

El Arrecife Coralino del Parque Nacional Cahuita, Costa Rica*

Jorge Cortés

Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR), Universidad de Costa Rica.

Michael J. Risk

Department of Geology, MacMaster University, Hamilton, Ontario, Canadá, L8S 4M1.

(Recibido para su publicación el 23 de noviembre de 1983)

Abstract: The coral reef at Parque Nacional Cahuita, Limón, Costa Rica, is a reef under stress due to siltation. The amount of suspended sediments is high and resuspension of bottom sediments is also high. Growth rates of corals, live coral coverage and diversity were low. Colonies are generally larger than in other areas studied, and recruitment of planulae seems to be low. Most of the corals present are good at rejecting sediments and morphologies of some change to better resist the sediments (vertical fronds of *Agaricia agaricites*) or to receive more light (shingles of *Montastrea annularis* and *Porites astreoides*).

Analyses of the currents and the type of minerals present in the noncarbonate fraction of the sediments at the reef point to Río La Estrella as the source of sediments. The amount of sediments carried by this river has probably increased recently as a result of watershed deforestation. The problem of siltation in reef environments is bound to increase as new areas in the tropics are being developed.

Sediments affect both the individual coral and the coral community. Whether a reef is (or was) under stress due to siltation, can be determined by analyzing the following: growth rates of the corals, amount of trapped sediments in the skeletons, live coral coverage, species composition and diversity, and morphologies.

Los arrecifes coralinos actuales constituyen uno de los ecosistemas marinos más diversos y productivos. Se hayan restringidos a la zona eufótica de los mares tropicales debido a la relación entre los corales y las algas simbióticas llamadas zooxantelas. Los arrecifes son muy valiosos debido a sus recursos pesqueros, además son importantes en la protección de las costas y representan importantes centros para recreación y educación.

Arrecife de Cahuita: El único arrecife bien desarrollado de la Costa Atlántica de Costa Rica se encuentra en el Parque Nacional de Cahuita (9° 45' N - 82° 48' W), creado por Decreto Ejecutivo No. 1236-A el 24 de setiembre de 1970 (Fig. 1).

La primera referencia al área de Cahuita es de H. Pittier (1912) y la segunda es de Redfield (1923), en la que se mencionan las perforaciones petroleras realizadas en Punta Cahuita. En 1969 hubo dos reportes (Lemieux, 1969;

Miller, 1969) donde se propone la creación de un Parque. Wallis (1972), describió el área y propuso planes para el desarrollo futuro del Parque. Wellington (1973; 1974a; 1974b) publicó dos trabajos sobre la flora bentónica del arrecife e hizo la primera descripción ecológica del arrecife y ambientes asociados. Tosi (1975) describió otras áreas adyacentes en una propuesta para aumentar el área del Parque. Valdez y Villalobos (1978) publicaron un trabajo sobre la distribución del erizo *Diodadema antillarum* en el arrecife. Risk *et. al.* (1980) describieron algunos habitats del arrecife, con notas sobre las esponjas perforadoras.

El problema de la sedimentación en arrecifes es grave (Johannes, 1975) y con tendencia a empeorar conforme se desarrollan nuevas áreas en los trópicos. La deforestación de cuencas, las perforaciones petroleras, los dragados y el mal ordenamiento de la tierra para uso residencial o agrícola, son las principales fuentes de sedimentos. En las siguientes localidades ha sido reportada la destrucción de arrecifes debido a sedimentación: Australia (Stephenson *et al.*, 1958), Puerto Rico (Kaye, 1959; Loya, 1976);

* Contribución del Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad de Costa Rica.

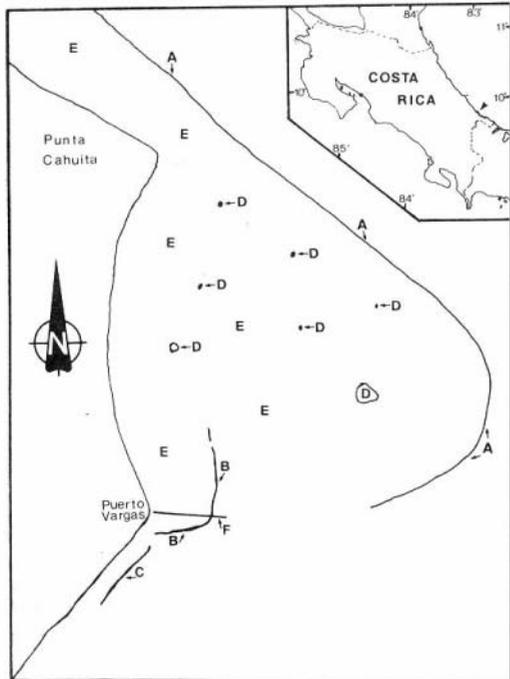


Fig. 1. Mapa del arrecife coralino del Parque Nacional Cahuita.

A. Arrecife externo; B. Arrecife interno; C. Cresta frente a la costa; D. Parches de arrecife; E. Laguna; F. Transecto (ver figura 4); G. Río La Estrella.

India (Pillai, 1971); Hawaii (Johannes, 1972; 1975); Bermuda (Dogde y Vaisnys, 1977); Venezuela (Weiss y Goddard, 1977) y arrecifes de los mares del este de Asia (Gómez, 1980).

El arrecife coralino de Cahuita es del tipo marginal (Risk *et al.*, 1980) y presenta problemas debido a la sedimentación (Cortés, 1981).

En este trabajo se describen los corales y las comunidades coralinas del arrecife del Parque Nacional de Cahuita, como también el efecto de los sedimentos sobre el arrecife. Se establecerán paralelos con arrecifes visitados en la costa suroeste de Gran Caimán, British West Indies, que se caracterizan por tener un gran número de especies de corales y cantidades mínimas de sedimentos terrígenos en suspensión (Rigby y Roberts, 1976).

MATERIAL Y METODOS

La comunidad coralina fue estudiada por medio de transectos a diferentes profundidades (Risk, 1972) consistentes en una cuerda de

10 m que se colocaba sobre los corales, y se anotó la distancia en cada especie. En Cahuita se hicieron dieciséis transectos (distancia total 201 m) y en Gran Caimán siete (52 m). Estos transectos se hicieron en áreas arrecifales comparables para obtener la siguiente información: cobertura de coral vivo, abundancia y distribución de las especies de coral, tamaño de las colonias lo que permite calcular índices de diversidad.

Fueron colectadas varias especies de coral en diferentes áreas del arrecife para determinar: 1) sedimentos atrapados en el esqueleto (Barnard *et al.*, 1974) por medio de observaciones con el microscopio electrónico de barrido y por medios geoquímicos (métodos detallados en Cortés, 1981); y 2) para determinar tasas de crecimiento (Dodge, 1980).

Los sedimentos en suspensión, la resuspensión de sedimentos y los sedimentos del fondo del arrecife fueron cuantificados y analizados según Cortés (1981)

Por medio de boyas se determinaron las corrientes dentro del arrecife. Por su parte, las corrientes que se dan a lo largo de la costa Atlántica se establecieron observando la orientación de la boca de los ríos (Risk *et al.*, 1980) y por medio de imágenes de satélite (LANDSAT).

