. En su mayoría, estos ríos describen meandros en la llanura costanera y tienen deltas en sus desembocaduras.

El estudio de la desembocadura de los ríos entre Limón y Punta Cahuita indica que la dirección del transporte de sedimentos a lo largo de la costa es de norte a sur. En la época lluviosa los ríos acarrearán una carga muy alta de sedimentos en suspensión. Los vientos prevaletentes son suaves y corren de norte a noreste. El perfil de la costa en esta región de Punta Cahuita es muy bajo, generalmente con un relieve inferior a 5 m. Los promontorios (probablemente del Plioceno) se pueden observar en el extremo de la Punta, y alrededor del área donde está ubicado el pueblo de Cahuita. Estas características geológicas y la morfología general del área pueden haber tenido algún efecto en el control del desarrollo del arrecife.

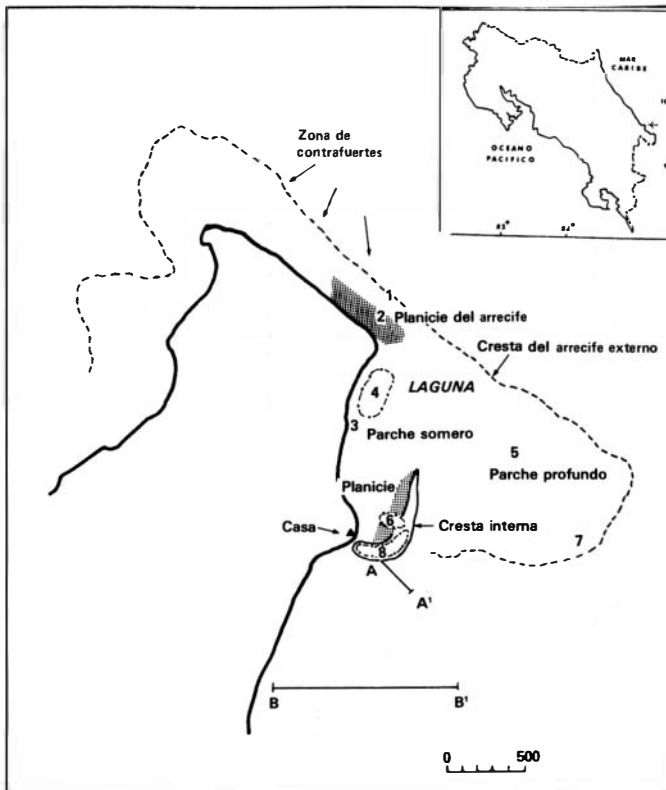


Fig.1. Diagrama descriptivo de las principales áreas del arrecife coralino de Punta Cahuita. Nótese la orientación de la cresta principal y la ubicación de la cresta interna respecto a la costa.

La cresta principal del arrecife de Cahuita corre de noroeste a sureste (Fig. 1); comienza como un arco a aproximadamente 600 m al norte de Punta Cahuita, luego corre recto hacia el sureste, por una distancia de 4 km (en algunos puntos llega hasta 300 m de la costa). La cresta luego dobla hacia el sur, en dirección a Puerto Vargas; aparece aquí una cresta secundaria, ubicada a una distancia aproximada de 100 m respecto a la casa que sirve de centro de operaciones para el parque, describiendo un arco hacia el noreste y luego hacia el norte. Se corrió dos perfiles batimétricos con una ecosonda Furuno, primero a partir de la cresta secundaria hacia afuera del arrecife, (línea A-A', Fig. 1) y en la bahía al sur de las instalaciones centrales del parque (línea B-B', Fig. 1); ambos perfiles se reproducen en la Fig. 2. En la Fig. 1 se señalan varios subhabitats del arrecife en donde se hizo observaciones, a las que se hace referencia en la sección siguiente. En general, la cresta ubicada más hacia el norte del arrecife es una región de contrafuertes de coral muerto; los corales crecen con más vigor progresivamente hacia el sur, siguiendo la cresta que llega a Puerto Vargas. El fondo de la laguna está cubierto por sedimentos gruesos (por lo general tapizados por una impresionante biomasa de algas bénticas), con zonas de *Thalassia* y pequeños parches de coral.

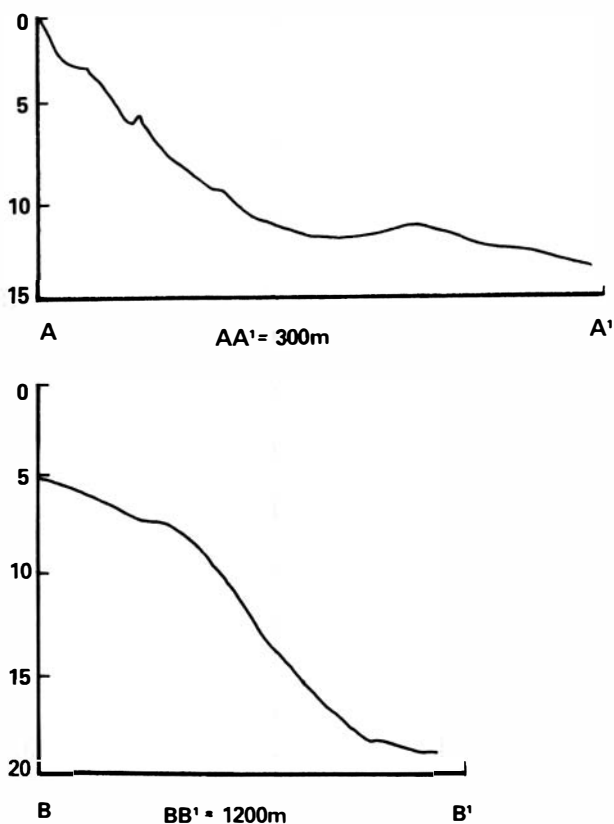


Fig.2. Perfiles batimétricos, Punta Cahuita. A. Línea A-A' (Fig.1.) en dirección sureste a partir de la cresta interna (secundaria). B. Línea B-B' (Fig.1) fondo de la bahía al sur de la cresta interna.

**Descripción de algunas áreas escogidas:** Las áreas que se describen a continuación se consideran como representativas de la variedad de ambientes que se encuentran en el arrecife de Cahuita. Varias de ellas son accesibles desde la costa y es probable que sean las más visitadas por los turistas y científicos. Su localización relativa fue determinada con un compás Brunton, a partir de los extremos de una línea de longitud pre-establecida. Se hizo diagramas compuestos para cada una de las áreas.

**Area 1. Parte norte de la cresta del arrecife (Fig. 3):** Esta área se caracteriza por tener contrafuertes de coral muerto, cuyo nivel superior está a 0,5 m del nivel mínimo del agua, y termina en sedimentos a una profundidad de 2,5 m. Hay incrustaciones de *Diploria clivosa*, de *Porites astreoides* en forma de cortina, y de *Siderastrea radians* en parches pequeños a poca profundidad. *Agaricia agaricites* aparece con un hábito de crecimiento vertical, hay abundante *Millepora* sp y unas pocas cabezas de *Colpophyllia natans* y *Montastrea cavernosa*. Estos contrafuertes dan la impresión de haber estado muertos durante décadas, ya que la forma original de los corales que les dieron origen (supuestamente *Acropora palmata*), es difícilmente identificable.

