

Los arrecifes de la Isla de San Andrés (Mar Caribe, Colombia)

Por

JÖRN GEISTER

Con 3 láminas y 1 figura

Resumen

Se describen los rasgos topográficos, sedimentológicos y la distribución de la fauna bentónica, en los sectores NE y E de la plataforma submarina de San Andrés. La barrera de barlovento se destaca por un crecimiento profuso del hidrocoral *Millepora*. Esto se interpreta como adaptación ecológica a la resaca de olas largas, generados por los vientos alisios a través de casi toda la extensión del Mar Caribe.

Zusammenfassung

Es werden die submarine Topographie, die Sedimente sowie die Verteilung der Korallen und anderer benthonischer Organismen in Riff und Lagune im N und E des Insularschelfes von San Andrés untersucht. Die Brandungszone im gesamten Bereich des Wallriffes ist ähnlich wie bei anderen westkaribischen Rifften durch einen üppigen Wuchs der Hydrokoralle *Millepora* gekennzeichnet. Diese besondere Ausbildung des Riffes wird als eine ökologische Anpassung an eine intensive Brandung vor allem von langwelliger, ozeanischer Dünung gedeutet, welche durch den Passat über fast die gesamte Breite des Karibischen Meeres erzeugt wird. Riffabschnitte, welche maximaler Brandungsenergie ausgesetzt sind, zeigen die Ausbildung von echten Kalkalgenwällen.

Summary

The windward reef complex NE and E of San Andrés Island is briefly described in terms of submarine topography, sediments and the distribution of corals and other benthonic organisms. The breaker zone of the San Andrés barrier and other exposed Western Caribbean reefs characteristically exhibits a profuse growth consisting almost exclusively of *Millepora*. In this respect they are different from most other described West Indian reef localities, where *Acropora palmata* is the dominating species in this part of the reef. The replacement of *Acropora palmata* by *Millepora* is interpreted as an adaptation of the reef crest community to high energy environments due to long swell prevailing at the Western end of the Caribbean Sea. A few short reef sections exposed to the maximum degree of wave energy show conspicuous algal ridges.

Prefacio

Esta comunicación preliminar, sobre la formación de los arrecifes de barlovento de San Andrés, es una versión ampliada y revisada de una conferencia que el autor dictó en el "Primer Congreso Colombiano de Geología" en Bogotá, en el año de 1969 (GEISTER 1969). Las investigaciones se llevaron a cabo entre los años de 1968 y 1970, como parte de un estudio más amplio, realizado sobre los arrecifes fósiles y recientes de la Isla de San Andrés (GEISTER 1973).

Durante las exploraciones submarinas en la plataforma marina de San Andrés se aplicaron los siguientes métodos: buceo con máscara y aletas acompañado por un ayudante en canoa. Las distancias horizontales mencionados en este estudio se tomaron de fotografías aéreas, las profundidades se medieron con un profundímetro de mano. Los datos observados fueron escritos en la misma agua, usando una tabla de material plástico.

Situación de la Isla y de los arrecifes

La Isla de San Andrés está situada en el Mar Caribe occidental, fuera de la plataforma continental centroamericana y forma parte del llamado Archipiélago de San Andrés y Providencia. Mientras que en Providencia predomina un complejo de rocas volcánicas de edad terciaria, San Andrés está compuesta únicamente de calizas arrecifales pleistocenas y miocenas. Estas últimas alcanzan una altura mayor de 90 ms.

La isla está rodeada por una terraza submarina de 200—500 ms de anchura, que en el Occidente principia en la misma costa y en el Oriente y Norte a partir del arrecife de barrera (fig. 1). Fuera de esta terraza, cuyo borde exterior se encuentra normalmente alrededor de 20 ms bajo el nivel del mar, el talud submarino desciende a todos los lados con un declive bastante escarpado hasta más de 1000 ms de profundidad (MILLIMAN & SUPKO 1968, fig. 2).

La costa occidental carece de arrecifes propiamente dichos. Fuera de la orilla abunda una gran diversidad de especies de corales hermatípicos, sobre todo en profundidades entre 15 y 20 ms, donde forman verdaderas "praderas coralinas". Solamente en la parte Noroeste de la terraza submarina hay un arrecife de sotavento, llamado "Bar" por los pescadores isleños. Todos los arrecifes de barlovento se encuentran enfrente de las costas oriental y Norte de la isla.

A lo largo de la costa oriental se extiende un arrecife costero, desde la punta Sur de la isla hasta el caserío de "Sound Bay", donde se aleja de la orilla, formando una laguna de unos 250 ms de ancho y de 4 ms de profundidad. Otro arco grande de arrecifes, localmente conocido como "Big Reef" en el Norte y "East Reef" en el Este, se encuentra más o menos a 2 kms de la costa, extendiéndose desde la isleta de "Johnny Cay" en el Norte hasta „Haine Cay" en el Sureste. La costa Norte de San

Andrés está bordeada además por un pequeño arrecife costero llamado "Little Reef" que alcanza su mejor formación en la parte oriental.