RESULTADOS

Comunidad Coralina: El arrecife de Cahuita se caracteriza por un porcentaje bajo de cobertura de coral vivo (promedio 40%, ámbito 4-80%), mientras que el arrecife de Gran Caimán tiene un promedio de 63% (ámbito 45-76%). Los valores más altos de Cahuita corresponden a transectos sobre áreas monoespecíficas de *Agaricia agaricites* (Fig. 2), situación que no se observó en Gran Caimán.

En Cahuita (Cuadro 1) hay una relación inversa significativa ($r = -0,69$; $t_t = 3,567$) entre la cobertura de coral vivo y la diversidad. También se observa una relación inversa significativa entre la diversidad y la profundidad ($r = 0,83$; $t_t = 4,643$). En otras palabras, a mayor profundidad, menor diversidad pero, mayor porcentaje de coral vivo. Estas relaciones se dan en Cahuita debido a que áreas profundas (4-5m) de la cresta interna están dominadas por *Agaricia agaricites* (Fig. 2). Allí la cobertura de coral vivo es alta, pero la diversidad muy baja.

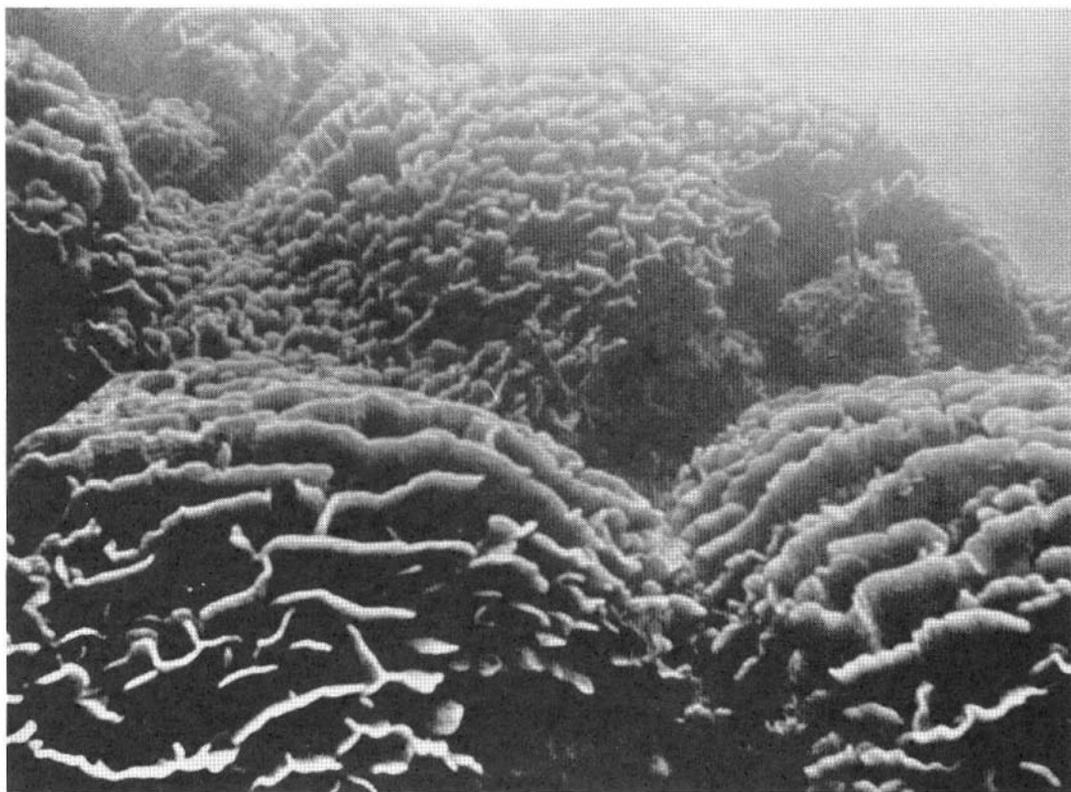


Fig. 2. *Agaricia agaricites* cubriendo hasta un 80% del sustrato entre 3.5 y 5 m en el arrecife interno. El área fotografiada es de 3 m en el centro.

El arrecife de Gran Caimán (Cuadro 2) muestra sólo una relación directa significativa ($r = 0,76$; $t_t = 2,615$) entre la diversidad y la profundidad. Esto se debe a que la diversidad máxima en Gran Caimán se da entre 13 y 15 m, donde la transparencia del agua permite una buena penetración de la luz.

La diversidad de especies de corales en Cahuita ($H' = 1,44$) es significativamente menor (diferencia entre índices de diversidad, $p = 0.01$; Hutchenson, 1970) que en Gran Caimán ($H' = 1,67$). Se obtienen resultados iguales al usar otros índices (Cortés, 1981) y al comparar los dos arrecifes usando curvas de rarefacción (Fig. 3). Tipper (1979) recomienda el uso de la prueba Smirnov de dos colas, como una forma simple y directa de comparar curvas de rarefacción. Las curvas de la Figura 3 no son diferentes a un nivel de significancia de 0,05, pero sí a un nivel de 0.1. Sin embargo, se notan diferencias significativas al usar otras pruebas (Eason *et al.*, 1980). Las diferencias entre las pruebas y la diferencia entre las curvas a un nivel de significancia menor probablemen-

te reflejan el carácter conservador de la prueba Smirnov (Conover, 1971; Tipper, 1979).

En los dieciseis transectos de Cahuita, *Agaricia agaricites* ocupó el 55%, *Siderastrea radians* el 16% y *Porites porites* el 13%. Las restantes siete especies medidas ocuparon el otro 16%. En Gran Caimán, *Acropora cervicornis* ocupó el 41%. *Montastrea annularis* el 23% y *Agaricia agaricites* el 17%. Las otras once especies medidas ocuparon el 19% restante. Las especies más abundantes de Cahuita son las que mejor rechazan sedimentos (Hubbard y Pocock, 1972; Bak y Elgershuizen, 1976) como se había observado en Risk *et al.* (1980). Por su parte, las especies más abundantes en Gran Caimán lo son también en otros arrecifes del Caribe (i.e. Jamaica; Goreau y Wells, 1967). Un transecto sinóptico de la cresta interna del arrecife de Cahuita se presenta en la figura 4. La laguna (profundidad menor a 1 m) está cubierta por *Thalassia*, algas, fragmentos de coral, arena y algunos corales pequeños: *Manicina areolata*, *Cladocora arbuscula*, *Siderastrea radians*, *S. siderea*,

CUADRO 1

Transectos del arrecife de Cahuita

Transecto #	Profundidad en metros	Cobertura de coral vivo (%)	Diversidad
1	5	80	0,555
2	3	27	1,434
3	3	50	1,161
4	2	31	1,602
5	2	29	1,495
6	4	41	1,094
7	4	54	0,900
8	3	20	1,124
9	2	28	0,677
10	1	31	0,963
11	5	80	0,038
12	4	77	0,464
13	3	37	0,639
14	2	25	0,838
15	1,5	4	1,213
16	3	33	1,077