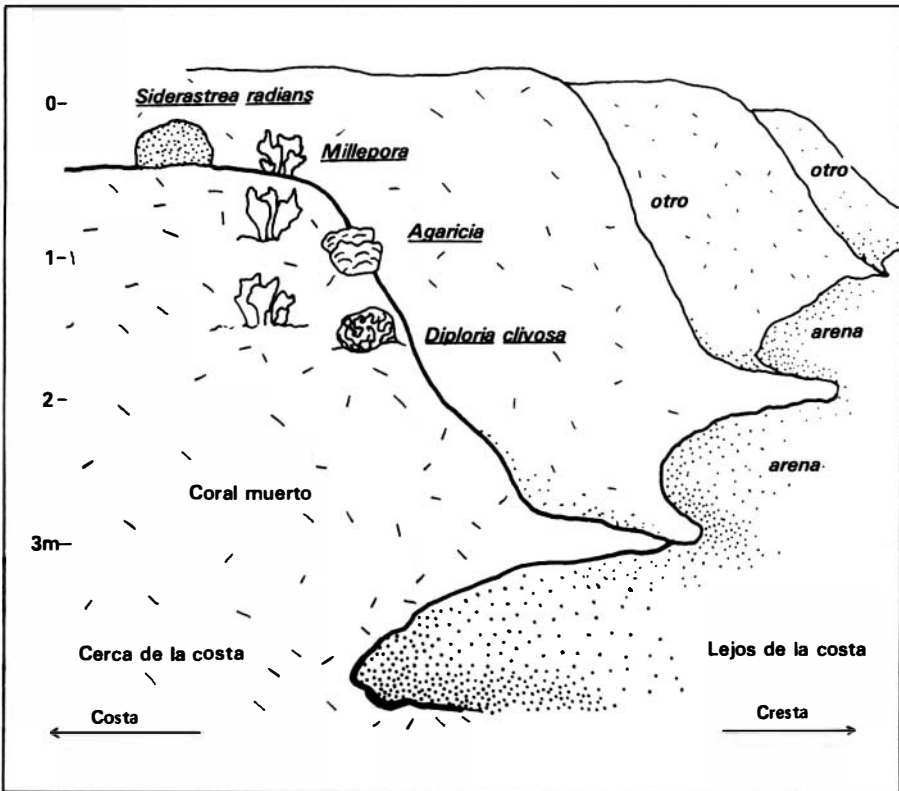


Fig.3.

Area 1, parte norte de la cresta del arrecife; zona de contrafuertes de coral muerto. Géneros dominantes: *Siderastrea*, *Agaricia*, *Diploria*; el hidrozoario *Millepora* es común en esta área.

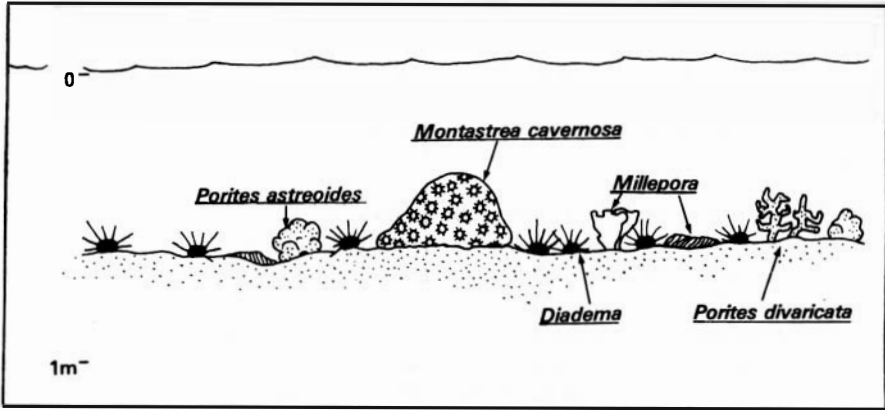


Fig.4. Area 2, parte norte, sección plana del arrecife, fondo cubierto por restos de coral y de roca coralina. Géneros dominantes: *Montastrea* y *Porites*; el hidrozoario *Millepora* es abundante.

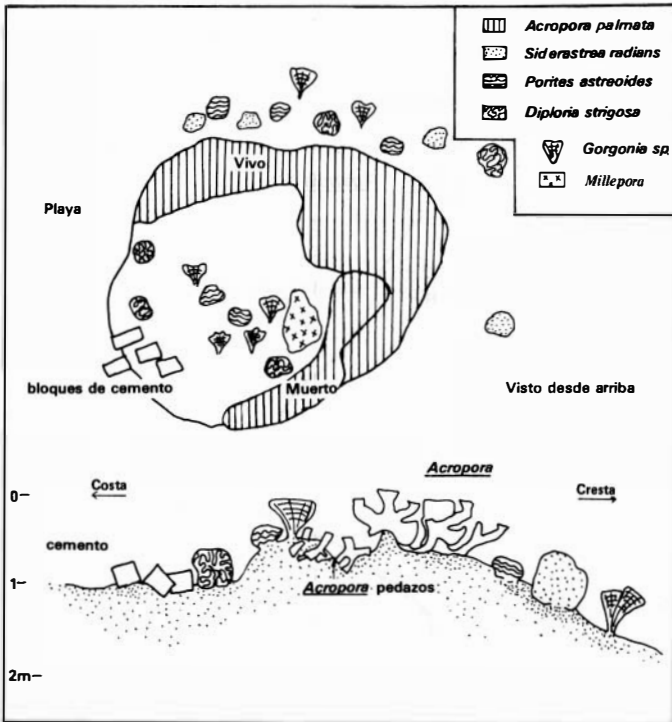


Fig.5. Area 3, pequeño arrecife de parche próximo a la playa. Géneros de coral dominantes: *Acropora*, *Siderastrea*, *Porites* y *Diploria*. En la parte superior aparecen gorgónidos y millepóridos. Se indica la ubicación de los bloques de concreto.

**Area 2. Parte norte plana del arrecife** (Fig. 4): La mayor parte del fondo de esta área está compuesta por restos de coral y de roca coralina. *Millepora* sp. crece vigorosamente, alternando con parches de *Porites divaricata* (en cabezas) y de *P. astreoides*, además de algunas cabezas de *Montastrea cavernosa*. La baja profundidad (0,5 m) y la abundancia de *Diadema antillarum*, dificultan el trabajo en esta área. *Millepora* sp. aparece en incrustaciones sobre el fondo, creciendo sobre lo que posiblemente son parches de *Acropora palmata* muerta.

**Area 3. Pequeño arrecife de parche cerca de la costa** (Fig. 5): Esta zona es particularmente interesante debido a su proximidad a la playa (que hace que sea un área que visitan los turistas con mucha frecuencia), y porque en su parte central hay varios bloques grandes de concreto. Es posible que estos bloques (restos de un muelle viejo), hayan condicionado la formación del pequeño arrecife, ya que constituyeron un sustrato duro inicial para el asentamiento de las larvas de coral. Este parche está circundado en su mayor parte por grandes masas de *Acropora palmata* (en forma no orientada), con pedazos de *Acropora* muerta y otros desechos que se han acumulado en dirección de la costa. La parte más alta está colonizada por pequeñas masas de *Porites astreoides*, *Millepora*, y abanicos marinos del género *Gorgonia*. Hacia afuera aparecen afloramientos de *Siderastrea radians* y de *Diploria strigosa*, así como abanicos marinos más grandes. El sedimento basal es en su mayor parte de detritos de *Acropora*. Esta área es notable por la abundancia de peces, particularmente de las familias Pomadasydae, Labridae y Pempheridae.

**Area 4. Laguna costanera** (Fig. 6): Este hábitat contiene corales vivos y es fácilmente accesible debido a la poca profundidad y a su proximidad a la costa. Por lo general, esta área se caracteriza por la presencia de bancos elevados de sedimento fino cubiertos por crecimientos densos de *Thalassia*. En las partes más bajas los sedimentos son gruesos. Es probable que los bancos elevados se hayan producido porque el sedimento fino se deposita alrededor de las raíces de *Thalassia* (Scoffin, 1970).

