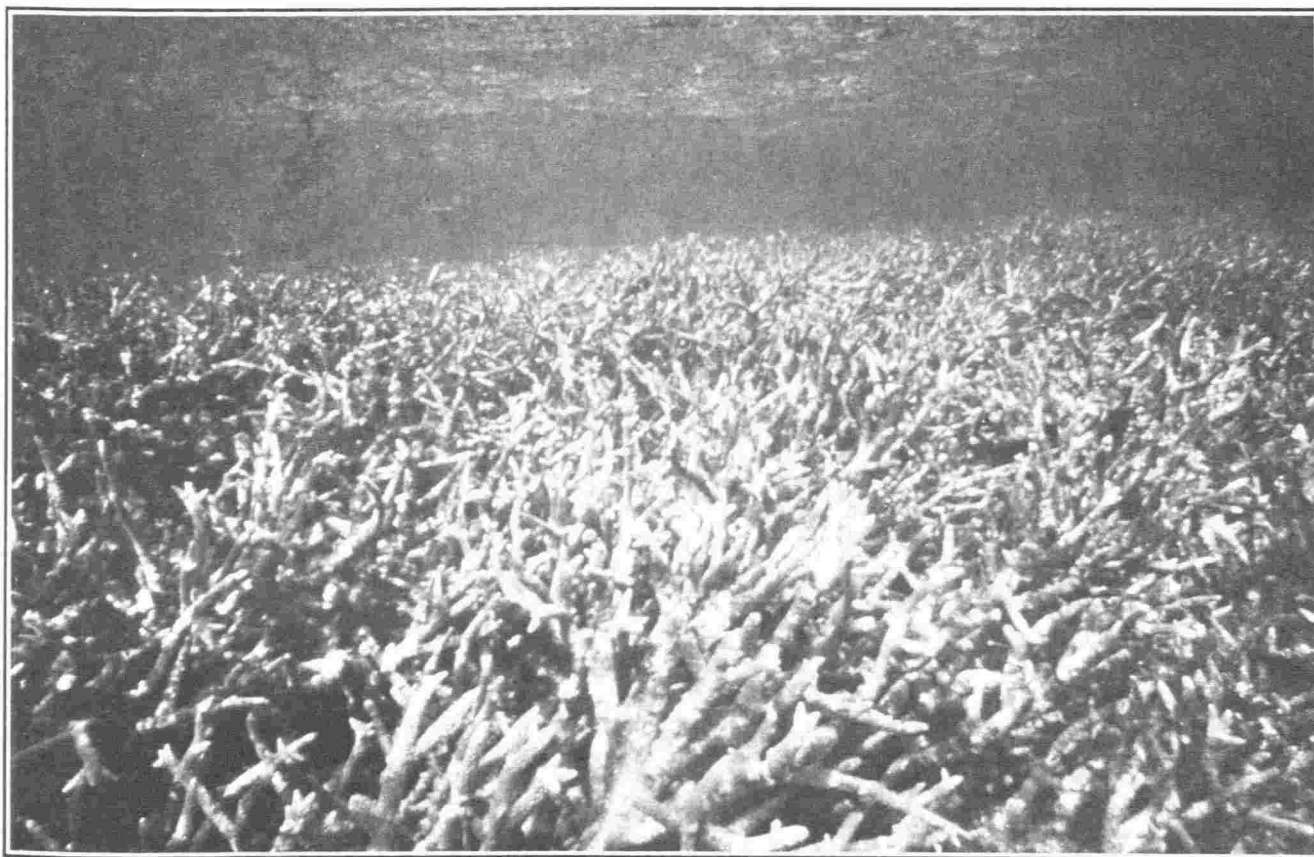


FOTOS DR. G.P. SCHMALL

# LOS ARRECIFES DEL CARIBE NICARAGÜENSE

POR JOE RYAN<sup>1</sup>

En el número precedente de Wani, discutí brevemente tres de los ecosistemas más productivos del planeta —pastos marinos, manglares y corales— que abundan en la extensa plataforma continental del Caribe nicaragüense (Figura 1). El presente artículo, el segundo de una serie, reúne la escasa información disponible sobre los ecosistemas de los arrecifes de coral, en la Región Autónoma Atlántico Sur (RAAS), la contraparte ecológica en el mar de los bosques tropicales húmedos de Nicaragua.



*Coral Cuerno de ciervo, Acropora Cervicornis.*

Por más de 230 millones de años, los corales y las espectaculares criaturas que los habitan han evolucionado juntos en los océanos tropicales del mundo. La enorme diversidad de plantas y animales que vemos hoy en día en los arrecifes de coral (uno solo de ellos puede albergar miles de especies de flora y fauna hospedantes) son el resultado de millones de años de cambio y adaptación biológica de las poderosas fuerzas de la naturaleza. Los sobrevivientes están adaptados a vivir dentro del estrecho margen de tolerancia establecido por los parámetros físicos (e. g., mareas, corrientes, transparencia del agua) y químicos (salinidad, nutrientes) que caracterizan las áreas en las que los arrecifes crecen. El tiempo ha producido también intrincadas relaciones ecológicas y de comportamiento que se encuentran en pocos lugares en el planeta.

Sin embargo, en los últimos 50 años los arrecifes de coral a lo largo del mundo han estado sufriendo un rápido deterioro (Hatcher et al. 1990). La causas principales son las actividades humanas, tales como la deforestación, la polución, y la sobre explotación pesquera. También, el desarrollo humano descontrolado que consiste, por ejemplo, en la extracción de materia prima para construcción de carreteras y el turismo intensivo en las zonas costeras.

Conforme la degradación continúa, los científicos que estudian el mar están reconociendo sólo ahora (y tal vez demasiado tarde) que saben relativamente poco acerca del funcionamiento de estos complejos ecosistemas tropicales. Aunque sabemos que los arrecifes cubren menos del uno por ciento de la superficie total del océano, éstos producen el nueve por ciento de la pesca capturada en el mundo! Pero todavía se desconoce su rol en el sostenimiento

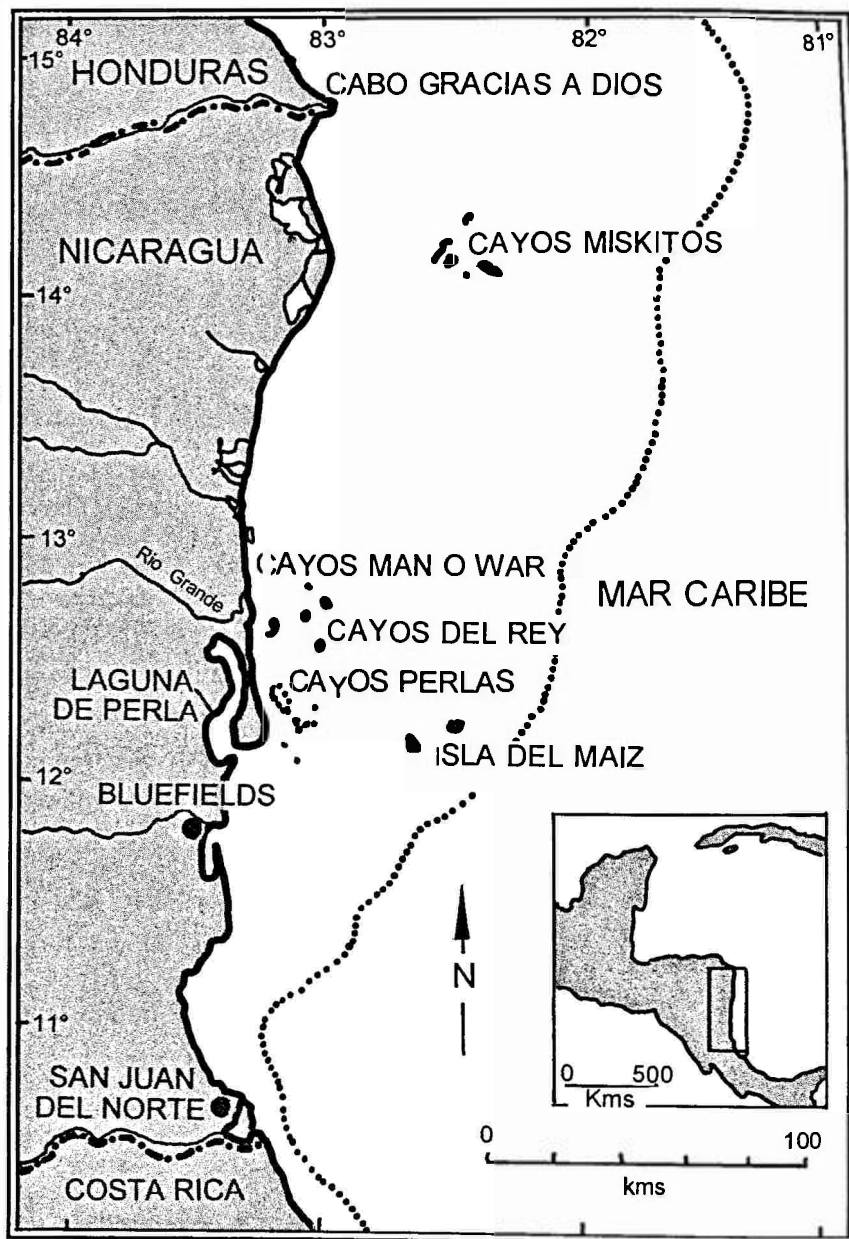


Fig. 1: Mapa del Caribe nicaragüense.

de las pesquerías marinas en las aguas adyacentes.