Rasgos oceanográficos de San Andrés

Los vientos alisios en San Andrés tienen una dirección principal E y en segundo lugar NE, hecho que influye fuertemente en las corrientes marinas de esta región. Por esta razón la costa y los arrecifes del E están bajo la influencia de una corriente de fuerza variable, que llega del NE, y luego de pasar por la punta Sur, se dirige al OE. En el N de la isla la corriente predominante atraviesa el "Big Reef" y se dirige al mar abierto, pasando en su mayor parte el ancho canal entre "German Point" y el arrecife de sotavento. Así las corrientes tienen una dirección NOE cerca de la orilla Norte y OESOE en la región de "Johnny Cay".

Los vientos soplan con intensidad y dirección constante prácticamente a través de todo el área del Mar Caribe, antes de pasar por el Archipiélago de San Andrés y Providencia, produciendo en su curso olas largas, que rompen en los arrecifes de barlovento del Caribe occidental. Por refracción en las terrazas prearrecifales de San Andrés las olas de altamar, provenientes en general del NE y E, se acercan siempre a los arrecifes exteriores frontalmente. La mayor resaca se observa en los arrecifes expuestos al N, NE y E. La resaca en los arrecifes lagunares es menos potente y de una fuerza que varía según las localidades.

Las temperaturas superficiales de las aguas en los arrecifes de la plataforma submarina de San Andrés oscilan según las observaciones del autor entre 26 °C y 31 °C, teniendo como valores más frecuentes 27—28 °C. Así están dentro de los límites de la temperatura óptima para el crecimiento de corales hermatípicos (25—29 °C), dados por WELLS (1957:1088). Sin embargo en las bahías poco profundas de la costa oriental de la isla, pobladas por fanerógamas y algas marinas, en tiempo de calma y de bajamar la temperatura del agua puede alcanzar durante el día valores excepcionales de mucho más de 40 °C, hecho que en estas ocasiones causa la muerte de dicha flora y las comunidades bentónicas asociadas.

Las mareas son mixtas y tienen una amplitud que varía entre 30 y 60 cms.

Anotaciones sobre la fauna coralina de San Andrés

Hasta ahora se encontraron 49 especies y variedades de hidrocorales y Scleractinia, en la plataforma submarina de San Andrés (GEISTER 1973). Este número afirma la gran diversidad específica de la fauna coralina en el Mar Caribe occidental, anteriormente reconocida por GOREAU & WELLS (1967) en Jamaica, por PFAFF (1969) en las Islas del

Rosario al SOE de Cartagena (Colombia) y por PORTER (1972) en las islas de la costa atlántica panameña.

Al contrario, parece que la propia costa continental colombiana está poblada solo por un número relativamente reducido de especies coralinas (ANTONIUS 1972, GEYER 1969, y observaciones propias), que refleja condiciones de vida menos favorables para algunos corales y también menos diversidad con respecto a los habitats representados en esta región. El estado actual de los conocimientos no permite precisar los factores que contribuyen a la aparente pobreza de la fauna coralina en esta parte.

La fauna coralina e hidrocoralina no está distribuida uniformemente en la plataforma submarina de San Andrés. Mientras que en los arrecifes de barlovento un número muy limitado de especies hermatípticas forma la mayor parte de la biomasa animal, en el lado de sotavento, la fauna coralina muestra tanto una gran diversidad como una distribución de especies más proporcionada.

En algunas partes, el crecimiento actual de corales parece muy reducido. Esto se puede observar donde las algas calcáreas incrustadas desempeñan el papel más importante, como por ejemplo en el ramal Norte del arrecife de sotavento. Esta parte del arrecife, no protegida hacia el NE, está batida intensamente por las olas de altamar, que se acercan del arrecife del NOE y NE. Aquí en el "Top Blowing Rock" la actividad incrustante de las algas calcáreas culmina en la formación de una verdadera cresta de algas, elemento morfológico y ecológico muy típico de muchos atolones pacíficos (lám. 1, fig. 1).

El complejo arrecifal de barlovento en el NE de San Andrés

La topografía submarina en el NE de San Andrés permite establecer desde la orilla hacia el mar abierto las siguientes subdivisiones:

- a) canal de embarcaciones
- b) arrecife costero o interior ("Little Reef")
- c) laguna con bancos de coral
- d) arrecife de barrera o arrecife exterior ("Big Reef")
- e) terraza prearrecifal y talud externo

Cada unidad tiene sus comunidades bentónicas características que varían según la topografía submarina, de la cual dependen factores ecológicos como profundidad, oleaje, sedimentos, etc. A lo largo del perfil, algunas comunidades se repiten conforme con la topografía, como a continuación se explica.

a) Canal de embarcaciones

El arrecife costero está separado de la costa por un canal de 0,5—2,0 ms de profundidad y de unos 250 ms de anchura que es el

denominado canal de embarcaciones. Su fondo predominantemente arenoso, está cubierto de praderas de *Thalassia* y *Cymodocea*. En segundo lugar abundan las algas, entre otros los géneros *Penicillus* y *Halimeda*, siendo el último el mayor contribuyente a la fracción macroscópica del sedimento calcáreo arenoso.