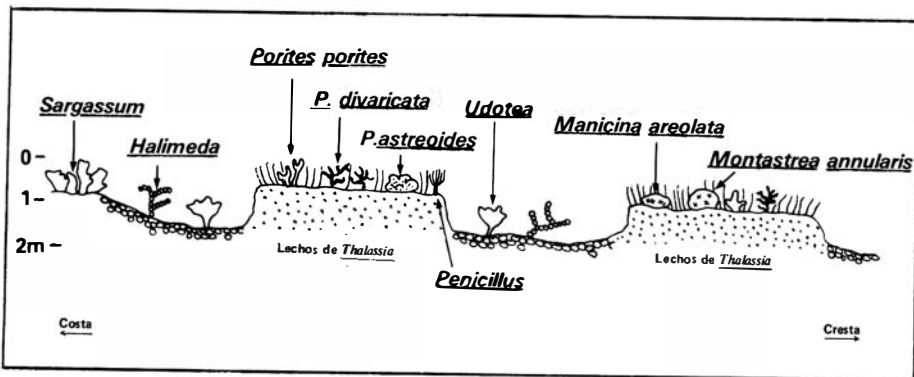


Fig. 6. Area 4, laguna costanera caracterizada por barras de arena que alternan con corales. Hay lechos de *Thalassia* entre los que aparecen corales de los géneros *Porites*, *Manicina*, y *Montastrea*, y el hidrozooario *Millepora*. Las algas *Sargassum*, *Halimeda*, *Penicillus* y *Udotea*, son comunes.

En ambos tipos de sedimentos crecen varias especies de algas. En los lechos de *Thalassia* se puede encontrar algas de los géneros *Caulerpa* y *Penicillus* y pequeños parches de los corales *Porites porites*, *P. astreoides* y *P. furcata*; el coral común *Manicina areolata*, así como *Millepora* sp. y pequeñas masas de *Montastrea annularis*. Las áreas bajas, de sedimento grueso entre los lechos de *Thalassia*, están dominadas por las algas calcáreas y verdes *Halimeda* y *Udotea* además de algunas especies de algas rojas no identificadas. *Syringodium* sp. otra angiosperma marina de hojas algo más delgadas que las de *Thalassia*, es común en esta zona. En áreas de la laguna más cercanas a la costa predomina el alga café *Sargassum*. Los peces son escasos en esta zona, probablemente por la falta de protección que ofrece el área, debido a una limitada diversidad estructural.

Es probable que muchos de los sedimentos atrapados por los lechos de *Thalassia* se produzcan localmente por descomposición de las algas calcáreas (Stockman *et al.*, 1967). Sin embargo, los lechos de *Thalassia* pueden servir en parte como depósitos de los sedimentos que vienen desde el norte.

**Area 5. Arrecife de parche en la parte profunda** (Fig. 7): Este arrecife, de sustrato muy grueso de *Acropora*, surge desde unos 4 m de profundidad hasta pocos centímetros de la superficie. Es casi ovalado, alargado de norte a sur, y de unos 30 m de ancho. La estructura primaria de este parche es de *Acropora palmata* que, como dato interesante, crece en forma no orientada en el lado de sotavento del arrecife. Cerca de los costados este y oeste, en la parte norte, hay grandes afloramientos de *Diploria strigosa* y *Siderastrea radians* de más de 1 m de alto, grandes parches de *Montastrea cavernosa*, y abundante *Millepora*. Dentro de la armazón secundaria, formada por estas grandes masas, abundan corales de las especies *Porites astreoides*, *Dichocoenia stokesii*, *Colpophyllia* sp. y *Agaricia agaricites*, que crece verticalmente. En la parte noreste de este parche hay especímenes grandes de *Gorgonia*.

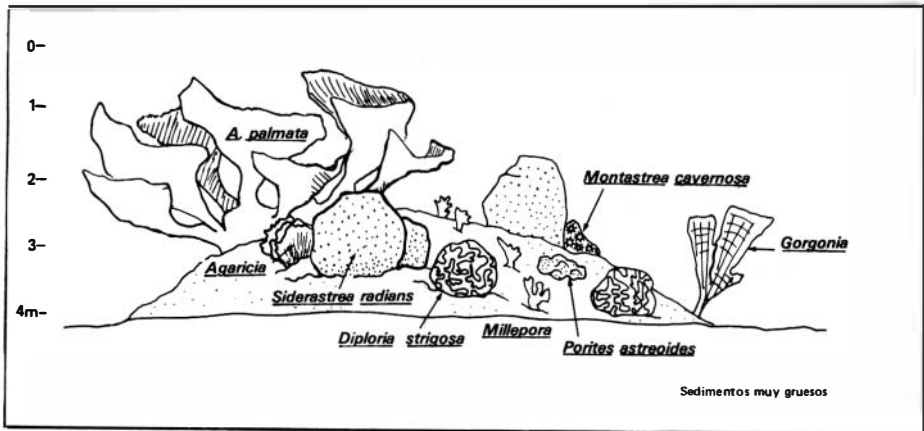


Fig.7. Area 5, arrecife de parche en la zona profunda de la laguna. Sobre un sustrato compuesto de restos de *Acropora*, crecen corales de los géneros: *Acropora*, *Agaricia*, *Diploria*, *Montastrea*, *Porites* y *Siderastrea*; hay gorgónidos y mileporidos.



**Area 6. Arrecife cercano a la playa (Fig. 8):** Desde la planicie hacia la cresta se encuentra primero un sustrato de arena gruesa con abundantes algas entre las que aparecen parches aislados de *Thalassia*. Los detritos de corales son comunes aquí, incluyendo muestras de tres especies de *Porites*, de *Acropora* sp. y de *Eusmilia fastigiata*, coral este último que no se encontró vivo durante el presente estudio de campo. Aproximándose a la cresta del arrecife los sedimentos se hacen cada vez más gruesos, aparecen grandes bloques de coral muerto, y se encuentran afloramientos diseminados de *Diploria strigosa* y *Siderastrea radians*. La cresta en esta área está formada en su mayor parte por corales muertos con incrustaciones de *Millepora*. Hay también parches pequeños de *Porites astreoides* e incrustaciones de *Diploria clivosa*, lo mismo que una masa solitaria de *Montastrea annularis*, muerta en un 80% de su totalidad. Gran parte del coral encontrado a lo largo de la línea de referencia entre la planicie y la cresta, muestra parches y elevaciones de corales muertos.

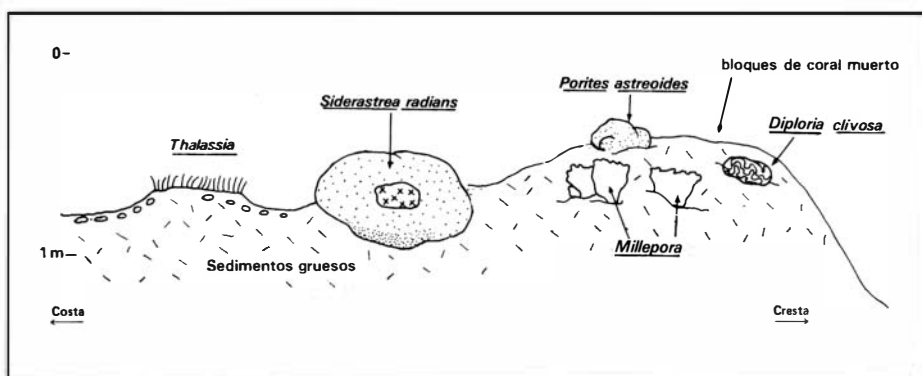


Fig. 8. Area 6, arrecife próximo a la playa. Los géneros *Diploria*, *Porites*, y *Siderastrea* crecen sobre un sustrato de arena gruesa; en la cresta, de coral muerto, aparece incrustado el hidrozooario *Millepora*. Hay lechos de *Thalassia* cercanos a la costa.