Lo que es evidente, sin embargo, es que las áreas de arrecifes proveen considerables habitats para muchas especies comercialmente importantes. Estos habitats son críticos para el cumplimiento del ciclo de vida de muchas especies; por otra parte es evidente que sin un habitat sano, no hay recursos pesqueros.

En las áreas donde los habitats ligados a los arrecifes declinan, tam-

bién la captura de peces está descendiendo de manera sustancial (UNEP 1985; Salvat 1987; Hodgson y Dixon 1988; Hatcher et al 1990).

Como es de esperarse, nuestro conocimiento acerca del rol ecológico de los ecosistemas de arrecifes de coral en el sostenimiento de las pesquerías marinas de Nicaragua es virtualmente nulo. Hace falta información sobre habitats cruciales que sirven de criaderos, aunque hay evidencia reciente que sugiere que los

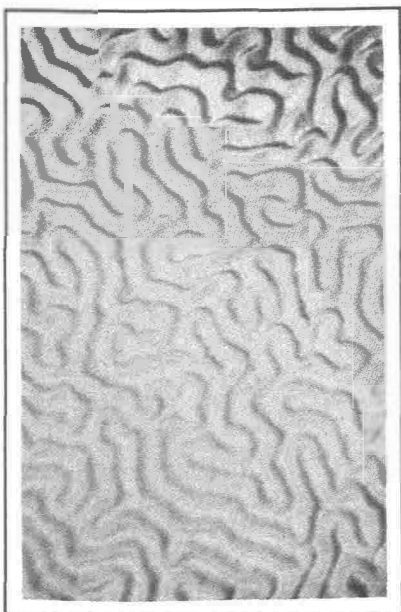
1. Joe Ryan, Center for Environmental and Estuarine Studies Appalachian Environmental Lab University of Maryland System y Universidad Centroamericana.

arrecifes de coral en varias áreas de la costa Caribe nicaragüense están muriendo (Ryan 1992).

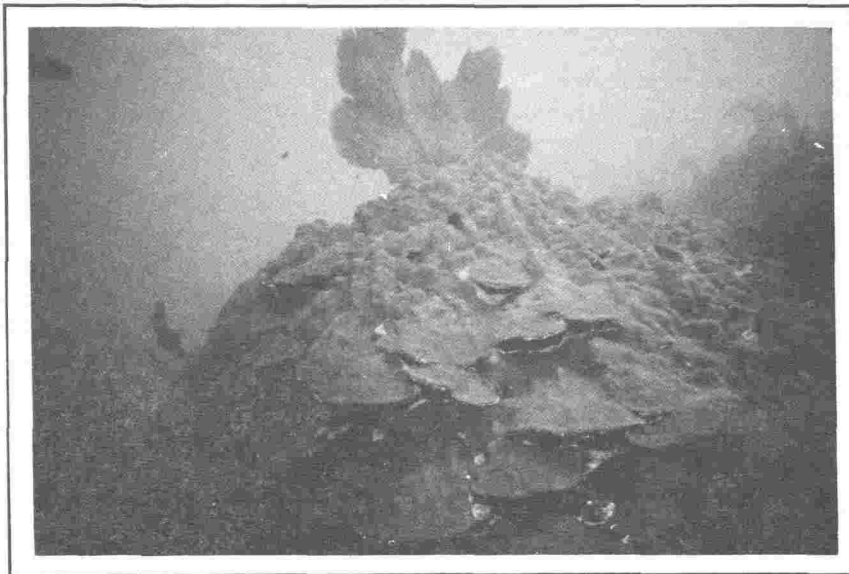
Desafortunadamente, Nicaragua tiene más datos sobre el rendimiento económico en camarones y langostas, que en la calidad y degradación de los habitats que son cruciales para los ciclos de vida de la fauna de su plataforma. La experiencia en otras partes del mundo sugiere que con la degradación de los habitats comienza el colapso de las pesquerías. Consecuentemente, parece relevante revisar la poca información existente y comenzar a entender mejor cómo proteger y manejar uno de los recursos naturales renovables más importantes de la Costa: las pesquerías marinas.

## Biología de los corales e historia geológica

Los corales cubren aproximadamente 600 mil kilómetros cuadrados de la superficie total del océano (0.17 por ciento), y cerca del 15 por ciento de las aguas marinas someras (Crossland et al. 1991). Son las estructuras más grandes y extensas construidas por organismos vivien-



Otra especie de coral Cerebro, *Diploria Strigosa*. Vive normalmente en aguas poco profundas, como lagunas, o en praderas de pastos marinos.



Coral Estrella montañosa, *Montastrea annularis*, uno de los corales masivos más comunes.

tes, incluyendo a los seres humanos. Frecuentemente denominados "rock" (roca) por los pescadores de langosta costeros, en realidad los corales (que pertenecen al filo taxonómico *Coelenterata*) son pequeños animales sin columna vertebral que forman colonias y hacen su propio esqueleto de piedra caliza (carbonato de calcio).

El coral "vivo" consiste en una superficie de tejido de milímetros de anchura, que crece sobre el esqueleto rígido de sus antecesores. Las colonias coralinas son carnívoras. Miles de minúsculos pólipos coralinos (de 1 a 20 mm de diámetro, dependiendo de la especie) pueden constituir una sola colonia de corales. El pólipo es una bolsa contractable cubierta por un anillo de tentáculos blandos que rodean un orificio similar a una boca. Los tentáculos, que se mueven hacia dentro y hacia afuera de pequeños hoyos en el esqueleto carbonado, tienen células agresivas especializadas para aturdir y capturar alimentos.

El esqueleto externo y duro es producido por el propio coral, extrayendo carbonato de calcio del agua marina que lo cubre (calcificación) y depositándolo a través de caminos bioquímicos que han demostrado su efectividad a lo largo de los siglos. El

esqueleto externo y duro del coral es producido por el propio animal, extrayendo carbonato de calcio del agua marina que lo baña y depositándolo a través de procesos bioquímicos (la calcificación) que han demostrado su efectividad a lo largo del tiempo.

Los corales se reproducen sexual y asexualmente, dependiendo de la especie y de las condiciones físico-químicas. Normalmente no alcanzan una madurez sexual hasta los diez años. Después de reproducirse, forman una larva (la plánula) que flota en las corrientes hasta que encuentra una superficie dura y libre donde pegarse y empezar a crecer si las condiciones físico-químicas son apropiadas. Casi de manera inmediata empieza la construcción de su esqueleto.

Aunque en la región Indo-Pacífica se han observado más de 700 especies de coral, sólo 70 han sido descubiertas a lo largo del Caribe (Newell 1971). Una hipótesis ofrecida para explicar esta discrepancia es que el Caribe es relativamente más joven y más pequeño que el Pacífico, y que los corales del Pacífico han evolucionado por más tiempo, en lugares más diversos y en un océano mucho más amplio. No se conoce el número exacto de

especies en las aguas caribeñas de Nicaragua.

Como el espacio libre es uno de los factores limitantes para la vida ecológica de la flora y fauna sobre el arrecife, la lucha evolucionaria ha producido plantas y animales especializados para vivir en nichos sobre o dentro de la rugosidad de la superficie coralina.

### Condiciones para la sobrevivencia

Los corales tienen márgenes estrechos de tolerancias físicas y químicas para su supervivencia. Crecen en aguas con temperaturas entre 23 y 25 grados centígrados,

sin que ningún crecimiento coralino significativo ocurra por debajo de 18 grados. La exposición al agua dulce por largos períodos o a salinidades por debajo de 2.7 por ciento, disminuye el índice de crecimiento y a la larga extingue la vida de los corales.

Para muchos corales, la penetración adecuada de luz a través de la columna de agua es extremadamente importante, porque muchas especies dependen de algas no filamentosas (llamadas **zooxantelas**) hospedadas en sus tejidos. Los índices de fotosíntesis, y la productividad primaria bruta de los corales formadores de arrecifes y sus plantas asociadas, están entre las más

altas de todos los ecosistemas en el mundo.

Los nutrientes producidos por las algas simbióticas son difundidos hacia el anfitrión y utilizados para alimentar el crecimiento del coral. Al mismo tiempo, los productos excretorios del coral son tomados por las algas y usados para sus requerimientos energéticos. Esta relación de dependencia entre dos organismos que se benefician mutuamente es llamada simbiosis.