Diploria clivosa y el hidrozoario *Millepora complanata*. La cresta, zona donde reventan las olas, está dominada por *Acropora palmata* y en menor cantidad se encuentran: *Diploria strigosa*, *D. clivosa*, *Montastrea annularis*, *M. cavernosa*, *Colpophyllia natans*, *Porites porites* y *Millepora complanata*. El frente del arrecife, profundidad entre 1 y 2 m, está ocupado principalmente por *Porites porites*, muy afectado por el erizo *Diadema antillarum*. Además, se observan: *Porites astreoides*, *Siderastrea radians* y *Montastrea cavernosa*. Entre 2 y 3,5 m de profundidad se encuentran abundantemente *Porites porites* y *Agaricia agaricites*. Entre 3,5 y 5 m el coral *Agaricia agaricites* es dominante, cubriendo hasta 80% del sustrato. A profundidades mayores de 5 m y hasta donde empieza el fondo arenoso (6-8m), se encuentra una gran cantidad de especies de las cuales sólo uno o dos ejemplares han sido observados:

CUADRO 2

Transectos de Gran Caimán

Transecto	Profundidad (m)	Cobertura de coral vivo (%)	Diversidad
1	7	67	0,903
2	16	62	1,326
3	13	60	1,483
4	5	76	1,096
5	15	62	1,557
6	15	45	1,596
7	13	72	1,725

Dichocoenia stellaris, *Mussa angulosa*, *Oculina diffusa*, *Madracis decactis*, *Agaricia fragilis*, *Astrangia solitaria*, *Mycetophyllia lamarckiana* y *Eusmilia fastigiata*. Otras especies más comunes son *Helioseris cucullata*, *Siderastrea radians* y *Agaricia agaricites*. En la base del arrecife, entre 6 y 8 m de profundidad se han observado cabezas muy grandes (1-3 m de diámetro) de *Colpophyllia natans*, *C. breviserialis*, *Siderastrea siderea*, *Diploria strigosa* y *Stephanocoenia michelinii*.

En ambos arrecifes fueron medidas dieciocho especies de corales, seis comunes para las dos localidades y solamente tres, *Agaricia agaricites*, *Porites astreoides* y *Siderastrea radians*, se prestan para una comparación de tamaño entre las colonias. En Cahuita, las colonias de estas especies son más grandes que en Gran Caimán. Esta relación se observó en otras especies no medidas por los transectos, en Cahuita y en Gran Caimán. Uno de nosotros (M.J.R.) también observó colonias más grandes en áreas más turbias en Australia.

El tamaño de los corales está relacionado con la edad. En Cahuita se observaron pocos especímenes jóvenes de las especies más comunes. Lo opuesto sucede en Gran Caimán, donde el tamaño de las colonias es pequeño, debido probablemente a competencia interespecífica.

Características de los corales: La tasa de crecimiento de los corales de Cahuita es menor (promedio 5,3 mm/año, ámbito 3,7 ± 0,8 a 7,7 ± 0,4 mm/año) que en Gran Caimán (12,4

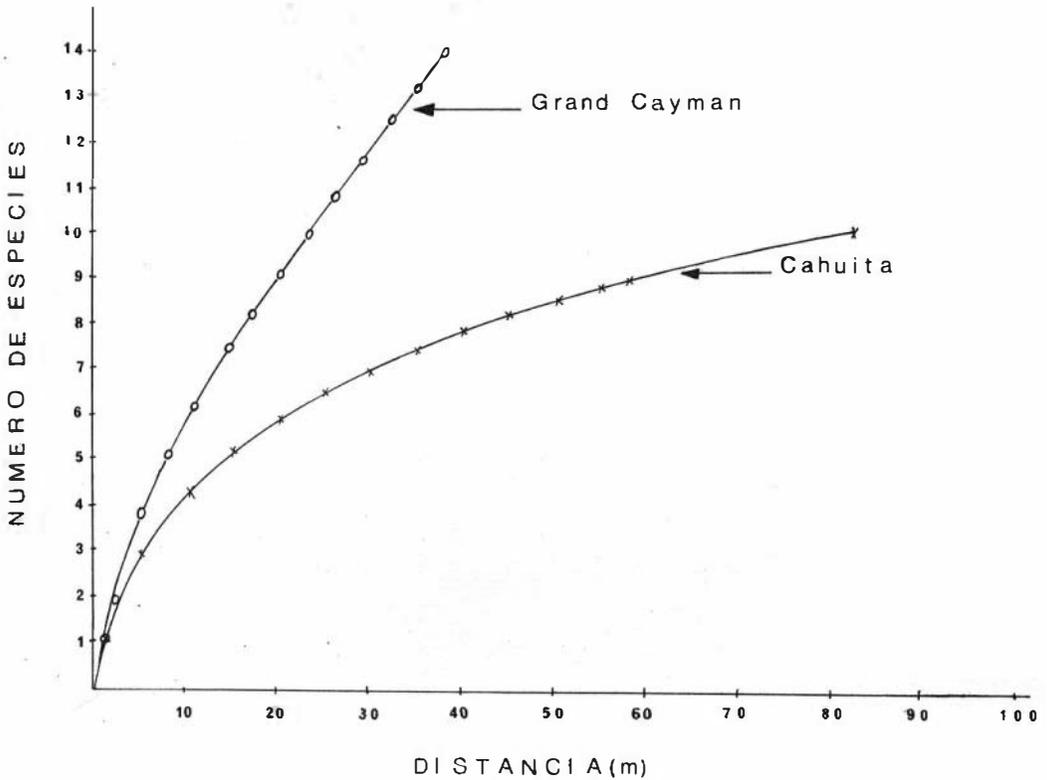


Fig. 3. Curvas de rarefacción para Cahuita y Gran Caimán. Puntos calculados según fórmula dada en Tipper (1979).

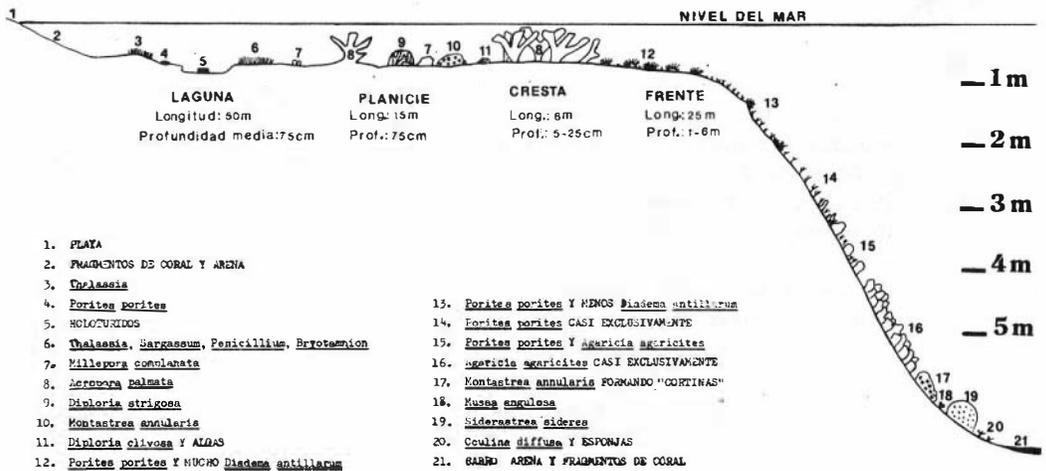


Fig. 4. Transecto sinóptico a través del arrecife interno, frente a la casa del Servicio de Parques Nacionales en Puerto Vargas.