Como macrobentos prevalecen equinodermos, en primer lugar el erizo blanco *Tripneustes esculentus* (?) y la especie negra-azul *Diadema antillarum*. Ofiurideos son muy frecuentes bajo escombros de corales, holoturias en las praderas de *Thalassia*, mientras las estrellas de mar son bastante escasas. Abundan las especies coralinas no fijadas, cuyas pequeñas colonias están solamente posadas sobre la arena, como *Manicina areolata* y *Siderastrea radians*. También se encuentran colonias de *Diploria clivosa*, *Porites porites*, *Favia fragum* y pequeñas cabezas de *Montastrea annularis*, teniendo como sustrato escombros de otros corales. En el extremo oriental, donde el canal de embarcaciones pasa a la laguna, *Acropora cervicornis* forma setos adyacentes al margen interior del arrecife costero (lám. 1, fig. 2).

b) Arrecife costero o interior ("Little Reef")

El arrecife costero consiste en una faja de aproximadamente 1800 ms de longitud y 50 ms de anchura, interrumpida por 3 pasajes. A los lados de los pasajes, el arrecife se prolonga en una curva hacia el canal de embarcaciones.

La superficie general del arrecife se encuentra a unos 0,5—1 m bajo el nivel de mar aunque algunas colonias más grandes como *Diploria strigosa* y *Acropora palmata* pueden alcanzar el nivel de mar y secarse parcialmente en bajamar. El arrecife empieza en el borde Norte del canal de embarcaciones con un pequeño escalón de roca coralífera muy marcado, que forma parte del plano de arrecife. Este plano, de superficie más o menos horizontal termina en su margen exterior en un talud, que en la parte superior es muy escarpado y desciende luego suavemente hasta los 4—6 ms de profundidad que tiene la laguna en esta parte.

El plano de arrecife parece empedrado de una asociación de pequeños y medianos corales hemisféricos e incrustantes, entre los cuales predomina *Porites astreoides*. Fajas irregulares de otra asociación coralina, dominada por *Acropora palmata*, atraviesan el arrecife desde el margen exterior y pueden llegar hasta la parte posterior del arrecife, superponiéndose así a la fauna hemisférica e incrustante. La asociación caracterizada por *Porites astreoides* siempre va acompañado de *Diploria clivosa*, pequeñas colonias de *Diploria strigosa*, *Favia fragum*, también de *Millepora* y de octocorales. Las colonias de *Millepora* y los octocorales (en primer lugar *Gorgonia* sp.) predominan sobre todo en el margen exterior de plano arrecifal (lám. 2, fig. 2). En su parte posterior *Porites porites* desempeña un papel importante.

La asociación dominada por *Acropora palmata* muestra generalmente un crecimiento mucho más rico y de mayor altura como setos de *Acropora palmata* que en algunos sitios pueden ser reemplazados en total o parcialmente por colonias grandes de *Millepora* y de *Diploria strigosa* (lám. 2, fig. 1). También coexiste la fauna de la asociación con *Porites astreoides* aunque aquí desempeña un papel de menor importancia. En las posiciones más protegidas entre las colonias grandes, *Porites porites*, abunda sobre todo en la parte posterior del arrecife (lám. 2, fig. 1).

Toda la roca arrecifal entre las colonias coralinas está perforada por erizos y cubierta de algas calcáreas incrustantes. Las algas verdes *Hali-medea*, productoras importantes de arena calcárea, están muy difundidas en toda la plataforma del arrecife. Las algas *Dictyota* sp. o *Dictyopteris* sp. forman praderas en partes donde no existe un crecimiento actual de los corales.

La vertiente exterior del arrecife, formada por escombros de *Acropora palmata* y otros corales, tiene una fauna rica en especies pero pobre con respecto a su biomasa. Entre otras, la parte superior y central del talud muestra colonias de *Agaricia agaricites* var. *agaricites* y además colonias aisladas de *Acropora cervicornis*. Donde la vertiente es más suave, a 4 o 5 ms de profundidad, crecen colonias grandes de *Porites porites* en forma de almohada (lám. 3, fig. 1). La base de la vertiente en el área de transición hacia la laguna muestra grupos de cabezas de *Montastrea annularis*, formando manchas más de 20 ms de diámetro.

Además de las especies mencionadas, abundan, particularmente en las partes profundas de este talud, *Dichocoenia stokesii*, *Eusmilia fastigiata*, *Siderastrea siderea*, *Diploria* ssp., *Montastrea cavernosa*, *Colpophyllia natans*, *Mussa angulosa*, *Isophyllia sinuosa*, *Isophyllastrea rigida*. En lugares más sombreadas del arrecife, como en las entradas de cavernas submarinas, algunos corales adoptan la forma de disco, como *Porites astreoides*, *Montastrea annularis* y *Agaricia agaricites* var. *purpurea*.