**Area 7. Cresta del arrecife externo (Fig. 9):** Esta área representa una zona de contrafuertes fósiles hacia el norte, al igual que el Area 1. En este caso, sin embargo, hay más coral vivo en la estructura de contrafuertes. La parte más alta de la cresta está cubierta aproximadamente por 2 m de agua y en su mayoría está compuesta por coral muerto (a veces se puede reconocer bloques de *A. palmata*), aunque los costados de los contrafuertes están cubiertos generalmente de un crecimiento vigoroso de *Agaricia agaricites*, y más abajo de *Diploria strigosa* en placas verticales y en forma de cortina. Los contrafuertes descienden desde 4 m hasta 10 m, hacia un sustrato de sedimento grueso y en las partes más bajas se encuentra diseminado *Porites astreoides* en forma de placas. En la cresta y en los costados de los contrafuertes hay cabezas pequeñas de *Diploria strigosa* y *Siderastrea radians*. La bioerosión por la acción del erizo *Echinometra* es muy pronunciada aquí, dejando grandes huecos en el sustrato del coral muerto.

**Area 8. Cresta del arrecife cerca de la costa (Fig. 10):** Esta cresta de aproximadamente 600 m de longitud, se origina a unos 50 m desde la costa, y vira hacia el norte en un arco. Debido a su proximidad a la costa, esta parte del arrecife es la más visitada por los usuarios del parque. Aunque las características de la cresta

cambian de lugar a lugar, la zonación es en general muy uniforme: cerca de la costa se encuentran pequeños promontorios, en su mayoría bajos, o incrustaciones de *Millepora*, *Porites astreoides*, *Siderastrea radians*, *Montastrea cavernosa* y *Diploria clivosa*. Aquí abundan las algas rojas. Aproximándose a la cresta, hay grandes masas de *Siderastrea radians*, frecuentemente con las partes superiores cubiertas de pedazos de coral, entre los que crece, en su típico hábito vertical, *Agaricia agaricites* (orientada perpendicularmente hacia los vientos prevalecientes), así como *Millepora*. La cresta en sí está colonizada por *Acropora palmata* en forma orientada; con mucha frecuencia se encuentran corales muertos. Inmediatamente sobre la cresta cubiertas por 2 m de agua, hay grandes masas de *Montastrea annularis*, de *Agaricia agaricites* también orientada, así como cabezas dispersas de *Montastrea cavernosa*, *Colpophyllia* y *Porites astreoides*.

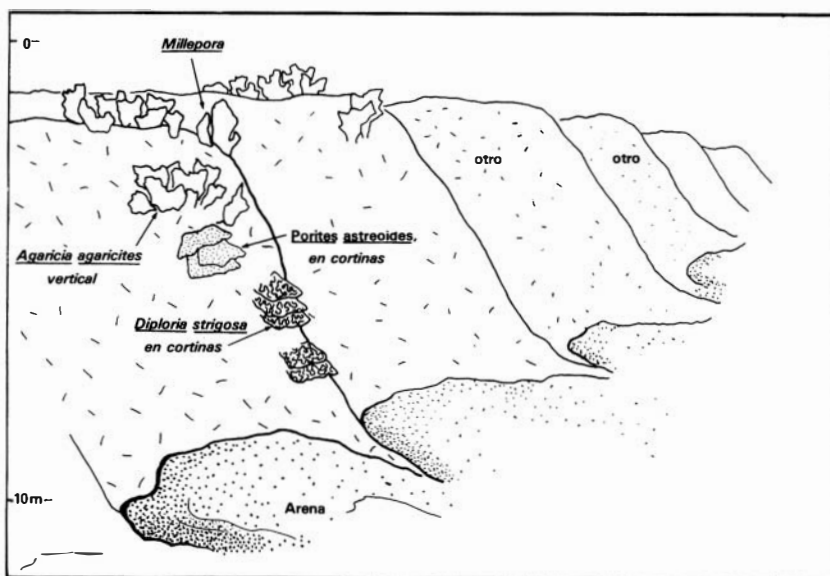


Fig.9. Area 7, cresta del arrecife externo: Zona de contrafuertes. La sección sur se caracteriza porque abunda el coral vivo: *Agaricia agaricites* crece vigorosamente en los costados de los contrafuertes; aparecen *Diploria* y *Porites* en forma laminar. En la parte superior abunda el hidrozoario *Millepora*.

**Notas sobre la ecología del coral en Cahuita:** El número total de especies de coral encontrados en Cahuita es de 27, contando aquellas colectadas en el presente estudio, más las que fueron identificadas en trabajos anteriores (Wellington, 1964). El presente estudio aporta *Madracis mirabilis*, encontrado en el costado de sotavento de la cresta del arrecife exterior; *Dichocoenia stokesi*, en los contrafuertes, y *Eusmilia fastigiata* encontrada únicamente en forma de detritos frescos cerca de la cresta del arrecife interior pero en tal abundancia que el coral en sí forma parches vivos entre las crestas interior y exterior. El Cuadro 1 contiene una lista de las especies de corales escleractínios encontrados en Cahuita. Esta diversidad se compara desfavorablemente con la de otros arrecifes del Caribe; por ejemplo, se ha encontrado hasta el momento 62 especies de corales en Jamaica (Goreau &

Wells, 1967). Se espera que nuestras colecciones futuras en Cahuita, especialmente en las zonas más hondas, aumentarán esta lista de especies. No hay duda, sin embargo, que la fauna coralina de Cahuita es pobre. Hay un patrón en la distribución de corales vivos y muertos. En la mayoría de los arrecifes del Caribe el crecimiento de coral es más vigoroso en los sectores de alta energía a barlovento de la costa (Roberts *et al.*, 1975). Con pocas excepciones, como en Bonaire y Barbados,

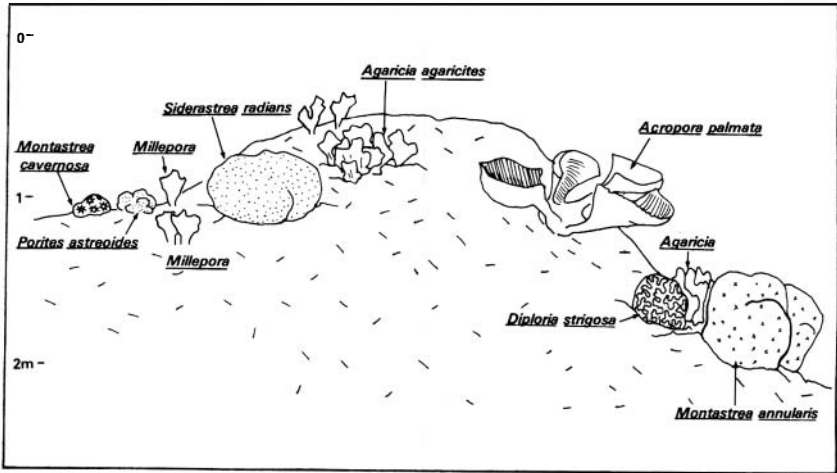


Fig. 10. Area 8, cresta del arrecife cercano a la costa. Zonación bastante uniforme, con promontorios e incrustaciones de *Porites astreoides*, *Siderastrea radians*, *Montastrea cavernosa*, *Diploria clavosa* y *Agaricia agaricites*.

en donde el embate de las olas producido por los vientos alisios prevalecientes es tan severo que inhibe el crecimiento de los corales en las costas expuestas (Scatterday, 1974). En Cahuita, la parte más expuesta del arrecife, la cresta norte, es también la región menos cubierta por corales vivos. La proporción de coral vivo aumenta rumbo al sur y conforme la formación se orienta hacia Puerto Vargas.