mm/año) y que en otras áreas del Caribe (Dustan, 1975; Hein y Risk, 1975). Además, hay un cambio en la tasa de crecimiento de los corales de Cahuita. Por ejemplo, un espécimen de

Stephanocoenia michelinii tuvo una tasa de crecimiento antes de 1965 de $9,8 \pm 7$ mm/año y de $4,7 \pm 1,3$ mm/año después de 1970. Observamos en Cahuita ciertas variaciones

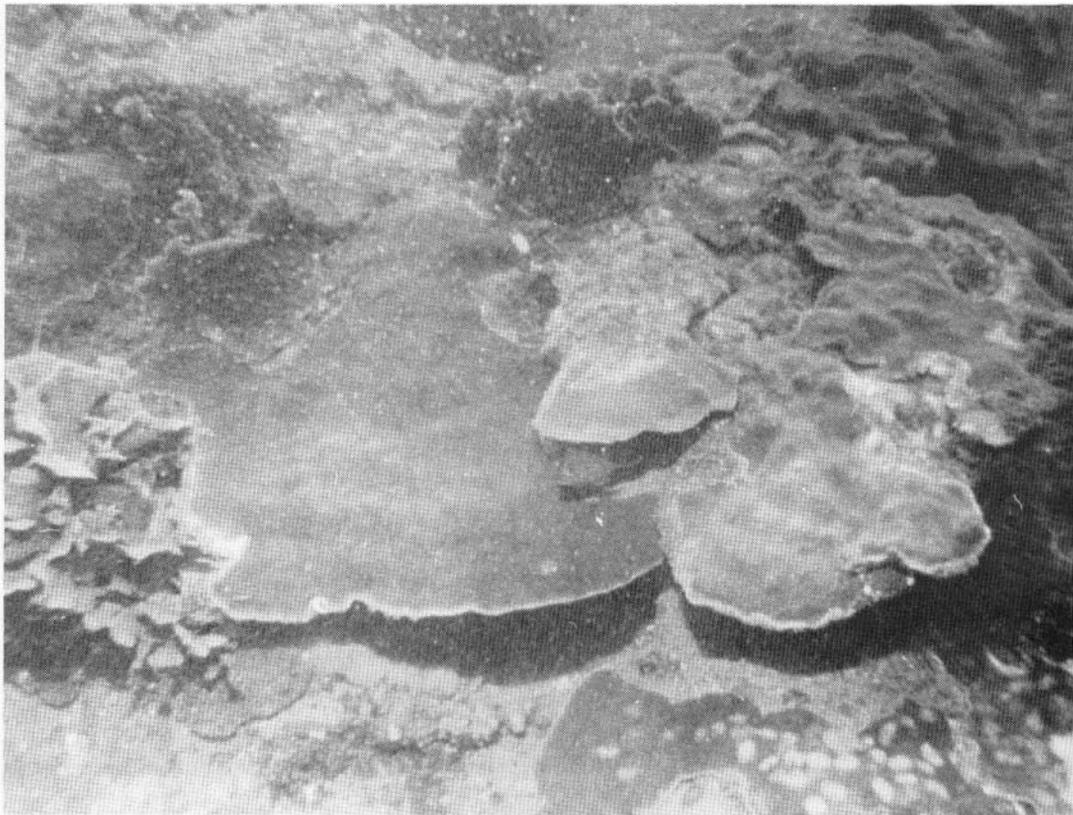


Fig. 5. *Montastrea annularis* a 4 m de agua mostrando la morfología típica de profundidad (láminas). Esto se observa normalmente a 20 o más metros en otros arrecifes. Distancia en el centro de la fotografía: 1 m. Arrecife de Cahuita.

en la morfología de algunas especies como respuesta a los sedimentos. Por ejemplo, *Porites astreoides*, *Montastrea annularis* y *Diploria strigosa*, crecen en forma de láminas desde 2 m de profundidad (Fig. 5). Este tipo de morfología de aguas profundas, se observa normalmente a más de 20 m en otros arrecifes del Caribe (Graus y Macintyre, 1982). *Agaricia agaricites* creciendo en láminas verticales resiste concentraciones más altas de sedimentos que en otra orientación (Bak y Elgershuizen, 1976; Bak, 1978). Esta especie cubre extensas áreas del arrecife de Cahuita y casi siempre está orientada verticalmente (Fig. 6).

Sedimentos: Al crecer, los corales atrapan sedimentos en su esqueleto, reflejando así las concentraciones de sedimentos en suspensión del ambiente en donde viven (Barnard *et al.*, 1974).

La cantidad de sedimentos atrapada en los esqueletos de los corales de Cahuita (0,03 –

0,2 % por peso) es significativamente mayor (Mann-Whitney U-Test, $p = 0,05$) que en corales de Gran Caimán (0,006 - 0,02%). La concentración de sedimentos en las partes más viejas del esqueleto de los corales colectados en Cahuita es significativamente menor (Prueba de ámbito de Wilcoxon, Signed-Rank Test, $p = 0,05$) que en las partes más nuevas.

En Cahuita, la resuspensión de sedimentos a 50 cm del sustrato, 30-360 mg/cm²/día, es mucho mayor que en Discovery Bay, Jamaica (0,45-1,1 mg/cm²/día; Aller y Dodge, 1974) o Puerto Rico (1-21 mg/cm²/día; Rogers, 1977). Igualmente, la concentración de sedimentos en suspensión en Cahuita (7,4 mg/l; ámbito 0,1-212,7 mg/l) es mucho mayor que en Gran Caimán (ámbito 0,1-2,4 mg/l), y que en otras áreas del Caribe (Rogers, 1977).