En la sección occidental de "Little Reef" la topografía no corresponde al perfil descrito anteriormente. La superficie del arrecife baja desde el canal de embarcaciones hasta 2—4 ms de profundidad con una morfología mal definida y sin límite claro hacia la laguna. Durante las observaciones el fondo marino en casi todo el área del arrecife estaba cubierto de colonias muertas de *Acropora cervicornis*. Solo se observaron muy pocos corales vivos, como *Porites astreoides*, *Acropora palmata* y *Montastrea annularis*.

c) Laguna con bancos de coral

Topográficamente la laguna está subdividida en la propia cuenca de la laguna, de 5—12 ms de profundidad y 200—600 ms de anchura y en una terraza de 200—700 ms de ancho, que baja desde el arrecife de

barrera hasta unos 4 ms de profundidad, para luego descender en declive escarpado hacia el fondo de la cuenca lagunar.

El fondo de la cuenca lagunar, de topografía irregularmente ondulada, está tapizado con una capa de arena calcárea. Localmente ocurren también escombros de corales, en primer lugar de *Acropora cervicornis*, una especie que vive en partes ligeramente expuestas al oleaje. Bancos de corales forman manchas alargadas de arrecifes, que pueden alcanzar el nivel de bajamar. En las partes profundas. Pocos ejemplares aislados y gigantescos de *Montastrea annularis* interrumpen el fondo arenoso de la laguna, formando colonias de 4 ms de diámetro y de altitud, que muchas veces adoptan una forma de coliflor.

La terraza lagunar, de superficie más lisa, también muestra una cubierta de sedimentos, que en una faja ancha, a lo largo del arrecife exterior, está formada casi exclusivamente por escombros del hidrocoral *Millepora*. También existen bancos de coral situados en la terraza cerca de la isleta de "Johnny Cay". La última es un cayo de arena, acumulado dentro del arco Norte del arrecife de barrera durante tempestades.

El ambiente ecológico de la laguna es análogo al del canal de embarcaciones con el cual tiene comunicaciones directas a través de los pasajes que cruzan el "Little Reef". En ambos predominan erizos, holoturias y colonias de corales no fijadas en el fondo, como *Manicina areolata* y *Siderastrea radians*.

El fondo de la laguna está cubierto por una flora mucho menos densa que la del canal de embarcaciones. *Thalassia* y sobre todo *Cymodocea* ocurren casi solamente al lado Sur de la laguna cerca del "Little Reef". *Penicillus* y *Halimeda* están difundidas en las partes poco profundas de la laguna; ocurren también algas marrones (*Padina*, *Dictyota* y otros géneros), formando una cubierta rala en las llanuras más hondas.

Los setos de *Acropora cervicornis*, que hoy se encuentran esporádicamente en la laguna, tenían en el pasado una difusión mucho más grande, como atestigua la repartición amplia de los escombros de este coral en la parte central de la laguna. Los caracoles grandes *Strombus gigas*, elemento típico de la fauna lagunar, probablemente abundarían también en el canal de embarcaciones si no fueran recogidos allí por los pescadores.

En la parte central de la laguna, los bancos de coral muestran una distribución faunística análoga a la del arrecife costero: un plano de arrecife formado principalmente por colonias hemisféricas de tamaño mediano (*Porites astreoides*, *Diploria clivosa* y otros), interrumpido por manchas de colonias grandes, que generalmente alcanzan el nivel de bajamar (*Acropora palmata*, grandes *Diploria strigosa*, *Millepora* y octocorales). El talud de los bancos que muestra una base formada de escombros de *Acropora cervicornis*, tiene un aspecto morfológico y una

distribución de la fauna coralina análogos a la vertiente exterior del "Little Reef".

Otros bancos no alcanzan el nivel del mar. Según la profundidad de sus planos están solamente cubiertos de la fauna coralina que caracteriza la base del talud externo del arrecife costero.

Los bancos de coral en la terraza lagunar, en particular al NE de "Johnny Cay" se parecen más al arrecife exterior debido al predominio del hidrocoral *Millepora*.

d) Arrecife de barrera o arrecife exterior ("Big Reef")

El arrecife de barrera empieza por el lado de la laguna con una zona desgarrada en surcos y espolones dirigidos hacia la laguna. Los surcos, de superficie casi plana y cubierta de arena y escombros coralinos, tienen una longitud de 50—100 ms y una anchura hasta de 50 ms y desembocan sin cambio significativo de nivel en la laguna. Tienen su origen en calderas, con un fondo de 2—3 ms más profundo, que se encuentran 50—100 ms dentro del arrecife.

Estas calderas forman también el punto de salida de algunos canales pequeños, con fondo predominantemente arenoso y que en curso irregular atraviesan el arrecife y en parte también la terraza prearrecifal. Estos canales de 0,5—1,5 ms de diámetro y de 0,5—1 m de profundidad suben y bajan según el relieve del subsuelo, se bifurcan y pasan a través de cavernas, formadas por rocas coralinas, y muchas veces están interrumpidos por grupos vivos de *Acropora palmata* y de otros corales que crecen en su curso. Los espolones, cuya plataforma se encuentra a 0,5 m bajo el nivel del mar, suben con vertientes casi verticales de unos 1—4 ms de altitud, tanto desde los surcos como de la laguna.