La composición de especies del arrecife de Cahuita muestra también interesantes tendencias. En el Cuadro 2 se incluye una lista de corales comunes o dominantes, su zonación y su capacidad para liberarse de los sedimentos que se depositan sobre los pólipos (la habilidad que tienen estos corales para liberarse de los sedimentos corresponde con lo descrito por Bak & Elgershuizen, 1976, quienes experimentalmente sometieron los corales a una carga de sedimentos de carbonato de calcio de gravedad específica de 2,65, y de varios tamaños de partículas, además a varias concentraciones de polvo de carborundo, con una gravedad específica de 3,9-4,0). Se puede observar que todas las especies de coral encontradas en Cahuita tienen capacidad para resistir una carga grande de sedimentos. La única excepción aparente es *Porites astreoides*, coral que en otras formaciones del Caribe se encuentra en la vertiente posterior y en la parte alta frontal del arrecife anterior, y que en Cahuita aparece en la cresta. Aunque este coral muestra poca habilidad para liberarse del sedimento de carbonato, resiste muy bien el polvo del carborundo, mediante la secreción de redes mucosas. En la cresta del arrecife, la acción de las olas tiene, con toda probabilidad, un efecto coadyuvante para la limpieza de las colonias.

## CUADRO 1

*Lista de especies de corales escleractinios de Cahuita, Costa Rica*

Clase Anthozoa

Orden Scleractinia

Familia

Astrocoeniia Koby, 1890

*Stephanocoenia michelinii* Milne-Edwards & Haime

Pocilloporidae Gray, 1842

*Madracis mirabilis* (Duchassaing & Michelotti)

Acroporidae Verrill, 1902

*Acropora palmata* (Lamarck)*A. cervicornis* (Lamarck)

Agariciidae Gray, 1847

*Agaricia agaricites* (Linnaeus)

Siderastreidae Vaughn &amp; Wells, 1943

*Siderastrea siderea* (Ellis & Solander)*S. radians* (Pallas)

Poritidae Gray, 1842.

*Porites porites* (Ballas)*P. astreoides* (Lamarck)*P. furcata* (Lamarck)*P. divaricata* Lesueur

Faviidae Gregory, 1900

Subfamilia Faviinae Gregory, 1900

*Favia fragum* (Esper)*Diploria strigosa* (Dana)*D. clivosa* (Ellis & Solander)*Colpophyllia natans* (Muller)*Manicina areolata* (Linnaeus)

Subfamilia Montastreinae Vaughn &amp; Wells, 1943

*Cladocora arbuscula* (Lesueur)*Montastrea annularis* (Ellis & Solander)*M. cavernosa* (Linnaeus)*Solenastrea bournoni* (Edwards & Haime)

Oculinidae

*Oculina diffusa* (Lamarck)

Meandrinidae

*Dichocoenia skokesii* Milne-Edwards & Haime

Mussidae

*Mussa angulosa* (Pallas)*Isophyllia multiflora* (Verrill)*I. sinuosa* (Milne-Edwards & Haime)

Caryophyllidae Gray, 1847

*Eusmilia fastigiata* (Pallas)

Clase Hydrozoa

Orden Milleporina

Familia Milleporidae Fleming 1901

*Millepora* sp.

En el Cuadro 3 se ofrece una lista de los corales dominantes o que son comunes en otros arrecifes del Caribe, junto con la capacidad comprobada de resistir la acción de los sedimentos, que en todos los casos es muy limitada.

El hecho de que los corales que se encuentran en Cahuita pertenezcan al grupo de especies que tiene una alta capacidad de tolerar los sedimentos confirma los efectos de la sedimentación. Además, algunas observaciones de campo avalan esta hipótesis. *Agaricia agaricites* crece casi siempre en placas verticales, hábito que

algunos investigadores han interpretado como un mecanismo de crecimiento desarrollado para resistir la sedimentación. *Porites astreoides* y *Diploria strigosa*, ambas en forma de cortina, se encuentran en aguas de mucha menor profundidad que en otros arrecifes del Caribe (a veces menos de 2 m) y las superficies superiores de las grandes masas de *Siderastrea radians* a menudo están muertas y cubiertas por una delgada capa de sedimento. En otras áreas, la respuesta de las comunidades coralinas a la sedimentación consiste en una reducción de las tasas de crecimiento, con la consiguiente invasión de algas bénticas (Dodge & Vaisnys, 1977).

Con el propósito de obtener información acerca de las tasas de crecimiento de las especies de coral comunes en Cahuita, se colectó muestras en varios hábitats del arrecife, que fueron laminadas con sierra, y sus bandas de crecimiento estudiadas con rayos X. Las tasas de crecimiento resultantes se indican en el Cuadro 4. Además de estas muestras, se analizó una porción de *Montastrea annularis*, colectada en 1977 en el Area 5 por el autor principal, encontrándose una tasa de crecimiento

## CUADRO 2

*Zonación de los corales dominantes del arrecife de Cahuita, con indicación de la habilidad para rechazar sedimentos\**

Especie	Zona	Habilidad para rechazar sedimentos
<i>Acropora palmata</i>	cresta; lado a barlovento de los arrecifes de parche	ramas verticales: buena; ramas horizontales: pobre; partículas de carborundo removidas por redes mucosas
<i>Agaricia agaricites</i>	cresta: contrafuertes de barlovento	ramas verticales: muy buena
<i>Diploria strigosa</i>	arrecife plano; parches	buena
<i>Madracis mirabilis</i>	lado de sotavento del arrecife	muy buena
<i>Manicina areolata</i>	laguna costera	muy buena
<i>Montastrea cavernosa</i>	arrecife plano; contrafuertes	regular
<i>Porites porites</i>	arrecife externo	en arena: buena; en mezclas de arena y carborundo: muy buena
<i>Porites astreoides</i>	cresta; contrafuertes	en sedimentos: pobre; en partículas de carborundo: buena, por medio de láminas mucosas.
<i>Siderastrea radians</i>	arrecife plano y cresta; arrecifes de parche.	desconocida

\* Habilidad para rechazar sedimentos según Bak & Elgershuizen, 1976.

vertical de casi 2 cm/año. Aunque el tamaño de la muestra es pequeño, los resultados sugieren que las tasas de crecimiento para corales individuales en Cahuita son tan altas como las de corales de otras áreas del Caribe (MacIntyre & Smith, 1974; Lewis *et al.*, 1968). El patrón de las bandas de crecimiento es muy interesante, pues casi todas las muestras presentan dos bandas dobles (growth doublets) por año: una mucho más densa que la otra. Otros estudios sobre las bandas de crecimiento en corales indican que el cuadro normal es de una banda densa y otra menos densa por año, con la primera mostrando crecimiento más rápido (MacIntyre & Smith, 1979; Isdale, 1977). Estos patrones dobles en los corales de Cahuita son reflejo de las dos estaciones húmedas y de las dos secas de cada año. Además, al hacer las colectas para este estudio (julio 1978, época lluviosa), los corales estaban depositando las bandas de crecimiento menos densas y, de acuerdo con la experiencia de años anteriores, en poco tiempo empezarían a depositar una banda densa, por lo que llegamos a la conclusión que la banda densa se forma en los corales de Cahuita durante cada una de las épocas secas.