### Arrecifes

Los corales pueden crecer solos o juntos. Las formaciones son llamadas arrecifes y son producidas por

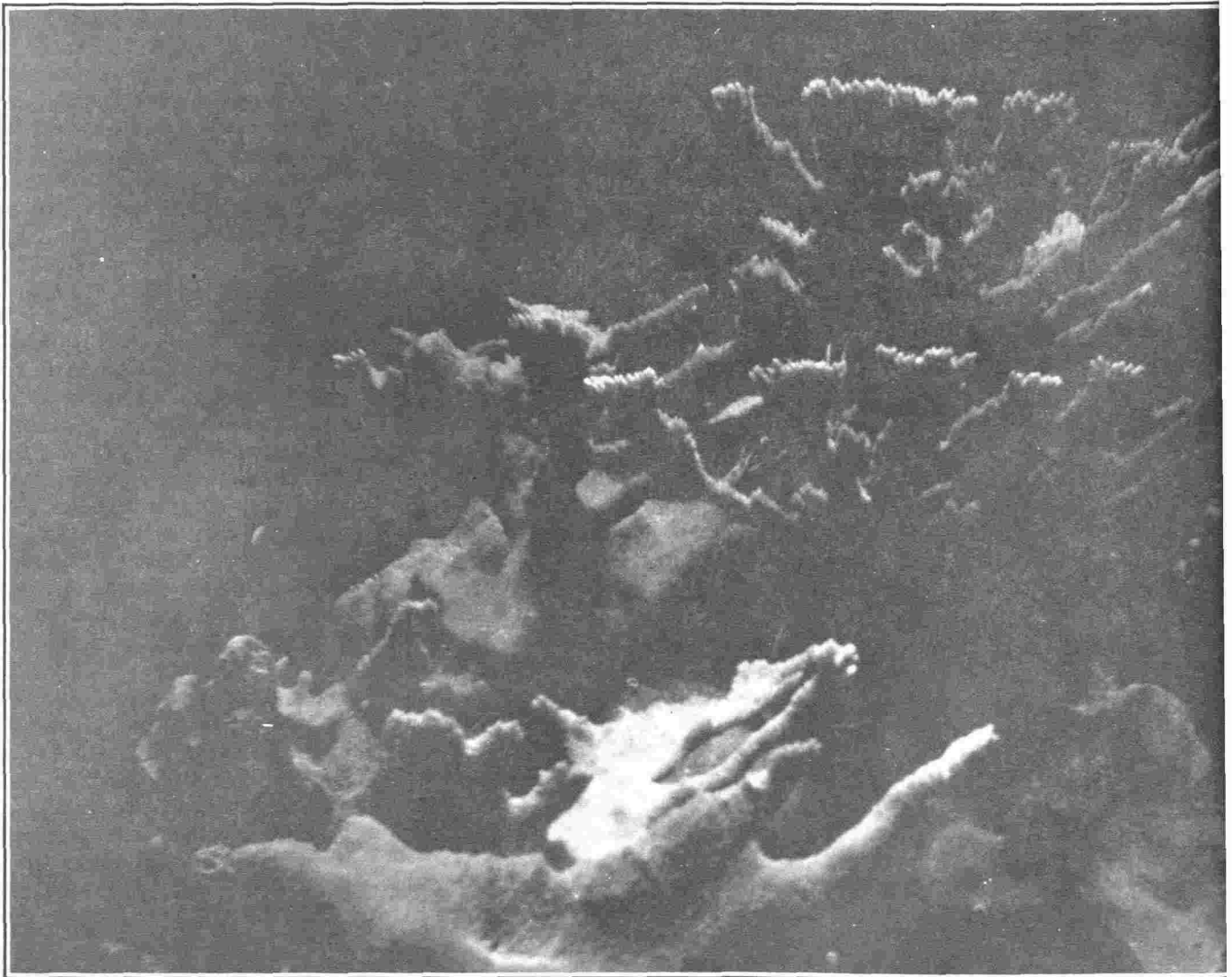


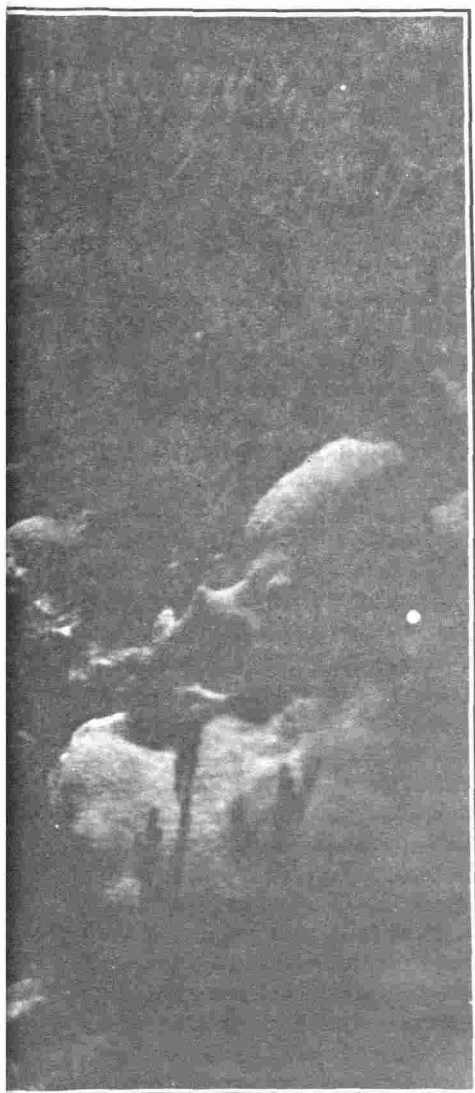
FOTO: DR. KEN HECK

Coral Cuerno de alce, *Acropora palmata*, unos de los corales masivos con tasa de crecimiento más rápido.



corales hermatípicos, los creadores de arrecifes. Los arrecifes vivos propiamente están formados por varias especies coralinas diferentes y son en realidad capas delgadas de corales que crecen sobre viejos corales ya muertos.

Seis géneros de corales hermatípicos forman casi el noventa por ciento de la armadura de los arrecifes del gran Caribe. Los corales hermatípicos tienen un índice de crecimiento mucho más alto que los que no forman arrecifes, sobre todo porque la mayoría tienen **zooxantelas** en sus tejidos. Hay estudios que han demostrado que los corales hermatípicos crecen hasta 14 veces más rápido bajo el efecto de la luz que en la



NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN
<i>Acropora palmata</i>	Cuerno de alce
<i>Acropora cervicornis</i>	Cuerno de ciervo
<i>Montastrea anularis</i>	Estrella montañosa
<i>Montastrea cavernosa</i>	Estrella cavernosa
<i>Diploria strigosa</i>	Cerebro liso
<i>Colpophyllia natans</i>	Cerebro gigante
<i>Agaracia agaricites</i>	Coral de hoja
<i>Dendrogyra cylindrus</i>	Coral de pilar
<i>Antipathes pennacea</i>	Coral negro

oscuridad. Pero el término rápido es relativo, porque la mayor parte de las especies de corales crecen sólo unos cuantos milímetros cada año. En Jamaica, por ejemplo, se estima que ha tomado cerca de cinco mil años para que un arrecife crezca a una altura de nueve metros.

Los corales en forma de ramas del género **Aroporida**, tales como el "cuerno de alce" (**Acropora palmata**) y el "cuerno de ciervo" (**Acropora cervicornis**) son excepciones y pueden crecer relativamente rápido: a un ritmo de 10-15 centímetros por año (J. Woodley, comunicación personal).

### La ecología de los arrecifes

La impresionante diversidad de plantas y animales y la espectacular variación en formas y colores, ponen eufóricos a quienes pueden observar un arrecife de coral. Pero la estética sola no es suficiente para conservar los ecosistemas marinos y es importante entender el complejo rol ecológico de los arrecifes.