Muestras de sedimentos tomadas del fondo de Cahuita consisten en fragmentos de corales, moluscos, foraminíferos, arena y sedimentos finos. La cantidad de sedimentos solubles en

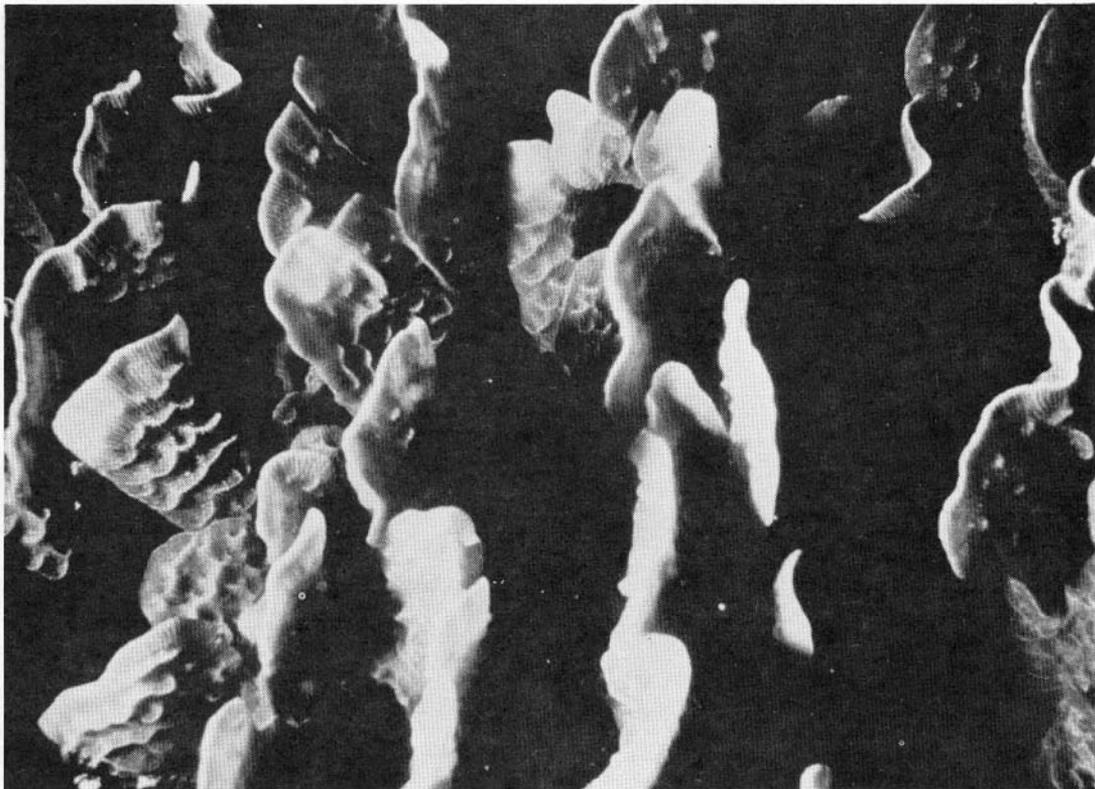


Fig. 6. *Agaricia agaricites* con las láminas orientadas verticalmente para resistir mayor sedimentación. Distancia en el centro de la fotografía: 30 cm. Arrecife de Cahuita, 5 m.

HCl diluido (fracción carbonática) es menor en Cahuita (66,6%; ámbito 26,2 - 97,2%) que en Gran Caimán, donde los sedimentos son casi 100% carbonato de calcio. Valores de más del 94% de CaCO_3 son típicos para arrecifes (Scholl, 1966). Siempre se encuentra un porcentaje de material silíceo, no soluble en CHl diluido, que consiste de espículas de esponjas, frústulos de diatómeas y esqueletos de radiolarios.

Las corrientes dentro del arrecife son de noroeste a sureste y su velocidad depende en gran medida del viento sobre el arrecife.

Las corrientes a lo largo de la costa Atlántica de Costa Rica se determinan por medio de imágenes de LANDSAT (Fig. 7) y por observación de las bocas de los ríos (Risk *et al.*, 1980). Estas observaciones indican que el flujo es del noroeste al sureste. Estas corrientes son parte de un sistema de contra-corrientes moviéndose de oeste a este en la costa sur de Centro América y creada por la principal corriente de este a oeste en el Caribe (Collier, 1964; Kinder, 1983).

DISCUSION

El arrecife coralino del Parque Nacional Cahuita se encuentra en graves problemas debido a la sedimentación. Las demás condiciones ambientales para el desarrollo de arrecifes (salinidad, temperatura, irradiación, movimiento del agua) son óptimas. Solo la concentración de sedimentos es mayor que los valores reportados para otras áreas del Caribe.

Los sedimentos afectan a los corales en tres formas: 1) reducción en la cantidad de luz disponible: debido a su relación simbiótica con las zooxantelas, los corales necesitan luz para su crecimiento; 2) gasto energético: los corales son capaces de remover sedimentos por medio de acción tentacular y ciliar, por distensión del cuerpo y por medio de capas de mucus (Hubbard y Pocock, 1972). Todos estos mecanismos de limpieza requieren energía; 3) interferencia en la alimentación: los sedimentos en suspensión afectan a los corales que se alimentan por suspensión (Lewis, 1976).

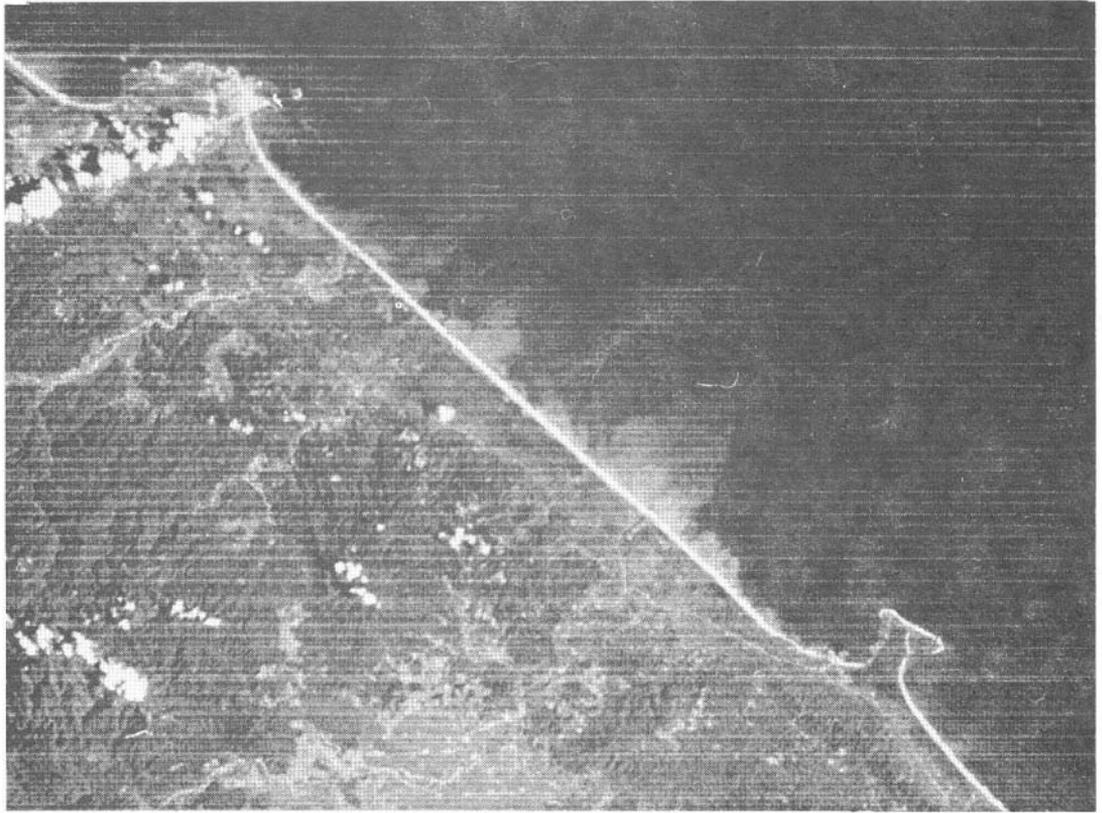


Fig. 7. Fotografía de satélite (LANDSAT) de la costa Atlántica de Costa Rica. Nótese el desplazamiento de los sedimentos de los ríos hacia el sureste.