### CUADRO 3

*Corales dominantes y comunes del Caribe  
ausentes o escasos en Cahuita  
y su habilidad para rechazar sedimentos \**

Especies	Habilidad para rechazar sedimentos
<i>Meandrina</i> , todas las especies	pobre ( <i>M. Meandrites</i> )
<i>Acropora cervicornis</i>	pobre
<i>Siderastrea siderea</i>	pobre
<i>Meandrina meandrites</i>	pobre
<i>Colpophyllia natans</i>	pobre
<i>Mycetophyllia aliciae</i>	pobre
<i>Dendrogyra cylindricus</i>	muy pobre
<i>Eusmilia fastigiata</i>	pobre
<i>Montastrea annularis</i>	pobre (muy pobre en sedimentos finos)

(Nota: *Montastrea annularis*, dominante en el resto de los arrecifes del Caribe es muy escasa en Cahuita).

\* Datos sobre corales según Goreau & Wells, 1967 y Glynn, 1973; habilidad para rechazar sedimentos según Bak & Elgershuizen, 1976.

### ORGANISMOS PERFORADORES

Se hizo colecciones de coral vivo y de trozos de coral muerto en las localidades 3, 5 y 8 del arrecife para un estudio preliminar sobre el número y tipos de organismos taladradores. Las muestras se abrieron con cincel y martillo, se tomó

nota de la localización y del hábitat de los bioerosionadores y se preservaron muestras de los tejidos. Todo el material quedó depositado en el Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CICML) de la Universidad de Costa Rica, bajo el título de "Bioerosionadores de Cahuita".

Se encontró varios tipos de sipuncúlidos, por lo general en perforaciones ubicadas en la sección basal de las masas de *Siderastrea radians*, incluyendo *Phascolosoma antillarum*, *P. dentigerum* y unos pocos ejemplares de *Lithacrosiphon gurjanovae*. Los túneles de eunícidos fueron comunes en todos los sustratos, pero el autor principal es de la opinión que comparado con otras localidades, los túneles de espiónidos son menos comunes (Hein & Risk, 1975; MacGeachy & Stearn, 1976). Las cabezas de *Porites astreoides* estaban a menudo infestadas por el cirripedio taladrador *Lithotrya* sp., fenómeno común en otros arrecifes caribeños.

## CUADRO 4

Tasas de crecimiento de los corales de Cahuita

Especie	Area	Número medido de anillos de crecimiento	Promedio (mm/año)
<i>Siderastrea radians</i>	5	4	5,0
	5	4	5,0
	3	5	5,6
	5	3	10,0
	8	4	15,0
	5	4	5,0
	5	2	15,0
<i>Porites astreoides</i>	5	3	6,0
	8	2	4,0

## CUADRO 5

Porcentaje de material insoluble de las muestras de sedimentos en el arrecife de Cahuita y de la bahía adyacente

Area	% insoluble
6, arrecife de parche profundo	3.1
3, arrecife de parche somero	5.4
8, cresta interior	5.6, 4.0
6, planicie	2.7, 4.0
4, laguna	3.0
Muestras de la bahía	76.0, 74.6

Como se ha visto en estudios anteriores sobre la bioerosión, la mayor parte de los daños obedece a la acción de las esponjas taladradoras de las familias Clionidae y Adociidae (Hein & Risk, 1975; MacGeachy & Stearn, 1976; Risk & MacGeachy, 1978). Por ello, en este estudio las observaciones sobre bioerosionadores se concentran en las esponjas taladradoras. La mayoría de las notas de campo fueron tomadas bajo la superficie y las notas sobre el tamaño y la localización de las galerías se hicieron partiendo el material. Las muestras de tejido se preservaron en etanol de 75%. Las espículas fueron separadas disolviendo muestras de tejido en ácido nítrico concentrado durante varios días, se centrifugaron, se lavaron en agua destilada y se deshidrataron en etanol de 95%. Luego se depositó una gota del concentrado de las espículas en un porta-objetos que se secó por evaporación y se montó en Permount (Fisher Scientific). Las preparaciones de espículas están depositadas en el CICML, Universidad de Costa Rica, bajo el título "Estudio de las Esponjas de Cahuita". Las identificaciones se hicieron según Rutzler (1971 y 1974) y Pang (1973). Se identificó aproximadamente 50 muestras, de acuerdo con la siguiente lista:

Familia Clionidae:

*Cliona caribbea* Carter, 1882.

Color	Fresco: naranja; en alcohol: naranja-beige.
Excavaciones	Sarta-de-cuentas (string of beads) localizadas generalmente en la zona de algas endolíticas debajo de la superficie de los corales vivos, o en galerías ramificadas hasta de 6 cm <sup>3</sup> .
Superficie	Papilas a veces inconspicuas, a veces amarillo-brillante, 1 mm de diámetro, 3 mm de alto.
Espiculación	Tilostilos 390 x 10μ, espirástreos 25μ (promedio de 15 mediciones).
Notas	Por lo general la esponja sólo ocupa parte de la galería; con frecuencia hay poliquetos nereidos pequeños de color naranja; ámbito de profundidad 2-4 m; sustratos; restos de <i>Acropora palmata</i> y de <i>Porites astreoides</i> .

*Cliona laticavola* Pang, 1971.

Color	Fresco: amarillo brillante a amarillo verdoso; en alcohol: castaño-grisáceo.
Excavaciones	Sarta-de-cuentas, o cavidades hasta de 4 cm <sup>3</sup> , 1 mm de diámetro.
Superficie	Papilas de 1 mm de diámetro, 2 mm de alto.
Espiculación	Tilostilos 300 x 10μ (promedio de 10 mediciones)
Notas	Ámbito de profundidad 1-4 m; sustratos: <i>Diploria strigosa</i> , <i>Porites astreoides</i> ; se encontró una colonia vermiforme de 3-4 cm de largo, de diámetro uniforme; con toda seguridad debido a que una colonia de esponjas creció dentro de un túnel de nereido construido en el centro de una cabeza de <i>Siderastrea radians</i> , una estrategia sugerida anteriormente por Risk & MacGeachy (1978). Fre-



cuentemente aparece en los corallitos abandonados en *Siderastrea radians*; las superficies de las masas de coral aparecen muertas por la acción de la esponja y exhibe distintos grados de cobertura por las algas rojas *Pterocladia* sp. y *Calothrix irregularis*.

Familia Adocidae:

*Siphonodictyon brevitubulatum* Pang, 1971.

Color	Fresco: beige, cambiando a amarillo hacia los canales que conducen al exterior; en alcohol: castaño claro.
Excavaciones	Cavidades casi esféricas, 1 cm <sup>3</sup> .
Superficie	Papilas amarillo-limón, 1 mm de ancho, 2-3 mm de alto.
Espiculaciones	Oxeas gruesas y lisas 130 x 8 $\mu$ (promedio de 6 mediciones).
Notas	Solamente un espécimen encontrado en restos de <i>Acropora palmata</i> , provenientes del Area 5, arrecife profundo de parche; profundidad 2 m.

*Siphonodictyon coralliphagum*, forma tubulosa

Rützler, 1971.

Color	Fresco: de amarillo a beige, a veces amarillo verdoso; en alcohol: castaño claro.
Excavaciones	Sarta-de-cuentas, o galerías hasta de 15 cm <sup>3</sup> ; frecuentemente cerca de 1 cm bajo la superficie, por lo general en la parte inferior del sustrato. Muchos indicios de perforaciones hacia la superficie de las cabezas de <i>Siderastrea radians</i> que habían sido excavadas preferentemente a lo largo de corallitos abandonados, estrategia previamente notada en <i>Cliona vermifera</i> , al perforar <i>Montastrea annularis</i> (Ward & Risk, 1977).
Superficie	Papilas amarillas hasta 3 mm de ancho y hasta 5 mm sobre la superficie; aperturas de ósculos sobre tubos de paredes delgadas de hasta 3 mm de diámetro.
Espiculación	Oxeas de dos tamaños: 140 x 7 $\mu$ y 112 x 3 $\mu$ (promedio de 10 mediciones).
Notas	Común en <i>Siderastrea radians</i> ; también se le encuentra en <i>Acropora palmata</i> , viva, y en sus restos. La esponja perforadora más común en Cahuita.