La función más obvia de los arrecifes, que aparecen elevándose sobre una plataforma continental generalmente plana y sin rasgos distintivos, es proveer refugio y habitat (ver Ryan 1992). En el océano, su estructura física tiene un atractivo mayor para plantas y animales: más de tres mil especies diferentes han sido encontradas en un solo arrecife. Langostas, pargos, meros y muchas otras especies marinas económicamente importantes, requieren de estas estructu-

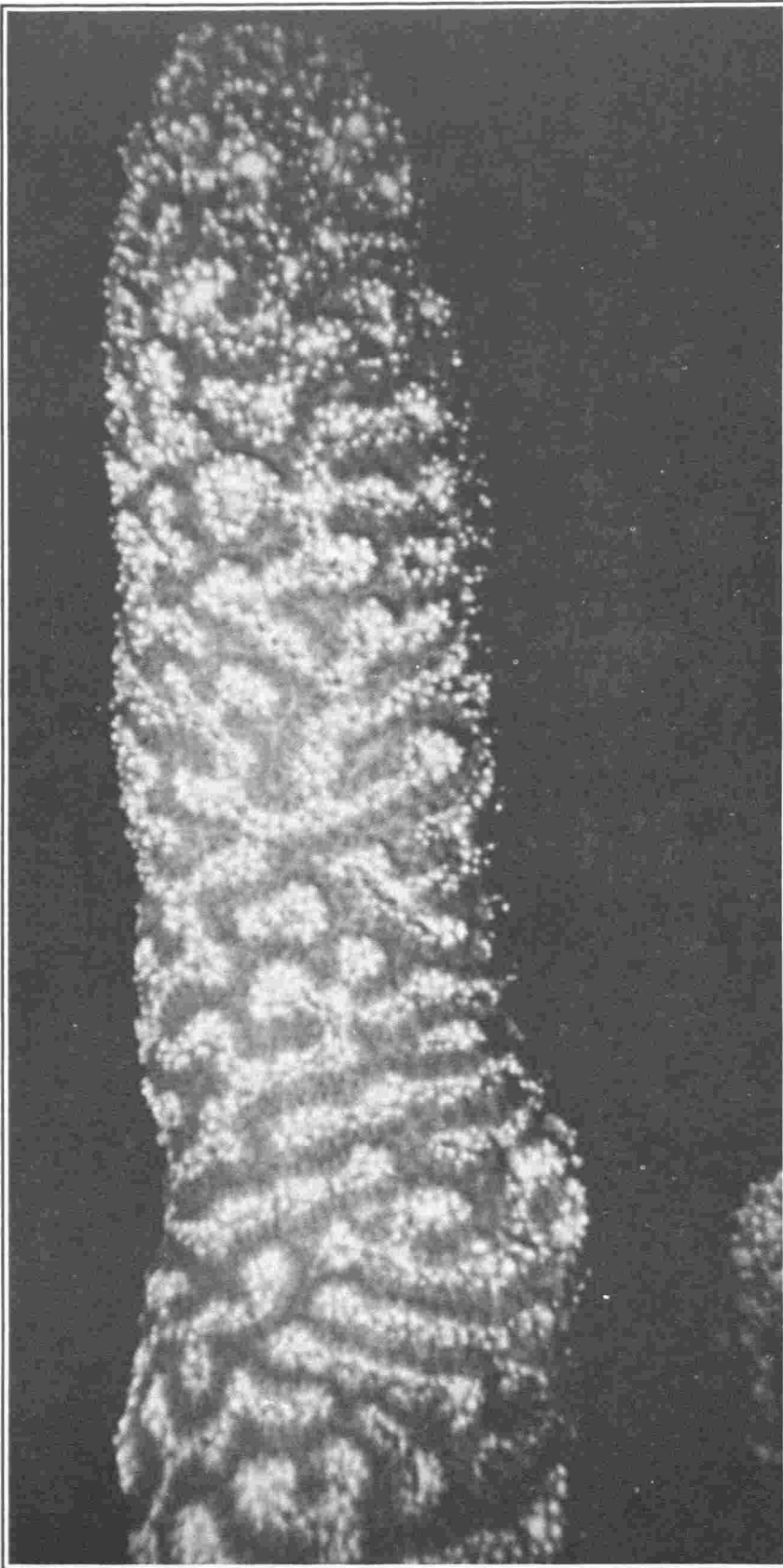
ras complejas durante las diferentes etapas de su vida.

Además de proveer estructura física, los corales y sus **zooxantelas** simbióticas también producen una capa de materiales orgánicos y nutrientes intensamente reciclados en las aguas que los rodean y que son por lo demás relativamente estériles. Estos constituyentes químicos forman entonces la base de cadenas alimenticias para los muchos animales que habitan los arrecifes. En este sentido, los arrecifes coralinos son muy parecidos a un oasis en el desierto.

Estas interrelaciones producen un sistema de nutrientes y material orgánico delicadamente balanceado. Ambos son reciclados continuamente por las plantas y animales que habitan la comunidad del arrecife. Típicamente, estos materiales bioquímicos están contenidos en la biomasa de los peces e invertebrados. Generalmente, los peces y los invertebrados de los arrecifes se caracterizan por un bajo índice de crecimiento, alta diversidad en especies y pocos individuos de cada una de ellas.

### El rol de los herbívoros

Los corales se distinguen de otros ecosistemas marinos bentónicos en que mucho del reflujo de energía en la cadena alimenticia del arrecife es dominado por la fauna que se alimenta de las plantas (los herbívoros). Hasta el 30 por ciento de todas las especies de peces, y el 25 por ciento de la biomasa pesquera, pueden ser herbívoros (Longhurst y



*Coral Pilar, Dendrogyra, uno de los corales masivos más comunes.*

Pauly 1987). Se constató en un arrecife del océano Pacífico, que los materiales de las plantas fueron reciclados por lo menos 12 veces en un año por los herbívoros (Odum y Odum, 1955).

En el mar Caribe, los invertebrados del filo taxonómico **Echinodermata**, especialmente los erizos de mar, tienen una gran importancia en la regulación del crecimiento de la flora sobre y alrededor de los corales. Sin ser controladas por los erizos y otros herbívoros, las algas filamentosas (que no son simbióticas) crecen rapidez y dañan a los corales (Birkeland 1990).

Durante los primeros años de la década de los 80, un fenómeno patogénico mató casi el 99 por ciento de los erizos negros espinosos (**Diodema antillarum**) en el Caribe, hasta entonces uno de los herbívoros más numerosos en la región. Labiomasa de algas aumentó el 3 mil por ciento durante los primeros seis meses después de la muerte de los erizos negros en las Islas Vírgenes. Todavía no se conocen las consecuencias ecológicas de esta matanza en el gran Caribe, pero la evidencia sugiere que la estructura ecológica ha cambiado en muchos arrecifes.

### **Corales de la plataforma nicaragüense**

Aunque se encuentran corales solitarios en la costa del Pacífico nicaragüense, las formaciones de arrecifes sólo se dan en la costa Caribe. Ahí la poco profunda plataforma (el promedio de profundidad es 30 metros) es un excelente ambiente para el crecimiento de arrecifes de coral, debido a sus aguas cálidas, su alta salinidad y su bajo nivel en entrada de nutrientes.

Los corales más visibles para un buceador en las aguas nicaragüenses ofrecen un excelente ejemplo de la impresionante arquitectura creada por las fuerzas del océano durante miles de años. Las olas y corrientes del mar se estrellan con enorme fuerza contra las especies grandes que forman ramas como los corales

del género **Acropora** “cuerno de alce” y “cuerno de ciervo”, que protegen la tierra contra la erosión causada por las fuerzas del mar. En aguas más tranquilas y ligeramente más profundas, corales masivos como los corales “cerebro”, “pilar” y “estrella” (**Diploria**, **Siderastrea** y **Montastrea**, respectivamente) impresionan con sus colores espectaculares y sus diseños intrincados. Estas especies también funcionan como amortiguadores contra los golpeteos del océano. La Tabla 1 presenta una lista de nombres comunes y científicos de los corales.

Seguramente el coral mejor conocido es el coral negro, del género **Antipathes** (hay por lo menos tres especies en el Caribe), que se usa para joyería. Debido a este uso y a su baja tasa de crecimiento, los corales negros están en peligro de extinción en todas partes en el Caribe. Los corales negros y sus parientes se califican como corales suaves. Parecen helechos y no requieren los rayos del sol para sobrevivir como los corales hermáticos.

Durante su extensa vida en las transparentes aguas azules del mar, los corales han experimentado miles de desastres naturales como tempestades y actividades tectónicas (e. g., terremotos). Aunque estos fenómenos son usualmente dañinos para los bienes y la vida humana, ahora se sabe que estos eventos son benéficos para limpiar los sistemas naturales y mantener la diversidad de los corales.

A lo largo del tiempo, muchas especies han crecido, se han extinguido y han sido reemplazadas por nuevas especies que están mejor adaptadas para sobrevivir en las condiciones de los arrecifes. Los que se puedan recuperar y adaptar después de una catástrofe natural, surgirán más fuertes que antes. Sin embargo, cuando perturbaciones debidas a actividades humanas alteran el delicado balance químico y ecológico de los arrecifes, éstos se tornan menos resistentes y con frecuencia mueren. En Nicaragua, como en otras partes del mundo, el peor enemigo del coral

es la sedimentación causada por el despale indiscriminado.

Al igual que sucede con la mayoría de los corales del Caribe, los corales nicaragüenses son relativamente recientes en lo que concierne su edad geológica y se fueron formando desde hace menos de siete mil años (Lighty et al 1982). Los arrecifes de la plataforma nicaragüense varían con amplitud en cuanto a profundidad y tamaño. Mientras unos, como los de cayos Perla, surgen cerca del nivel del mar, la mayor parte de los arrecifes en la plataforma están debajo de este nivel y son difíciles de ver desde la superficie. Se extienden en tamaño desde pequeños parches de arrecifes con decenas de metros en diámetro y varias toneladas de peso, hasta plataformas complejas de varios kilómetros de ancho (Roberts y Murray 1983; Ryan et al 1989).