En el Cuadro 3 se comparan cuatro arrecifes del Caribe y uno del Pacífico Central. Se puede apreciar que, independientemente de cómo es afectada cada especie de coral, los resultados serán los siguientes: reducción en las tasas de crecimiento, variación en la morfología, aumento en la concentración de sedimentos atrapados en el esqueleto, reducción en la cobertura de coral vivo, cambios en la composición de especies, reducción en la diversidad de corales, variación en el tamaño promedio de las colonias. También se han observado los siguientes efectos: muerte del coral (Rogers, 1979; Thompson, 1979), reducción en el asentamiento de larvas (Sammarco, 1980) y disminución en la productividad primaria neta y en la respiración (Rogers, 1979).

La tasa de crecimiento de los corales disminuye como consecuencia del efecto producido en ellos por los sedimentos: reducción de luz, gasto energético e interferencia en la alimentación. Es posible trazar una relación inversa significativa entre la resuspensión de sedi-

mentos y la tasa de crecimiento (Cortés, 1981).

Los cambios morfológicos de las colonias responden en *Montastrea annularis* a la reducción en la luz (Fig. 5) y a una disminución en el gasto energético en el caso de *Agaricia agaricites* (Fig. 6). En la Isla Fanning, Pacífico Central, se observó un porcentaje alto de formas ramificadas en donde la sedimentación era mayor (Roy y Smith, 1971), en respuesta a una reducción en el gasto energético de limpieza.

Si tomamos el arrecife de Jamaica, estudiado por Goreau y Wells (1967), como modelo de distribución de los corales en el Caribe, notamos en Cahuita un desplazamiento hacia aguas someras. Por ejemplo, *Agaricia agaricites* en Jamaica es abundante entre 7 y 20 m, con un mínimo de 3 m. En Cahuita, esta especie es de abundante a dominante entre 2 y 5 m.

La cantidad de sedimentos atrapada en el esqueleto de los corales es mayor en un ambiente turbio que en aguas claras. Aún no ha sido

CUADRO 3

Comparación de cuatro arrecifes del Caribe y uno del Pacífico central

	Cahuita	Gran Caimán	Puerto Rico (1)		Jamaica (2)	Isla Fanning (3)	
Sedimentos en suspensión o turbidez	7,4 mg/l	2 mg/l	1,5 FTU (4)	5,5 FTU	n.i. (5)	1.0	3,5 mg/l
Resuspensión de sedimentos	30-360 mg/cm ² /día	n.i.	3,0	15 mg/cm ² /día	1,1 0,7 0,45 mg/cm ² /día		n.i.
Tasa de crecimiento	5,3 mm/año	12,4 mm/año		n.i.	6,2 8,2 8,8 mm/año		n.i.
Variaciones morfológicas	sí (Figs. 5 y 6)	no		n.i.	n.i.		sí (p. 243-244)
Sedimentos atrapados	0,03-0,20 %/peso	0,01 %/peso		n.i.	n.i.		n.i.
Cobertura de coral vivo	40%	63%	79%	30%	n.i.	62%	31%
Composición de especies	Resistente a sedimentos (6)	Normal para el Caribe (7)	Normal	Resistente	n.i.	90% formas masivas	55% ramificadas
Diversidad	1,443	1,670	2,196	1,830	n.i.	n.i.	
Tamaño de las colonias	26,6 ± 2,4 cm	4,6 ± 2,1 cm	8,7 ± 0,4 cm	18,4 ± 1,6 cm	n.i.	n.i.	

(1) Loya, 1976

(2) Dodge *et al.*, 1974

(3) Roy y Smith, 1971

(4) FTU: Formazin Turbidity Units

(5) n.i.: no indicado

(6) Según Hubbard y Pocock, 1972, Bak y Elgershuizen, 1976

(7) Según Goreau y Wells, 1967

dilucidada la forma en que estos sedimentos son incorporados al esqueleto.

La cobertura de coral vivo es menor en un ambiente turbio debido a la muerte total o parcial de las colonias. Esta muerte puede ser causada por uno o todos los siguientes factores: reducción de la luz, interferencia en la alimentación y enterramiento del coral. Nótese en el Cuadro 3 que en ninguno de los arrecifes la cobertura de coral vivo es total. Las razones de este fenómeno pueden ser: competencia interespecífica (Lang, 1973), muerte parcial de colonias por diversas razones (Lewis, 1974), y por el efecto alelopático de algunos invertebrados (Jackson y Buss, 1975).

La composición de especies de coral responde a la sedimentación. Tanto en Cahuita como en el arrecife turbio de Puerto Rico (Cuadro 3), las especies más abundantes son las más resistentes a los sedimentos. Esta eliminación selectiva de especies tiene un efecto reductor en la

diversidad; por un lado se disminuye el número de especies diferentes y por otro aumenta la desigualdad en su abundancia.

Se ha argumentado que el tamaño de las colonias de corales en ambientes turbios debe ser pequeño ya que la eliminación del sedimento no es direccional (Dodge *et al.*, 1974). Los sedimentos son transportados hasta el borde de la colonia en forma azarosa. Si la colonia es pequeña, los sedimentos llegan al borde más o menos rápidamente. Loya (1976) encontró en Puerto Rico que el tamaño de las colonias es menor en el arrecife turbio. Maragos (1974) encontró, por el contrario, colonias más grandes en áreas turbias de la Isla Fanning. Una situación similar se presenta en Cahuita y la ha observado uno de nosotros (M.J.R.) en Australia. Apparently las colonias de mayor tamaño pueden soportar mejor los sedimentos que colonias pequeñas cerca del sustrato.

Observaciones adicionales indican que al arrecife de Cahuita está en decadencia:

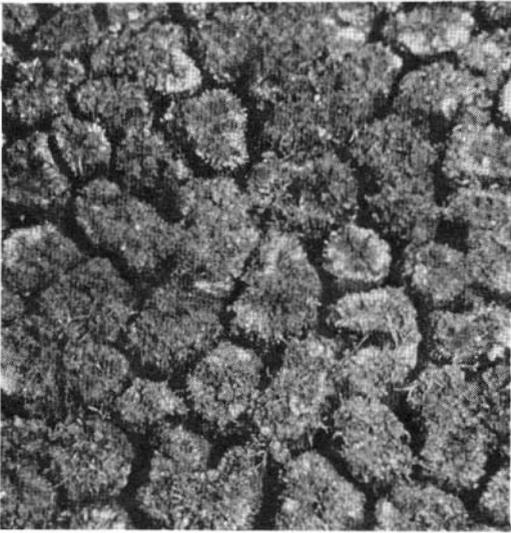


Fig. 8. *Mussa angulosa* muerta pero aún en posición vital a 5 m de profundidad en el arrecife de Cahuita.