No obstante que la infestación de esponjas es muy común en los sustratos de carbonatos en Cahuita, su diversidad es poca. Se identificó únicamente 4 especies mientras que en Barbados se identificó 21 (MacGeachy, 1977) y 13 de Jamaica (Pang, 1971). Aunque colectas más exhaustivas sin duda aumentarían la lista de especies, es poco probable que habría un aumento significativo sobre el número

encontrado en este estudio. La limitada diversidad en la fauna de las esponjas perforadoras probablemente se deba a la poca profundidad a que se colectó (máximo 5 m), al número limitado de sustratos coralinos o a otros factores aún no identificados por los autores.

### SEDIMENTOS

Se hizo colectas de sedimentos en varias áreas del arrecife de Cahuita y se identificó los componentes principales. El porcentaje de material insoluble se determinó por digestión en ácido clorhídrico. En general, los fragmentos del alga calcárea *Halimeda* dominaron en las muestras procedentes de aguas poco profundas y los corales en las crestas del arrecife. Estas muestras contenían también, en orden descendente de abundancia: fragmentos de coral (especialmente pedazos de *Acropora* y *Porites* en la zona plana de los arrecifes); conchas de gastrópodos; espinas de erizos de mar; foraminíferos (*Homotrema* sp., penerófidos y miliólidos), y material no identificado.

Además de las muestras recogidas en los arrecifes, se hizo una colecta de sedimentos en la Bahía de Puerto Vargas a una profundidad de 6 m aproximadamente 300 m al sur de las instalaciones del Parque. En esta área las aguas estaban extremadamente turbias. El fondo tenía ondulaciones de 4-5 cm de largo, alternando con áreas planas que aparecían durante los períodos de oleaje más fuerte. El diámetro de las partículas era de 90  $\mu$  (arena fina: promedio de 50 mediciones). Este sedimento está compuesto por una variedad de materiales. La mayor parte de los fragmentos biológicos contenían pedazos de algas calcáreas; también se notó fragmentos de coral del mismo diámetro del sedimento, producidos por la acción de las esponjas taladradoras, espículas, ostrácodos, restos de peliépodos (muy perforados por algas calcáreas), filamentos calcificados de algas endolíticas (Kobluck & Risk, 1977), masas fecales, y foraminíferos (miliólidos; *Globigerina* sp.; *Globorotalia* sp). Además de los restos biogénicos era evidente el aporte terrestre de material volcánico: magnetita, plagioclasas zonadas, olivina (redonda y angular) y hornablenda (angular y redonda). Bajo condiciones tropicales, tanto la olivina como la hornablenda se descomponen muy rápidamente en arcillas; su presencia en los sedimentos de la Bahía en forma de fragmentos angulares es indicativa de tasas altas de aporte a través de los ríos que desembocan al norte del arrecife.

El porcentaje de material insoluble (porción no-biogénica del sedimento) se presenta en el Cuadro 5. La muestra es demasiado pequeña como para permitir generalizaciones con respecto a la distribución de estos materiales en el arrecife, aunque parece haber una tendencia al acúmulo de material insoluble hacia la playa. Las cantidades encontradas son comparables a las que han sido reportadas para otras áreas de arrecife (Multer, 1977). Los sedimentos de la bahía, sin embargo, contienen una alta proporción de material insoluble.

### DISCUSION Y RECOMENDACIONES

Aunque la formación coralina de Cahuita constituye el único arrecife de la costa Atlántica de Costa Rica, es evidente que no está en estado de desarrollo. El número de especies de coral es mucho menor que el de otros arrecifes del Caribe

y en él se notan extensas áreas de coral muerto, especialmente hacia la parte norte. Es probable que en las costas de Costa Rica no hubo un desarrollo significativo de arrecifes durante el Holoceno, debido a la alta precipitación, la descarga de los ríos y la inclinación de la plataforma continental. Sin embargo, el patrón de mortalidad de los corales y la presencia de contrafuertes, ahora muertos, pero que alguna vez alcanzaron un alto grado de desarrollo, sugieren un deterioro reciente en el estado general del arrecife. Las causas de este deterioro son desde luego imposibles de determinar con certeza, aunque los resultados del presente estudio son indicativos de que la sedimentación ha afectado al arrecife. El impacto de la sedimentación se refleja en: 1) los hábitos de crecimiento de las diferentes especies de coral (*Agaricia agaricites* crece verticalmente; *Porites astreoides* y *Diploria strigosa*, en forma de cortina; y *Acropora palmata* exhibe un tipo de crecimiento en los arrecifes de parche que no responde a orientación alguna); 2) la composición de especies de la comunidad coralina (dominada por corales con capacidad para resistir la sedimentación) y ausencia de *Montastrea annularis*, una de las especies más importantes para la construcción de arrecifes en otras áreas; 3) la composición de sedimentos de la bahía (hasta donde los autores han podido constatar, en ninguna otra parte del Caribe hay una bahía que contenga el 75% de material terrígeno); 4) el patrón de cobertura de los corales vivos (las corrientes paralelas a las costas se orientan de norte a sur; la cobertura por corales vivos aumenta de norte a sur con un mejor desarrollo de arrecifes de parche en las áreas protegidas).

Además hay pruebas indirectas que el presente estado de deterioro del arrecife puede ser causado por la descarga de aguas negras, originadas en Cahuita o transportadas desde Limón.

Es sabido que en los arrecifes las áreas altamente contaminadas exhiben un recuento bacterial muy alto (Sorokin, 1974). Un incremento significativo en el número de bacterias acelera la actividad de los organismos bioerosionadores, especialmente de las esponjas perforadoras (Risk y MacGeachy, 1978), aunque en Cahuita la fauna de esponjas taladradoras es relativamente pobre.

Consecuentemente se sugiere que la investigación futura en el arrecife de Cahuita enfatique el estudio de las tasas de deposición de sedimentos; la identificación de las fuentes de los materiales terrígenos y se determine el efecto que estos sedimentos puedan tener sobre las tasas de crecimiento, así como en el reclutamiento de especies de coral. Por ahora es de vital importancia tomar las medidas que el caso amerita para detener el deterioro del arrecife. De acuerdo con el presente estudio el área de coral más sano está en la cresta del arrecife interior, Area 8, que es de fácil acceso desde la playa. Es aconsejable, que todas las colectas de organismos, aparte de las que se hagan con fines científicos, sean prohibidas terminantemente.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la ayuda prestada por el personal del Servicio de Parques Nacionales, especialmente el alojamiento y el transporte en el arrecife. La Universidad de Costa Rica puso a nuestra disposición sus laboratorios y un vehículo. El Dr. Carlos Cordero Chaverri preparó las radiografías de los corales. Agradecemos la ardua labor de los estudiantes del curso "Ecología de Arrecifes Coralinos": Odalisca Breedy, Franklin Chávez, Carmen Collado, Fernando Crastz,

Luis Cruz, Elba de la Cruz, Walter González, Jorge Jiménez, Enrique Lahmann, Jenny Reynolds, y Marcella Vitola; al señor Manuel Chavarría por su valiosa ayuda en la preparación de la versión en español.

El Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT), la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica, el Servicio Canadiense de Ejecutivos en el Exterior (CESO) y el Consejo Nacional de Investigaciones de Canadá, hicieron posible la ejecución del estudio, mediante el aporte de fondos.