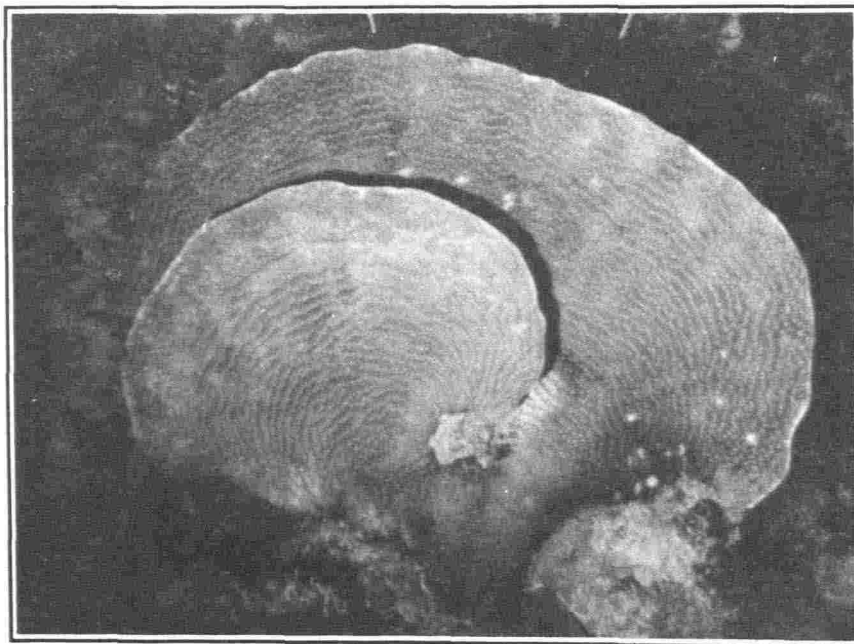
Las formaciones de arrecifes de coral fueron clasificadas por Charles Darwin como **franjas**, **barreras** y **atolones**, que representan un esquema en la evolución de dichos arrecifes. Pero en el Caribe, las formaciones más comunes son franjas, parches y bancas. Normalmente estas formaciones crecen en aguas no profundas, generalmente cerca de

una isla o un cayo, pero se pueden formar estructuras masivas en aguas profundas, como las bancas enormes en el margen de la plataforma continental (ver a Figura en Ryan 1992). Estas son espectaculares y tienen dimensiones verticales irregulares que exceden los 25 metros (Roberts y Murray 1983; Ryan 1992). Los numerosos arrecifes irregulares que bordean el límite externo de la plataforma (Ryan 1992) también dispersan y atenúan las olas que se mueven hacia la plataforma desde el Caribe, protegiendo de esta manera a la costa.

### Cayos coralinos cercanos a la orilla

La plataforma central está salpicada de pequeños cayos coralinos, distantes entre 20 y 30 kilómetros de la costa. Los más prominentes son: los cayos Perla, King, Man O'War y Tyra; se encuentran en la zona entre los ríos Grande de Matagalpa y Escondido (Figura 1).

Las siguientes secciones sumarian dos diferentes ecosistemas de arrecifes de coral en la plataforma central nicaragüense, que han sido dañados por los dos tipos de perturbaciones (naturales y humanas).



*Coral lechuga, Agaracia, relativamente pequeño y delicado.*



FOTO: JOE RYAN

Uno de los Cayos Perla.

## Cayos Perla

El grupo más grande de formaciones someras de arrecifes en la plataforma central se encuentra en los cayos Perla (Figura 2). Este archipiélago está constituido de 18 islas deshabitadas, bordeadas de densas formaciones de manglares (**Rhizophora mangle**) y cocoteros (**Cocus nucifera**) que crecen a lo largo de playas de arena blanca. Los corales de los cayos ofrecen habitats a especies comercialmente importantes como langostas (**Panulirus argus**), pargos (**Lutjanus sp.**), conchas (**Strombus gigas**) y tortugas marinas (**Chelonia mydas**). Su belleza y alejamiento las hacen ideales tanto para el ecoturismo como para la investigación científica.

La información científica disponible a propósito de estos cayos es limitada, y la mayor parte de ella fue recogida en 1977-78 y publicada en

años subsiguientes (Murray et al 1982; Roberts y Murray 1983; Roberts 1987). Estos estudios indicaban la presencia de grandes y sanas formaciones coralinas; aunque aguas turbias y de baja salinidad (menos del 2.2 por ciento de salinidad) de la Capa Límite Costera (CLC) en ocasiones penetran en el Caribe azul transparente que rodea los cayos (ver Ryan 1992). Roberts y Murray (1983) notaron que los cayos mantenían una comunidad creciente de corales "cuerno de alce" (**Acropora palmata**) en su lado este, expuestos al viento, y que los arrecifes eran formaciones vivientes y no reliquias.

## La rápida degradación

En la actualidad, menos de 15 años después de ese estudio, muchos de los corales en los cayos Perla están muertos o declinando. En fe-

brero de 1991, se llevó a cabo una inspección submarina de tres cayos (Askill, Three Palm y Water; Ryan, manuscrito inédito). Corales masivos como **Montastrea** (coral estrella) y **Diploria** (coral cerebro) están muertos en muchas áreas y pocos corales pequeños fueron observados; sugiriendo que no se están reclutando con éxito corales más pequeños en la población.

Las especies ramificantes **Acroporidas** (cuerno de alce y cuerno de ciervo) en aguas someras han sido decimadas, y hay poca evidencia de nuevos crecimientos en el frente de los arrecifes situados delante de los tres cayos observados.

En cayo Askill, en el sector Norte del archipiélago, la mayor parte de los corales masivos están muertos y cubiertos de algas filamentosas que crecen sobre ellos. Sólo aproximadamente el 30 por ciento de estos corales de crecimiento lento estaban



vivos, en aguas de 20 metros de profundidad al frente noreste del arrecife. Los géneros **Acroporida** fueron también fuertemente dañados, pero nuevos corales de este género están creciendo en varias áreas. Dado su índice de crecimiento relativamente alto, es posible que los **Acroporidas** puedan volver a crecer. Estos corales pueden obtener alturas hasta de dos metros en 10-12 años, a condición de que la causa del daño sea controlada y que no se introduzcan nuevas presiones en el sistema.

Aunque la presencia de peces depredadores grandes (pargos, meros y tiburones) en cayo Askill, en el norte, sugiere que la comida es abundante y todavía no decreciente, no se observaron depredadores grandes durante tres días de buceo en los cayos en la parte sur, como WaterCay.

Comparando con otras áreas de arrecifes en el Caribe, el número de peces es bajo, tanto en especies como en individuos. Esto sugiere que las relaciones ecológicas en los arrecifes estudiados han sido perturbadas debido a alteraciones en los habitats. Entre los ausentes más notorios, se encuentran algunos herbívoros importantes para el saneamiento del arrecife. Son escasos: los peces cirujanos (**Acanthuridae**), los grandes peces loras (**Sparisoma** y **Scarus**), los peces damiselas juveniles (**Pomacentridae**), y los labridos (**Labridae**) que se alimentan de las algas filamentosas (no simbióticas) que crecen sobre los corales y los matan.

## Hipótesis

Aunque hay pocas dudas de que el huracán Joan infligió daños físicos a los corales con formas ramificadas (como evidencian las ramas quebradas de grandes **Acroporidas**) en los cayos Perla en octubre de 1988, la extensión del daño a los corales masivos sugiere que un evento crónico, más devastador, ocurrió durante los 15 años pasados.

Hay tres hipótesis fácilmente verificables para este daño, que serán el foco de un estudio a realizarse en octubre de 1992. Dos están relacionadas a fenómenos naturales -una es el aumento mundial en el nivel del mar; y la otra es que el daño fue debido simplemente a un proceso natural de evolución, y que los arrecifes de coral están sufriendo una declinación natural.