- 1) Masas hemisféricas de *Mussa angulosa* muertas. Los individuos, largos y solitarios, se encuentran todavía en su posición original (Fig. 8).
- 2) El hidrozoario *Millepora complanata* es muy abundante en Cahuita. Se ha observado que en arrecifes con buen crecimiento de coral y gran diversidad de especies los hidrozoarios son escasos. Lo opuesto sucede en áreas donde el arrecife está muriendo (Mergner, 1977).
- 3) Las algas filamentosas son abundantes en Cahuita y en arrecifes con algún tipo de problema ambiental (por ejemplo el arrecife cerca de Charlotteville, Tobago, observación personal y Rogers, 1979) mientras que los arrecifes "saludables" tienen muy pocas (por ejemplo Gran Caimán).
- 4) El erizo *Diadema antillarum* es muy importante en el control de la distribución y abundancia de corales recién asentados (Sarnmarco, 1980), además sus largas espinas causan daño a los corales adultos. *Diadema* es de moderado a muy abundante en algunas áreas del arrecife de Cahuita (Valdez y Villalobos, 1978; observación personal). Este erizo es muy raro en los arrecifes de Gran Caimán.
- 5) La cresta externa del arrecife de Cahuita (Fig. 1) tiene contrafuertes bien desarro-

llados indicando posiblemente buen crecimiento en el pasado. Ahora estas áreas están cubiertas de algas y algunos corales aislados (Risk *et. al.*, 1980).

Los sedimentos que están afectando el arrecife de Cahuita parecen venir del río La Estrella. Esta suposición se basa en las siguientes pruebas: 1) En las imágenes de satélite del área (Fig. 7) se puede observar el sedimento saliendo del río moviéndose hacia el arrecife. 2) La composición geoquímica de los sedimentos alóctonos del arrecife es igual a la de los del río La Estrella (Cortés, 1981). Observaciones de ríos de la zona que bajan por bosques naturales muestran concentraciones muy bajas de sedimento aún durante fuertes aguaceros. Esta situación no ocurre en el río La Estrella donde se midieron concentraciones de sedimentos de hasta 5 g/l, producto de la erosión de la cuenca del río. Se puede apreciar así, que el efecto nocivo de la deforestación es palpable no sólo en las montañas, sino también mucho más bajo, en el mar. La destrucción del arrecife del Parque Nacional de Cahuita implica la pérdida de una importante fuente de alimentos, afectando grandemente a los pescadores del pueblo de Cahuita, además se pierde uno de los principales centros de recreación de la zona Atlántica y un área de estudio muy importante para todo el país.

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo forma parte de la Tesis de Maestría del primer autor, la cual fue posible gracias al aporte económico de McMaster University, National Science and Engineering Research Council of Canada (NSERC) y del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT).

La ayuda prestada por personas de la Universidad de Costa Rica, del Servicio de Parques Nacionales y de la Universidad de McMaster, cuya lista sería demasiado extensa para incluirla aquí, ha sido invaluable en la realización de esta investigación. Para todas ellas nuestro más sincero agradecimiento, y en especial a M.M. Kandler.

RESUMEN

El arrecife coralino del Parque Nacional Cahuita, Limón, se caracteriza por: 1- alta

concentración de sedimentos en suspensión; 2- altas tasas de resuspensión de sedimentos; 3- porcentaje carbonático relativamente bajo de los sedimentos del fondo; 4- baja tasa de crecimiento coralino; 5- bajo porcentaje de cobertura de coral vivo; 6- baja diversidad de corales; 7- colonias de mayor tamaño que en otras áreas estudiadas y, parece que el reclutamiento de larvas plánulas es bajo. Los corales que más abundan son los más resistentes a los sedimentos. La morfología de algunas especies cambia en respuesta a la reducción de luz, causada por los sedimentos y en respuesta a los sedimentos *per se*. La profundidad óptima de algunas especies es menor que en otras áreas del Caribe.

Las observaciones y los resultados apuntan al Río La Estrella como la fuente de sedimentos que está afectando al arrecife de Cahuita, y es posible que la cantidad de estos sedimentos haya aumentado recientemente debido a la deforestación de su cuenca.

Los sedimentos afectan tanto a los corales individuales como a toda la comunidad coralina. Es factible determinar si los sedimentos son (o fueron) un problema en un arrecife mediante el análisis de los siguientes parámetros: tasa de crecimiento de los corales, cantidad de sedimentos atrapada en su esqueleto, cobertura de coral vivo, composición y diversidad de especies y finalmente, su morfología y tamaño.

REFERENCIAS

Aller, R. C., & R. E. Dodge. 1974. Animal-sediment relations in a tropical lagoon, Discovery Bay, Jamaica. *J. Mar. Res.*, 32: 209-232.

Bak, R. P.M. 1978. Lethal and sublethal effects of dredging reef corals. *Mar. Poll. Bull.*, 9: 14-16.

Bak, R. P. M., & J. H. B. W. Elgershuizen. 1976. Patterns of oil-sediment rejection in corals. *Mar. Biol.*, 37: 105-113.

Barnard, L.A., I.G. Macintyre, & J.W. Pierce. 1974. Possible environmental index in tropical reef corals. *Nature*, 252: 219-220.

Collier, A. 1964. The American Mediterranean, p. 122-142. In R.C. West, & R. Wauchope (eds.). *Handbook of Middle American Indians*. Vol. 1. University of Texas Press. Austin, Texas.

Conover, W. J. 1971. *Practical Nonparametric Statistics*. Wiley, New York. 462 p.

Cortés N., J. 1981. The Coral Reef at Cahuita, Costa Rica: A Reef Under Stress. Tesis de Maestría: McMaster University, Hamilton, Canadá. 176 p.

Dodge, R.E. 1980. Preparation of coral skeletons for growth studies. Appendix I. Part B: 615-618. In D.C. Rhoads y R. A. Lutz (eds.). *Skeletal Growth of Aquatic Organisms*. Plenum Press.

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.

Dodge, R. E., R.C. Aller, & J. Thompson. 1974. Coral growth related to resuspension of bottom sediments. *Nature*, 247: 574-577.

Dustan, P. 1975. Growth and form in the reef-building coral *Montastrea annularis*. *Mar. Biol.*, 33: 101-108.

Eason, G., C. W. Coles, & G. Gettinby. 1980. *Mathematics and statistics for the Bio-Sciences*. Ellis Horwood Limited, Chichester, England. 578 p.

Gómez, E. D. 1980. Status report on research and degradation problems of the coral reefs of the East Asian Seas. South China Sea Fisheries Development and Coordinating Programme. Manila, Philippines. 68 p.

Goreau, T.F., & J.W. Wells. 1967. The shallow-water Scleractinia of Jamaica: Revised list of species and their vertical distribution range. *Bull. Mar. Sci.*, 17: 442-453.