La región de los surcos y espolones, desde las calderas hasta las puntas de los espolones, es la zona de la resaca, donde las olas de altamar rompen con gran potencia. Es allí donde el crecimiento de las especies hermatípicas alcanza su mayor desarrollo. Las vertientes y partes de la superficie de los espolones están densamente cubiertas de colonias de los hidrozoos *Millepora alcicornis* y *M. complanata*, que siempre van acompañados de un considerable número de colonias del zoántido colonial *Palythoa* sp., de color amarillo pálido. En lugares protegidos de la vertiente las milleporas pueden estar reemplazadas por un crecimiento denso de *Agaricia agaricites* var. *agaricites*. Entrelazados con las milleporas, muchas veces se observan las colonias ramificadas del coral *Porites porites*. *Agaricia agaricites* var. *purpurea*, *Montastrea annularis* y *Porites astreoides*, todos en forma de disco, ocupan los lugares más sombríos en la vertiente vertical de los espolones hacia los surcos y la laguna. Setos pequeños de *Acropora palmata* y colonias grandes esféricas de *Diploria strigosa* están difundidos localmente en frente de los espolones y también a sus plataformas donde el agua tiene una profundidad de 1—2 ms.

Las plataformas de los espolones, de superficie bastante plana, están golpeadas intensamente por la resaca y muestran muchas veces un pavimento denso de *Palythoa*, cuya contribución a la morfología del arrecife se limita en esta parte a impedir tanto el crecimiento de los constructores del arrecife como su abrasión por fragmentos de corales, movidos en la resaca.

También se observaron aquí colonias singulares de *Acropora palmata*, en forma de crecimiento incrustante que evidentemente se originan de fragmentos regenerados y pegados en el subsuelo de la forma ramificada de esta especie coralina. Algunas de estas incrustaciones muestran el crecimiento de nuevas ramificaciones. Unos cuantos de los ramos recién formados se pueden determinar claramente como *Acropora palmata* y otros como *Acropora prolifera*. También se encuentra el caso extraño de que ramos de estas 2 especies, que se consideran distintas, ocurren en la misma colonia.

Acropora cervicornis y *Acropora prolifera*, que se encuentran en esta parte también aislados, adoptan una forma de crecimiento tupida e intensamente ramificada. La demás fauna del plano está constituida por colonias medianas hemisféricas e incrustadas de *Porites astreoides*, *Diploria clivosa* y otros. También hay abundancia del alga verde *Halimeda*.

El plano de los espolones tiene su prolongación en el interior del arrecife y baja luego con una vertiente hasta la terraza prearrecifal, en unos 8—10 ms de profundidad. El plano del propio arrecife y la vertiente exterior muestran un crecimiento muy reducido de la fauna hermatípica, que aquí se constituye de *Millepora* sp., unas pocas colonias incrustantes de *Diploria clivosa*, pocas *Acropora palmata*, octocorales como *Gorgonia* sp. (abanicos de mar) y algunas otras especies más. Esta parte del arrecife intensamente incrustada por algas calcáreas, muestra numerosas cavernas, comunicadas por tuneles y los pequeños canales ya mencionados.

Solamente en la parte más honda de la vertiente exterior del arrecife aparecen setos prosperantes de *Acropora palmata*, como también unas pocas colonias de *Montastrea* ssp., *Diploria* ssp. y algunos octocorales. Localmente todos estos corales cubren una superficie extensa.

El límite topográfico entre arrecife y terraza prearrecifal es difícil de precisar en la sección NE del arrecife de barrera. Entre 8 y 10 ms de profundidad la vertiente exterior del arrecife adopta una inclinación más suave, hecho que aquí se interpreta como principio de la terraza prearrecifal.

e) Terraza prearrecifal y talud externo

La terraza prearrecifal baja en continuación de la vertiente exterior del arrecife con declive muy suave desde unos 10 ms a 20 ms y aun más. La fauna es más rica en la región limítrofe del arrecife, donde ocurren

setos de *Acropora palmata*, otros corales hermatípicos, *Millepora* y octocorales.

Más hacia abajo, la fauna desaparece casi completamente con excepción de algunos abanicos de mar. Por partes se observó un crecimiento de algas marrones que forman una cubierta rala en la superficie calcárea rasa y plana de la terraza. Algunos de los canales pequeños con fondo arenoso atraviesan la terraza desde los surcos de la vertiente interior.

En 18—25 ms de profundidad la terraza termina en una caída submarina bastante escarpada, denominada aquí talud externo. En este talud y a veces unos pocos ms antes se observa de nuevo un crecimiento de corales hermatípicos, sobre todo de *Montastrea annularis* y de otras especies hemisféricas.