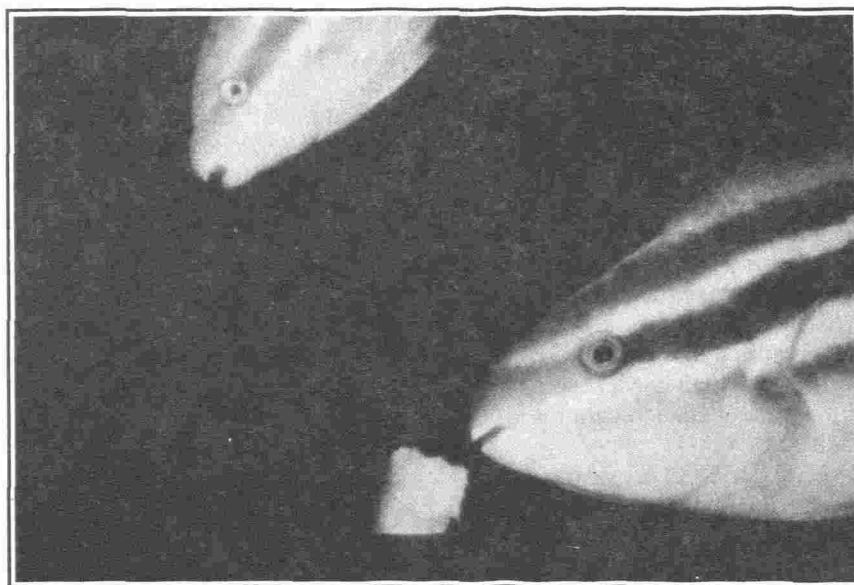
La tercera y más probable explicación, es que el daño puede haber resultado de una creciente intrusión de aguas de baja salinidad (causada por un crecimiento en el caudal del agua proveniente de ríos que desembocan en la costa cercana) y más importante aún, la carga de mayor mayor calidad de sedimentos debida a la deforestación tierra adentro, en Chontales. El Río Grande de Matagalpa, el tercero en tamaño del país, es el que más influencia las aguas caribeñas cercanas a la orilla, y años de deforestación a lo largo de su cuenca han alcanzado un punto crítico.

También, las prolongadas lluvias y las inundaciones, provocadas por los ríos y asociadas con el huracán Joan, pueden haber exacerbado los problemas erosionales existentes. Conforme la descarga de los ríos aumentó, una capa de agua más dulce y con una carga mayor de sedi-

mentos puede haber excedido la masa crítica que retiene la CLC cerca de la costa (ver Ryan 1992). Esto a su vez puede haber forzado la CLC hacia el mar dentro del sistema de arrecifes de los cayos Perla.

Dado que los corales no pueden tolerar tensiones no-naturales de manera prolongada, es probable que muchos corales en los cayos murieron por el aumento de la descarga de agua dulce y la sedimentación. Esto último resulta en una disminución de la penetración de la luz del sol a través de la columna de agua, acompañada de una disminución en la tasa de crecimiento de los corales (debido a su relación simbiótica con las zooxantela, que requieren de la luz). Normalmente, los corales son capaces de remover sedimentos, pero esto requiere mucha energía que interfiere con el crecimiento. Finalmente, sedimentos suspendidos en la columna de agua interfieren con los corales que se alimentan por suspensión.

Uno de los remedios posibles sería la identificación específica (por imágenes de satélite) de cuencas fluviales hacia tierra adentro que están causando más daño, y la reforestación de las mismas con áreas de amortiguamiento (Cortes y Risk 1985).



*Princesa lora, Scarus taeniopterus.*

## Amenazas a la recuperación de los arrecifes en Cayos Perla

Es obvio que la continuación de la deforestación en las cuencas de los ríos que drenan hacia la Costa perjudicará la recuperación de los corales dañados. Pero también, el aumento descontrolado de la presión pesquera en los cayos Perla podría incrementar aún más el desbalance de las relaciones ecológicas ya alteradas. Las tres prácticas pesqueras que constituyen las principales amenazas son: los indiscriminantes arrastreros industriales extranjeros que trabajan cerca de los cayos, el uso de trampas jamaquinas para peces por los pescadores artesanales y la captura de langostas pequeñas y portadoras de huevos.

Aunque los grandes arrastreros extranjeros tienen licencias, no hay condiciones sobre la manera cómo pueden pescar, y con frecuencia arrastran sus redes a lo largo de los fondos productivos de la plataforma, cerca de los cayos. Esta práctica suspende sedimentos en la columna de agua y permite que aguas turbias sean transportadas a lo largo de los cayos Perla.

Debido al hecho de que no son selectivos en el tipo de peces que capturan, los arrastreros pueden también pescar de manera excesiva peces importantes para los arrecifes, que emigran entre éstos y los pastos cercanos adyacentes. Mucha de su captura (hasta el 50 por ciento en otros países), incluyendo pequeños peces de los arrecifes, cangrejos y camarones, son tirados al mar. Por ley, las aguas marinas hasta 15 millas de la costa están reservadas a los pescadores artesanales y deberían quedar fuera de los límites de operación para los arrastreros.

En el Caribe, el uso de trampas de peces jamaquinas ha causado serias alteraciones ecológicas en los arrecifes, porque su no-selectividad las hace tomar peces juveniles y herbí-

voros (peces e invertebrados que se alimentan con plantas) que son importantes en el control de las algas que matan a los arrecifes. En estudios realizados en los Estados Unidos, donde ahora se prohíbe el uso de trampas, se observó que casi el 50 por ciento de los peces capturados en trampas eran peces de las comunidades coralinas (Stone 1989).

Estas trampas grandes se hacen con un fino tejido de alambres que impide que escapen aun los peces más pequeños (muchos de los cuales no son comestibles). Si los peces juveniles atrapados no sobreviven para reproducirse, entonces el número de reclutas para el año siguiente quedará reducido. Claramente el uso de trampas jamaquinas en los arrecifes tiene que ser regulado, si se quiere impedir que éstas causen desastres similares a los que han producido en Jamaica y otros países del Caribe.

Algunas observaciones limitadas sobre la captura de langostas en varios botes de pesca, indican que aunque las langostas grandes (con carapachos de un largo mayor a los 25 centímetros) son todavía abundantes, los pescadores están tomando un número excesivo de langostas pequeñas. Al igual que con los peces juveniles, esto reduce el reclutamiento para la pesquería de langostas del año siguiente, dado que las langostas juveniles son retiradas antes de que alcancen la madurez sexual.

Claramente, la sobre-pesca de langostas y peces juveniles va a resultar en la disminución de la población de langostas en los cayos Perla, va a cambiar las relaciones ecológicas y aumentará la presión pesquera sobre los recursos marinos en los otros cayos.

En resumen, el balance ecológico de los arrecifes de coral en los cayos Perla está fuertemente tensionado, probablemente por actividades humanas en tierra adentro y exacerbado por las presiones pesqueras actuales. En mi opinión, esta es una señal de potenciales problemas ecológicos que están

empezando en los habitats marinos cercanos a la costa.

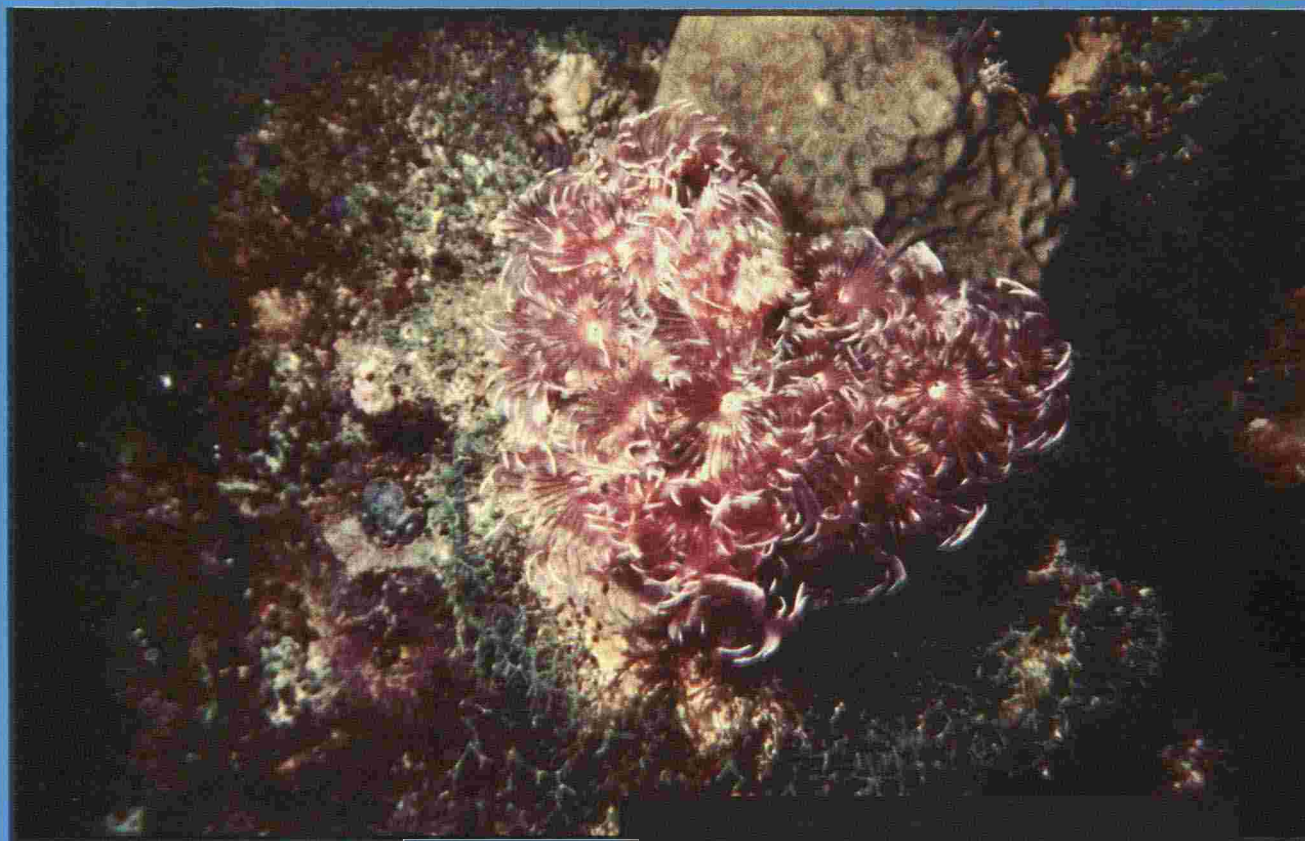
La necesidad de actuar en forma inmediata, y de averiguar si problemas similares no están ocurriendo en otros arrecifes cercanos, es de extrema urgencia. Aunque los corales se están recuperando en varias áreas, perturbaciones adicionales como las trampas para peces, la pesca industrial intensiva con arrastreros y la deforestación, representan una seria amenaza para esta recuperación.