## RESUMEN

Un levantamiento biológico preliminar del componente coralino del Parque Nacional de Cahuita, Costa Rica, sugiere que el arrecife está en un estado de deterioro. El número de especies de corales no alcanza el 50% de aquellas que son comunes en otras formaciones del Caribe. No obstante, las tasas de crecimiento propias de estructuras individuales de coral son tan altas como las que caracterizan a otras áreas del Caribe. Las esponjas perforadoras son abundantes, aunque su diversidad es baja, sólo se encontró 4 especies. Se describe y se incluye diagramas de los diferentes habitats que caracterizan el arrecife.

La información correspondiente a hábitos de crecimiento y composición de especies, desplazamiento y circulación del agua a lo largo de la costa y los estudios acerca de la tasa de sedimentación, son indicativos de que la carga de sedimentos puede haber afectado al arrecife, determinando el presente estado de desarrollo.

## REFERENCIAS

- Bak, R.P., & J.H.B.W. Elgershuizen**  
1976. Patterns of oil-sediment rejection in corals. *Mar. Biol.*, 37: 105-133.
- Brownell, W.N.**  
1971. Fisheries of the Virgin Islands. *Comm. Fish Rev.*, 33: 23-30.
- Dodge, R.E., & J.R. Vaisnys.**  
1977. Coral populations and growth patterns: responses to sedimentation and turbidity associated with dredging. *J. Mar. Res.*, 35: 715-730.
- Glynn, P.W.**  
1973. Aspects of the coral reefs in the Western Atlantic region, p.271-325. *In* O.A. Jones and R. Endean *Biology and Geology of coral reefs*, vol. II, Biology I.
- Goreau, T.E., & J.W. Wells**  
1967. The shallow-water scleractinia of Jamaica: Revised list of species and their vertical distribution range. *Bull. Mar. Sci. Gulf Carib.*, 17: 442-453.
- Hein, F.J., & M.J. Risk**  
1975. Bioerosion of coral heads: inner patch reefs, Florida reef tract. *Bull. Mar. Sci.* 25: 133-138.
- Instituto Panamericano de Geografía e Historia**  
1976. Atlas Climatológico e Hidrológico del Istmo Centroamericano. Pub. # 367.

- Isdale, P.**  
1977. Variation of growth rate of hermatypic corals in a uniform environment. Proc. 3rd. Int. Symp. on Coral Reefs, Miami Beach, 2: 403-408.
- Kobluk, D.R., & M.J. Risk**  
1977. Calcification of exposed filaments of endolithic algae, micrite envelope formation and sediment production. J. Sed. Petrology 47: 517-528.
- Lewis, J.B.**  
1977. Processes of organic production on coral reefs. Biol. Rev., 52: 305-347.
- Lewis, J.B., F. Axelsen, I. Goodbody, C. Page, & G. Chrislett**  
1968. Comparative growth rates of some reef corals in the Caribbean. Marine Sciences Manuscript Report N<sup>o</sup> 10, McGill Univ., Montreal, Canada.
- MacGeachy, J.K.**  
1977. Factors controlling sponge boring in Barbados reef corals. Proc. 3rd. Int. Symp. on Coral Reefs, Miami Beach: 2: 478-483.
- MacGeachy, J.K., & C.W. Stearn**  
1976. Boring by macro-organisms in the coral *Montastrea annularis* on Barbados reefs. Int. Rev. Hydrobiol., 61: 715-745.
- MacIntyre, I.G., & S.V. Smith**  
1974. X-Radiographic studies of skeletal development in coral colonies, p. 277-287. In P. Mather (ed.). 2nd. Int. Coral Reef Symp. Great Barrier Reef Committee, Brisbane, Australia, v. 2.
- Milliman, J.D.**  
1973. Caribbean coral reefs, p. 1-44. In O.A. Jones & R.E. Endean (eds.). Biology and Geology of coral reefs, vol. I. Geology I.
- Multer, H.G.**  
1977. Field guide to some carbonate rock environments, Florida Keys and Western Bahamas. Kendall-Hunt, Dubuque, Iowa. 415 p.
- Pang, R.K.**  
1973. The systematics of some Jamaican excavating sponges (Porifera). Postilla, Peabody Mus. Nat. Hist., Yale Univ., 161: 75 p.
- Risk, M.J.**  
1980. Artificial reefs in Discovery Bay, Jamaica. Atoll. Res. Bull. (en prensa).
- Risk, M.J., & J.K. Mac Geachy**  
1978. Aspects of bioerosion of modern Caribbean reefs. Rev. Biol. Trop., 26 (Supl. 1): 85-105.
- Roberts, H.H., S.P. Murray, & J.N. Suhayda**  
1975. Physical processes in a fringing reef system. J. Mar. Res., 33: 233-260.
- Rützler, K.**  
1971. Bredin-Archbold-Smithsonian biological survey of Dominica: burrowing sponges, genus *Siphonodictyon* (Bergquist) from the Caribbean. Smithsonian Contr. Zool. 77: 1-37.
- Rützler, K.**  
1974. The burrowing sponges of Bermuda. Smithsonian Contr. Zool., 165: 1-32.
- Scatterday, J.W.**  
1974. Reefs and associated coral assemblages off Bonaire, Netherlands Antilles, and their bearing on Pleistocene and Recent reef models, p. 85-106. In P. Mather (ed.). Proc. 2nd. Int. Coral Reef Symp., Great Barrier Reef Committee, Brisbane, Australia, v. 2.

**Scoffin, T.P.**

1970 The trapping and binding of subtidal carbonate sediments by marine vegetation in Bimini Lagoon, Bahamas. *J. Sediment Petrol.*, 40: 249-273.

**Sorokin, Y.I.**

1974. Bacteria as a component of the coral reef community. p. 3-10. *In* P. Mather (ed.). Proc. of 2nd. Int. Coral Reef Symposium. Great Barrier Reef Committee, Brisbane, Australia, v. 1.

**Stevenson, D.K., & N. Marshall**

1974. Generalizations on the fisheries potential of coral reefs and adjacent shallow-water environments, p. 147-156. *In* P. Mather (ed.). Proc. 2nd. Int. Coral Reef Symposium. Great Barrier Reef Committee, Brisbane, Australia, vol. 1.

**Stockman, K.W., R.N. Ginsburg, & E.A. Shinn**

1967. The production of lime mud by algae in south Florida. *J. Sediment Petrol.*, 37: 633-648.

**Stoddart, D.R.**

1969. Ecology and morphology of recent coral reefs. *Biol. Rev.* 44: 433-498.

**Valdez, M.F., & C.R. Villalobos**

1978 Distribución espacial, correlación con el substrato y grado de agregación en *Diadema antillarum* Philippi (Echinodermata: Echinoidea). *Rev. Biol. Trop.* 26: 237-245, 1978.

**Vaughn, T.W.**

1914. Reef corals of southern Florida. *Carnegie Inst. Washington, Yearbook No. 12:* 181-183.

**Vaughn, T.W.**

1915. The reef corals of the Bahamas and of southern Florida. *Carnegie Inst. Washington, Yearbook No. 13:* 222-226.

**Ward, P., & M.J. Risk**

1977. Boring pattern of the sponge *Cliona vermifera* in the coral *Montastrea annularis*. *J. Paleont.*, 51: 520-526.

**Wellington, G.M.**

1974. An ecological description of the marine and associated environments at Monumento Nacional Cahuita. San José, Costa Rica, Subdirección de Parques Nacionales: 81 (Mecanografiado).

**Yonge, C.M.**

1963. The biology of coral reefs, p. 209-260. *In* F.S. Russell (ed.). *Advances in Marine Biology.*