Los arrecifes de barlovento en el E y SE de la isla

La distribución de la fauna y la sucesión de las zonas topográficas del fondo submarino en el E y SE de la Isla de San Andrés corresponden solamente en parte al perfil descrito anteriormente.

a) Arrecifes costeros en la orilla de la laguna

En la costa oriental de San Andrés no existe ningún arrecife costero comparable al "Little Reef". Existen solamente 2 arrecifes pequeños de tipo costero en frente de "Cotton Cay" y de "Paradise Point". El plano, notablemente liso, de estos arrecifes está cubierto de arena y puede secarse parcialmente en bajamar. Se extiende desde la orilla hasta la vertiente exterior del arrecife, la cual baja con declive escarpado hasta el fondo de la laguna a 0,5—1 m, cubierto de *Thalassia* en estas partes. El crecimiento de los corales se limita casi únicamente a la faja estrecha de la vertiente exterior, donde *Porites porites* var. *furcata* forma una comunidad coralina casi monoespecífica. Cerca del borde exterior del plano se observa una zona, donde ocurren con notable frecuencia las algas rosadas ramificadas del grupo *Melobesieae*.

b) Laguna

Desde la orilla Este de la isla el fondo de la laguna baja con declive suave hasta la cuenca lagunar. Esta vertiente muestra una cubierta más o menos densa de fanerógamas como *Thalassia* y *Cymodocea*. Casi todo el fondo de la laguna es arenoso, con excepción de unas partes más al Sur, donde afloran rocas calcáreas, y de la faja adyacente a la barrera, donde predominan los escombros coralinos. También existe la terraza lagunar que alcanza en el margen interior de "East Reef" aproximadamente 1,5 km de ancho y 1—2 ms de profundidad.

c) Bancos de coral

En la parte honda de la laguna solo 2 bancos de coral, el "Long Shoal" y el "Dry Shoal" alcanzan el nivel de bajamar. Sus planos están también formados casi exclusivamente por colonias prosperantes de *Porites porites* var. *furcata* y por una gran cantidad de escombros de este coral. Casi todos los demás arrecifes lagunares forman montículos irregulares, que se levantan solo unos pocos metros del fondo de la laguna y muestran un crecimiento de colonias hemisféricas grandes como *Montastrea annularis*, *Colpophyllia natans*, *Siderastrea siderea* y otros más, teniendo así un aspecto similar a los bancos de coral que ocurren en agua profunda de la parte Norte de la laguna de San Andrés.

d) Arrecife de barrera ("East Reef")

El crecimiento de corales muchas veces ya empieza fuera del lado interior del "East Reef", con setos de *Acropora palmata*, manchas de *Porites porites* var. *furcata* y de *Montastrea annularis* irregularmente dispersas en la terraza lagunar. El propio arrecife principia generalmente con un pequeño escalón que forma el margen interior del plano arrecifal. La superficie del plano está incrustada, en el margen interior, por *Porites astreoides*, *Diploria clivosa* y demás fauna hemisférica e incrustante ya conocida del "Little Reef". Más adentro, bajo la intensa influencia de la resaca, predomina una cubierta del zoántido *Palythoa* sp. Hacia el borde exterior del plano empieza un crecimiento abundante de *Millepora*, que forma un sistema de surcos y espolones bien desarrollados, en esta parte de la barrera dirigidos hacia la terraza prearrecifal.

Los surcos distan 3—8 ms unos de otros, separados por espolones. Estos últimos parecen cadenas de montañitas hasta de 8 ms de altura, dirigidas hacia la terraza prearrecifal y con vertiente escarpado hacia los "valles" estrechos, formados por los surcos. Toda la zona de la resaca, caracterizada por los surcos y espolones alcanza por los menos 50—100 ms de anchura. Con excepción de la parte Sur los espolones están desarrollados prácticamente en toda la barrera del "East Reef". Las milleporas, acompañadas por *Palythoa*, cubren casi la totalidad de la superficie y de las vertientes de los espolones, formando así un paisaje submarino de color amarillo y de aspecto espectacular.

En la parte Norte de este tramo de arrecife, el margen exterior del banco soporta una cresta de algas calcáreas incrustantes que forman un rompeolas muy marcado de alrededor de 30 cms de altura, visible a bajamar. Esta formación interesante está restringida a unos pocos metros de longitud.

e) Arrecife costero en el Sureste de la isla

El arrecife costero al S de "Sound Bay" que no está protegida por ninguna barrera, muestra afinidades topográficas y una distribución de

la fauna similar al "Big Reef" en su parte exterior (vertiente exterior y terraza prearrecifal). No existen los sistemas de surcos y espolones tan típicos como en la parte exterior del "East Reef" y la parte interior del "Big Reef". Generalmente su plano está mal definido y muestra una fauna de bastante *Millepora* sp., acompañada por *Acropora palmata*, *Diploria strigosa*, *D. clivosa*, *Porites astreoides* etc. sin zonación aparente.