## King's Cays (Cayos del Rey)

En un breve reconocimiento de los cayos del Rey, localizados aproximadamente 30 kilómetros al Norte de Tasbapaunie (Figura 1), en mayo de 1991, observé que el sistema de arrecifes y sus peces están en condiciones relativamente buenas en comparación con la de los cayos Perla. Esta situación sugiere que, aunque el daño a los arrecifes ocurrido en los cayos Perla es por el momento localizado, otros arrecifes sanos podrían sufrir el mismo destino si no se toman medidas con anticipación.

## Cayos coralinos de mar adentro

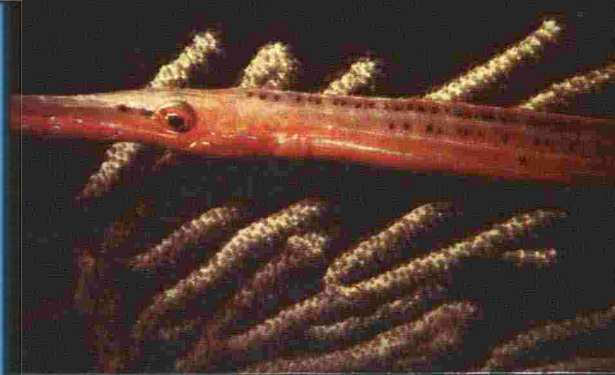
Las Islas del Maíz (Corn Island y Little Corn Island) son las más grandes en la plataforma central nicaragüense (Figura 1). Ambas están localizadas en un promontorio en el límite oriental de la plataforma caribe nicaragüense, y situadas encima de áreas actualmente sometidas a actividad tectónica. Las dos están situadas en los márgenes de placas geológicas en movimiento sobre la corteza del planeta. Aunque se cree que estas islas están situadas sobre volcanes extintos y son atolones, hay evidencia reciente que pone en entredicho esta hipótesis (F. Ruden, de próxima publicación). Es posible que las Islas del Maíz fueron formadas por descargas lentas de lava, que salieron de las fracturas en las placas tectónicas.



*El gusano de pluma Sabellarida. (Foto superior)*

*Pez trompeta, Aubistomus maculatus. (A la derecha)*

*Un mero, uno de los peces evolucionariamente más ancianos. (A la derecha abajo)*



Los ambientes alrededor del área de las Islas del Maíz representan un rico mosaico de habitats marinos, incluyendo rocas intermareas, playas arenosas, praderas de pastos marinos (*Thalassia* y *Syringodium*) y arrecifes de coral (Ryan et al. 1989). Los arrecifes aparecen tanto como parches aislados que como barreras de franjas de arrecifes, a profundidades de dos a 30 metros, y están dominados por especies coralinas encontradas a lo largo del Caribe.

### Corn Island

Situada a 70 kilómetros de la costa, Corn Island tiene aproximadamente 13 kilómetros de largo y nueve de ancho (Figura 2). Los alrededores marinos contienen muchos parches de arrecifes y praderas de pastos marinos dispersos.





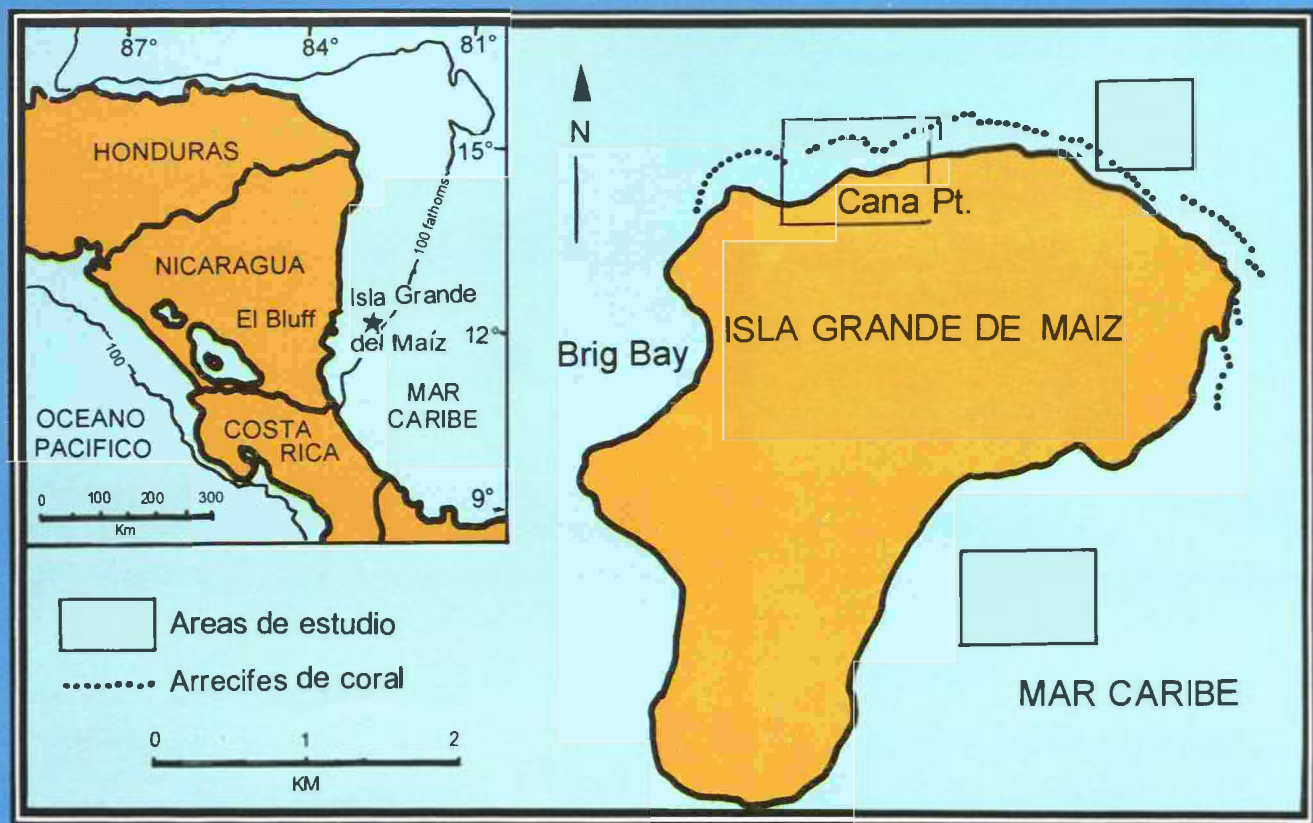


Figura 2. Mapa de la isla grande del Maíz, que muestra Cana Reef y alrededores marinos.

El arrecife Cana es un arrecife sano en forma de franja, localizado aproximadamente a 150 metros de la orilla, en el lado Norte de la isla. El arrecife tiene cerca de cuatro kilómetros de largo, con corales “cuerno de alce” y “cuerno de ciervo” dominantes, formando el marco del arrecife en la cresta del mismo.

Adelantándose mar adentro en aguas más profundas, las pendientes de la cresta están cubiertas con “cuerno de alce”, coral estrella, y son comunes dos especies de coral cerebro (*Diploria strigosa* y *Diploria clivosa*), coral de palo (*Porites astreoides*), junto con abundantes algas coralinas (*Halimeda*, *Caulerpa*). La pendiente del arrecife desciende uniforme hasta 12-15 metros hacia una zona caracterizada por profundos parches de arrecife y acumulación fuerte de sedimentos (Roberts y Suhayda 1983; Ryan et al 1989).

El arrecife Cana es un amortiguador clave para la protección de la costa y el manto acuífero de agua

potable de Corn Island. La destrucción de este arrecife barrera puede aumentar la erosión y perjudicar el sistema de agua potable de la isla.