Graus, R.R. y I. G. Macintyre, 1982. Variation in growth forms of the reef coral *Montastrea annularis* (Ellis & Sollander): A quantitative evaluation of growth response to light distribution using computer simulation. *Smithsonian Contrib. Mar. Sci.*, 12:441-464.

Hein, F. J., & M. J. Risk. 1975. Bioerosion of coral heads: Inner patch reefs, Florida Reef Tract. *Bull. Mar. Sci.*, 25: 133-138.

Hubbard, J.A.E.B., & Y. P. Pocock. 1972. Sediment rejection by recent Scleractinian corals: A key to palaeo-environmental reconstruction. *Geol. Rundschau.*, 61: 598-626.

Hutchenson, K. 1970. A test for comparing diversities based on the Shannon formula. *J. Theoret. Biol.*, 29: 151-154.

Jackson, J.B.C., & L. Buss. 1975. Allelopathy and spatial competition among coral reef invertebrates. *Proc. Nat. Acad. Sci.*, 72: 5160-5163.

Johannes, R. E. 1972. Coral reefs and pollution, p. 364-374. In M. Ruivo (ed.). *Marine Pollution and Sea Life*. FAO Fishing News Ltd., England.

PC: arrecife coralino, sedimentos, diversidad morfología fauna. cocum

- Johannes, R. E. 1975. Pollution and degradation of coral reef communities. Elsevier Publishing Company, Netherlands. Oceanographic Series, 12: 13-51.
- Kaye, C. A. 1959. Shoreline features and Quaternary shoreline changes, Puerto Rico. U.S. Geol. Surv. Prof. Paper No. 317-B. 140 p.
- Kinder, T. H. 1983. Shallow currents in the Caribbean Sea and Gulf of México as observed with satellite-tracked drifters. Bull. Mar. Sci., 33: 239-246.
- Lang, J. C. 1973. Interspecific aggression by scleractinian corals. 2. Why the race is not only to the swift. Bull. Mar. Sci., 23: 260-279.
- Lemieux, G. 1969. Oportunidades para el desarrollo turístico del litoral Atlántico al sur de Puerto Limón, Costa Rica. IICA, OEA, Turrialba. 197 p.
- Lewis, J. B. 1974. Settlement and growth factors influencing the contagious distributions of some Atlantic reef corals. Proc. 2nd Int. Coral Reef Symp., 2: 201-206.
- Lewis, J. B. 1976. Experimental test of suspension feeding in Atlantic reef corals. Mar. Biol., 36: 147-150.
- Loya, Y. 1976. Effects of water turbidity and sedimentation on the community structure of Puerto Rican corals. Bull. Mar. Sci., 26: 450-466.
- Maragos, J. E. 1974. Reef corals of Fanning Island, Pac. Sci., 28: 247-255.
- Mergner, H. 1977. Hydroids as indicator species for ecological parameters in Caribbean and Red Sea coral reefs. Proc. 3rd Int. Coral Reef Symp. 1: 119-125.
- Miller, K. R. 1969. Planeamiento del manejo del Monumento Nacional Cahuita. FAO e IICA de la OEA. Turrialba, Mimeogr., sin paginar.
- Pillai, C.S.G. 1971. Composition of the coral fauna of the southeastern coast of India and the Laccadives, p. 301-327. In D. R. Stoddart & M. Yonge (eds.). Regional Variation in Indian Ocean Coral Reefs. Symposia Zool. Soc. London, No. 28.
- Pittier, H. F. 1912. Kostarika, Beiträge zur Orographie und Hydrographie Petermanns Mitt., Enganzungsheft, Gotha. 175 p.
- Redfield, 1923. The petroleum possibilities of Costa Rica. Econ. Geol., 18: 354-381.
- Rigby, J. K., & H. H. Roberts. 1976. Geology, reefs, and marine communities of Grand Cayman Island, B. W. I. Brigham Young Univ. Geology Studies, Special Publication, No. 4: 1-95.
- Risk, M.J. 1972. Fish diversity on a coral reef in the Virgin Islands. Atoll Res. Bull., 153: 1-6.
- Risk, M. J., M. M. Murillo y J. Cortés. 1980. Observaciones biológicas preliminares sobre el arrecife coralino en el Parque Nacional de Cahuita, Costa Rica. Rev. Biol. Trop., 28: 361-382.
- Rogers, C. S. 1977. The Response of a Coral Reef to Sedimentation. Tesis doctoral. Univ. Florida, Gainesville, FL. 195 p.
- Rogers, C. S. 1979. The effect of shading on coral reef structure and function. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 41: 269-288.
- Roy, K. J., & S. V. Smith. 1971. Sedimentation and coral reef development in turbid water: Fanning Lagoon. Pac. Sci., 25: 234-248.
- Sammarco, P. W. 1980. *Diadema* and its relationship to coral spat mortality: Grazing competition, and biological disturbance. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 45: 245-272.
- Scholl, D. W. 1966. Florida Bay: a modern site of limestone formation, p. 282-288. In F. W. Fairbridge (ed.). The Encyclopedia of Oceanography. Reinhold Publishing Corp., New York. 1021 p.
- Stephenson, W. R., R. Endean, & I. Bennet. 1958. An ecological survey of the marine fauna of Low Isles, Queensland, Australia. J. Mar. Fw. Res., 9: 261-318.
- Thompson, J. H., Jr. 1979. Effects of drilling mud on seven species of reef-building corals as measured in field and laboratory. Final report to the U.S. Geol. Survey. Grant No. 14-08-001-1627, 29 p. más figuras.
- Tipper, J. C. 1979. Rarefaction and rarefaction—The use and abuse of a method in paleoecology. Paleobiology, 5: 423-434.
- Tosi, J. H. 1975. Parque Nacional "Cahuita-Manzanillo". Informe Servicio de Parques Nacionales del MAG, San José. 16 p. (mecanografiado).
- Valdez, M. F. & C. R. Villalobos. 1978. Distribución espacial, correlación con el substrato y grado de agregación en *Diadema antillarum* Phillippi (Echinodermata: Echinoidea). Rev. Biol. Trop., 26: 237-245.
- Wallis, O. L. 1972. The significance of Cahuita National Monument, Costa Rica: An evaluation of the present and plans for the future. Mission report for UNESCO. 44 p.
- Weiss, M. P., & D. A. Goddard. 1977. Man's impact on coastal reefs—an example from Venezuela, p. 111-124. In S. H. Frost, M. P. Weiss, & J. B.

- Saunders (eds.). Reefs and Related Carbonates—Ecology and Sedimentology. Amer. Ass. Petro. Geol., Studies in Geology, No. 4.
- Wellington, G. M. 1973. Additions to the Atlantic benthic flora of Costa Rica. *Brenesia*, 2: 17-20.
- Wellington, G. M. 1974 a. The benthic flora of Punta Cahuita: An annotated list of species with new additions to the Costa Rican Atlantic Flora. *Brenesia*, 3: 19-30.
- Wellington, G. M. 1974 b. An ecological description of the marine and associated environments at Monumento Nacional Cahuita. Subdirección de Parques Nacionales, San José, 81 p. (mecnografiado).