Comparación con otros arrecifes de barlovento de las Indias Occidentales

El arrecife de barrera de San Andrés aquí descrito se destaca por el predominio del hidrocoral *Millepora alcicornis*, que cubre casi exclusivamente su superficie en la zona de la resaca con un crecimiento profuso. La misma observación se hizo en otros arrecifes del Caribe occidental. Por ejemplo los arrecifes de barlovento de los atolones de los "Courtown Cays", "Albuquerque Cays", "Serraná Bank" y "Roncador Bank", descritos por MILLIMAN (1969: 6), parecen idénticos en terminos generales a los de San Andrés. También la barrera de la Isla de Providencia está colonizada intensamente por *Millepora* (observación personal). Más al NE en el "Pedro Bank", los arrecifes descritos por ZANS (1958: 20—21, fig. II) están también caracterizados por el predominio de *Millepora* en la zona de la resaca, mientras que *Acropora palmata* forma setos en agua más profunda y más protegida en frente o atrás de esta zona. GOREAU (1959: 82), investigando los arrecifes de Port Royal en la costa Sur de Jamaica, notó el reemplazamiento de *Acropora palmata* por *Diploria strigosa* y *Millepora*. Su fig. 21 muestra la gran similitud del crecimiento profuso de *Millepora* con el de San Andrés.

Todos estos arrecifes se distinguen claramente de otros descritos de las Indias Occidentales, en las cuales típicamente predominan las colonias de *Acropora palmata* en la zona de la resaca, expuesta al mar abierto. Arrecifes del último tipo se conocen de los cayos de Florida (GINSBURG 1956: 2407, SHINN 1963: 292, 297), de las Islas Bahamas (STORR 1964: 23—24, 63; ZANKL & SCHROEDER 1972: 534), de la costa Norte de Jamaica (GOREAU 1959: 75—76), y del arrecife Alacrán en el Golfo de México (KORNICKER & BOYD 1962: 647). Mis propias observaciones en los arrecifes de las "Islas del Rosario", situadas frente de la costa colombiana, muestran que también allí predomina *Acropora palmata*, en los sectores del arrecife expuestos al oleaje del mar abierto.

La distribución de estos 2 tipos de arrecifes indica, que aquellos con *Acropora palmata* prevalecen en los mares relativamente cerrados hacia el Este por masas continentales, islas o bajíos extensos, mientras que los mares donde dominan arrecifes con *Millepora* están abiertos hacia el Este hasta una superficie marina no interrumpida de 1000—2000 kms. Los vientos alisios que soplan del Este, solamente pueden generar olas

largas después de pasar por una superficie ancha de mar. Las olas de este tipo, generadas a través de la mayor parte de la anchura del Mar Caribe están altamente cargadas de energía ondulatoria, liberada durante la resaca en los arrecifes del Mar Caribe occidental. Es evidente que este ambiente ecológico, caracterizado por su extrema hidrodinámica, favorece sobre todo el crecimiento de *Millepora*, mientras que *Acropora palmata* siempre se encuentra en posiciones más protegidas de estos mismos arrecifes.

En San Andrés se observó la presencia de una cresta de algas, en los sectores del arrecife de barrera expuestos a la máxima intensidad de la resaca. Formaciones de aspecto idéntico, ilustradas por PORTER (1972: 91) del archipiélago de San Blas en la costa panameña, atestiguan una resaca de fuerza comparable a los sectores más expuestos de la barrera de San Andrés.

Nota

Se agradece la revisión estilística del texto español a la Señora A. M. KAUFMANN, Giessen.

El "Servicio Alemán de Intercambio Académico" facilitó los trabajos de campo con una beca de investigación, hecho por el cual el autor quiere expresar aquí sus agradecimientos.

Bibliografía

- ANTONIUS, A.: Occurrence and distribution of stony corals (Anthozoa and Hydrozoa) in the vicinity of Santa Marta, Colombia. — Mitt. Inst. Colombo-Alemán Invest. Cient., 6, 89—103, Santa Marta 1972.
- GEISTER, J.: Contribución al conocimiento de los arrecifes de barlovento al Norte de la Isla de San Andrés (Mar Caribe, Colombia). — Primer Congr. Colomb. Geol. 1969, Univ. Nac., Bogotá 1969 (abstr.).
- Zur Ökologie und Wuchsform der Säulenkoralle *Dendrogyra cylindrus* EHRENBURG. Beobachtungen in den Riffen der Insel San Andrés (Karibisches Meer, Kolumbien). — Mitt. Inst. Colombo-Alemán Invest. Cient., 6, 77—87, Santa Marta 1972.
- Riffbau und geologische Entwicklungsgeschichte der Insel San Andrés (Karibisches Meer, Kolumbien). — Diss. Universität Stuttgart 1973 (mscr.).
- GEYER, O. F.: Vorläufige Liste der scleractinen Korallen der Bahía de Concha bei Santa Marta. — Mitt. Inst. Colombo-Alemán Invest. Cient., 3, 25—28, Santa Marta 1969.
- GINSBURG, R. N.: Environmental relationships of grain size and constituent particles in some South Florida carbonate sediments. — Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol., 40 (10), 2384—2427, Tulsa (Okla.) 1956.
- GOREAU, T. F.: The ecology of Jamaican coral reefs. I. Species composition and zonation. — Ecology, 40, 67—89, Durham (N. C.) 1959.
- GOREAU, T. F. & WELLS, J. W.: The shallow-water Scleractinia of Jamaica: Revised list of species and their vertical distribution range. — Bull. Mar. Sci., 17 (2), 442—453, Coral Gables (Fla.) 1967.
- KORNICKER, L. S. & BOYD, D. W.: Shallow-water geology and environments of Alacrán reef complex, Campeche Bank, Mexico. — Bull. Am. Ass. Petrol. Geol., 46 (5), 640—673, Tulsa (Okla.) 1962.

- MILLIMAN, J. D.: Four Southwestern Caribbean Atolls: Courtown Cays, Albuquerque Cays, Roncador Bank and Serrana Bank. — *Atoll. Res. Bull.*, 129, 26 p., Washington (D. C.) 1969.
- MILLIMAN, J. D. & SUPKO, P. R.: On the geology of San Andrés Island, Western Caribbean. — *Geologie en Mijnbouw*, 47 (2), 102—105, s'-Gravenhage 1968.
- PFUFF, R.: Las Scleractinia y Milleporina de las Islas del Rosario. — *Mitt. Inst. Colombo-Alemán Invest. Cient.*, 3, 17—24, Santa Marta 1969.
- PORTER, J. W.: Ecology and species diversity of coral reefs on opposite sides of the isthmus of Panamá. — *Bull. Biol. Soc. Wash.*, 2, 89—116, Washington 1972.
- SHINN, E.: Spur and groove formation on the Florida reef tract. — *J. sed. Petrol.*, 33 (2), 291—303, Tulsa (Okla.) 1963.
- STORR, J. F.: Ecology and oceanography of the coral-reef tract, Abaco Island, Bahamas. — *Spec. Pap. geol. Soc. Amer.*, 79, 98 pp., New York 1964.
- WELLS, J. W.: Corals. — *Mem. geol. Soc. Amer.* 67 (vol. 1), 1087—1104, New York 1957.
- ZANKL, H. & SCHROEDER, J. H.: Interaction of genetic processes in Holocene reefs off North Eleuthera Island, Bahamas. — *Geol. Rundschau*, 61 (2), 520—541, Stuttgart 1972.
- ZANS, V. A.: The Pedro Cays and Pedro Bank. — *Geol. Surv. Dep., Jamaica, Bull.* 3, VI + 47 S., Kingston (Jam.) 1958.

Dirección del autor:

Dr. JÖRN GEISTER, Institut für Geologie und Paläontologie der Universität Stuttgart, 7000 Stuttgart-S, Böblinger Str. 72, Alemania. Nueva dirección: Geologisches Institut der Universität Bern, Sahlistr. 6, 3012 Bern, Suiza.

Explicación de las láminas

- Lámina 1 Fig. 1 La cresta de algas calcáreas del "Top Blowing Rock" al Norte de la isla, durante marea baja, en un período de calma. Durante la mayor parte del año es el lugar de resaca más violenta.
- Fig. 2 Un seto del "corral cuerno de ciervo" *Acropora cervicornis* en la región limítrofe entre la sección oriental de "Little Reef" y el canal de embarcaciones. Profundidad 1,2 ms.
- Lámina 2 Fig. 1 "Little Reef", visto desde el canal de embarcaciones. Se destacan las colonias grandes del "coral de cerebro" *Diploria strigosa*, los cuales alcanzan hasta 1 m de diámetro y también el coral "cuerno de alce" *Acropora palmata*. En las posiciones más protegidas, entre las colonias grandes, se observan numerosos "corales de dedo" pequeños *Porites porites* var. *furcata*. En primer plano, el borde del canal de embarcaciones con una cubierta rala de *Thalassia testudinum* sobre arena y un erizo blanco *Tripneustes esculentus* (?). Profundidad 1,2 ms.
- Fig. 2 Vista tomada de cerca de "corales de fuego" *Millepora complanata*, en el borde exterior de "Little Reef". Estos hidrocorales tienen una altura de aproximadamente 30 cms. A la izquierda de ellos se observan las colonias incrustantes de *Porites astreoides*. Profundidad aproximada 1 m.
- Lámina 3 Fig. 1 Colonias grandes, en forma de almohada, de *Porites porites* var. *furcata* cerca de la base del talud externo de "Little Reef". En el centro un "abanico de mar" *Gorgonia* sp. y una colonia de *Montastrea annularis*. Profundidad aproximadamente 4 ms.
- Fig. 2 Zona de la resaca de "East Reef". Abunda casi exclusivamente el "coral de fuego" *Millepora alcicornis*. A la izquierda un tiburón del género *Carcharhinus*. Profundidad aproximada 1,5 ms.

Lámina 1





Lámina 3