Entre la cresta del arrecife barrera Cana y la isla hay una laguna relativamente plácida (Figura 2) cubierta con arena y pedrín coralinos, áreas planas de algas, cabezas coralinas mezcladas (llamadas parches de arrecifes) y pastos marinos (*Thalassia*, *Halodule* y *Syringodium*) (Roberts y Suhayda 1983; Ryan et al. 1989). Esta es una zona vivero para muchos juveniles de especies del arrecife de mar adentro. Los habitats en la parte de la laguna más cercana a la orilla están muy deteriorados y cubiertos por algas filamentosas.

En una visita realizada en 1991, nos pareció que la situación estaba empeorando y muchos arrecifes están muriendo. Aunque las causas exactas de esta degradación son desconocidas, por lo menos dos posibilidades existen.

Una hipótesis es que aguas negras y otros desechos de nutrientes no

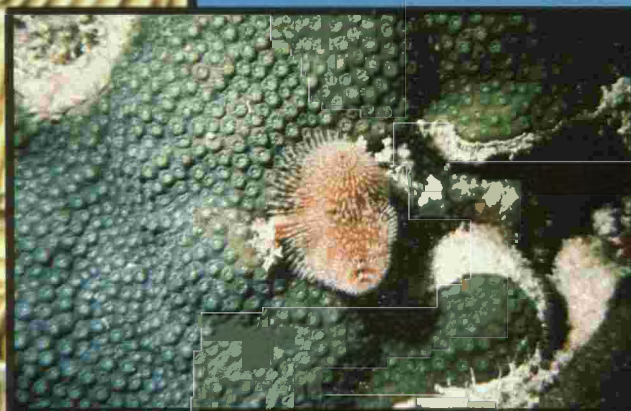
destruidos de la isla han entrado en la laguna y perturbado el balance químico. La segunda es que grandes reservas de arena situadas en mar adentro fueron resuspendidas, desplazadas y depositadas en otro lugar por el huracán Joan. La nueva posición de estas reservas podría aumentar la cantidad de arena que llega a los arrecifes. Roberts y Suhayda (1983) describen el proceso natural de deposición sedimental en la laguna y sugieren que la acción de las olas es una fuente mayor de resuspensión de sedimentos. Es posible que estos depósitos desplazados de arena estén ahora siendo transportados de su nueva posición, vía la acción de las olas, hacia los arrecifes y los ambientes de la laguna.

En general, los bancos de corales y pastos marinos al Oeste de la isla no están muy desarrollados (Ryan et al 1989), presumiblemente debido a un efecto de “sombra” de la isla sobre las olas, que reduce las corrientes y la actividad de las olas detrás del arrecife Cana (White 1977).





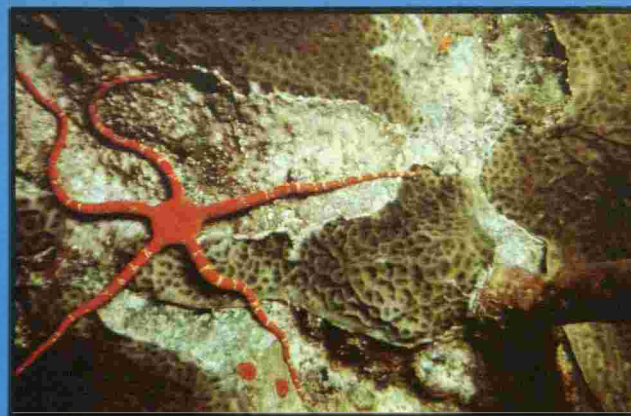
Un especie de coral de cerebro, *Calpophyllia matatans*



*Spirobranchus*, el guzano del árbol de navidad. (Foto superior)

Pez cabro, *Pseudopenus maculatus*. (Foto al centro)

El invertebrado pez estrella quebradizo que vive sobre los corales. (Foto abajo)





## Daño causado a las islas del Maíz por el huracán Joan

El huracán Joan afectó Corn Island en octubre de 1988; ocho meses después se realizó un reconocimiento (Ryan *et al.* 1989), para examinar el daño a los corales en varias áreas alrededor de la isla. El huracán atacó la isla grande desde el Sureste, pasando por encima de Blowing Rock Reef, South Shore Reef y golpeó cerca de Queen Hill y Mount Pleasant, en el Sur de la isla. Para evaluar el daño, el equipo examinó cuatro habitats: el arrecife Cana en Corn Island grande, los fondos profundos y carbonados en el arrecife Blowing Rock; habitats de piedras calizas y corales en el extremo Sur de Corn Island grande; y la costa Este de Corn Island pequeña.

Los huracanes son eventos relativamente comunes en el marco de tiempo en el que crecen los arrecifes, y en la actualidad son percibidos como un ciclo natural de limpieza para los sistemas de arrecifes. De hecho, parece que los huracanes son benéficos para los ecosistemas costeros, porque descargan el sistema de nutrientes excesivos y frecuentemente resultan en un crecimiento en la variedad de especies (Hatcher *et al.* 1989). Los índices de recuperación de los corales sanos después de una perturbación natural son rápidos, debido a las larvas de coral arrastradas por el agua desde los arrecifes sanos (Woodley *et al.* 1981; Fenner 1991).

Si bien segmentos individuales de las formaciones pueden ser quebrados durante las tormentas fuertes, las ramas rotas pueden continuar creciendo después de haberse quebrado. Por ejemplo, después del huracán de 1980, los arrecifes en aguas someras de Jamaica sufrieron un 65 por ciento de pérdida del coral "cuerno de ciervo" (*A. cervicornis*), pero algunas piezas de coral quebradas se establecieron en el fondo y continuaron creciendo (Woodley *et al.* 1981).



Coral Cerebro, del género *Diploria Labyrinthi formis*.



*España, Spinosella vaginalis*, unos de los numerosos invertebrados que viven en armonía con el arrecife.

### Arrecife Cana

El área examinada está localizada en la esquina Noreste del arrecife Cana (Figura 3), en la vecindad de un carguero griego hundido. La inspección comprendió un área aproximada de mil metros cuadrados, donde la profundidad de los corales oscila entre tres y ocho metros. Aquí, la cresta de los arrecifes está dominada por dos variedades de corales grandes, formadores de ramas, "cuerno de ciervo" (*A. cervicornis*) y "cuerno de alce" (*A. palmata*), los cuales recibieron la mayor parte del daño.

Las colonias de estos dos tipos de corales mostraban daños de diferente gravedad, que iban de mínimos hasta áreas donde el 70 y el 80 por ciento de los pies individuales de "cuerno de alce" habían muerto recientemente. El daño estaba limitado a la propia cima del arrecife (a menos de tres metros de profundidad). Algunas ramas muy grandes, basta de dos metros de largo, fueron arrancadas por las olas del huracán, pero todavía estaban creciendo ocho meses después.

En contraste con el coral "cuerno de alce", las rupturas de las ramas

del coral "cuerno de ciervo" eran muy extendidas. En varias formaciones se notó que colonias de coral "cuerno de alce" se estaban "blanqueando" (partes del coral normalmente amarillentas se ponen blancas), sobre todo en aguas someras. Aunque este proceso es usualmente reversible, "blanquearse" es una respuesta a situaciones de presión (como las abundantes lluvias asociadas con el huracán), en las cuales el coral expele a su alga simbiótica. Normalmente los corales se recuperan de esta condición si no hay otras perturbaciones dañinas.

En aguas más profundas, debajo de la cresta del arrecife, la mayor parte de los grandes corales (*Montastrea* y *Diploria*) no tenían ningún daño. En algunas áreas, sin embargo, se estimó que hasta el 20 por ciento de estas colonias habían sido eliminadas, probablemente debido al roce con arenas removidas. Los corales blandos (*Gorgonia*) en general no fueron afectados.

Un área grande (más de mil metros cuadrados) de coral adyacente a la zona de exploración, parecía haber sido parcialmente recubierta por arenas desplazadas. Al parecer, la arena desplazada por el huracán cubrió muchos habitats del fondo, incluyendo arrecifes vivos y cavernas de langostas. Varios pescadores de langostas reportaron que aproximadamente el 20 por ciento de sus áreas de pesca alrededor de la isla han sido afectadas por arenas desplazadas que llenaron las cuevas de las langostas.

### Arrecife Blowing Rock

El arrecife Blowing Rock, situado 13 kilómetros al Sureste de Corn Island, es un afloramiento que se eleva cerca de 30 metros desde la plataforma hasta la superficie. El arrecife estuvo directamente en el camino del huracán, justo antes de que éste tocara la isla. Consiste en afloramientos de piedras calizas con crestas que miden un metro de alto aproximadamente. Es común encontrar cabezas de corales vivos

dispersas (principalmente *Montastrea* y *Siderastrea*), sugiriendo que el huracán causó poco daño. Las profundidades del agua en las áreas de supervisión variaban entre 18 y 30 metros. Las olas grandes y otros problemas logísticos nos impidieron examinar arrecifes más someros.

### La playa sur

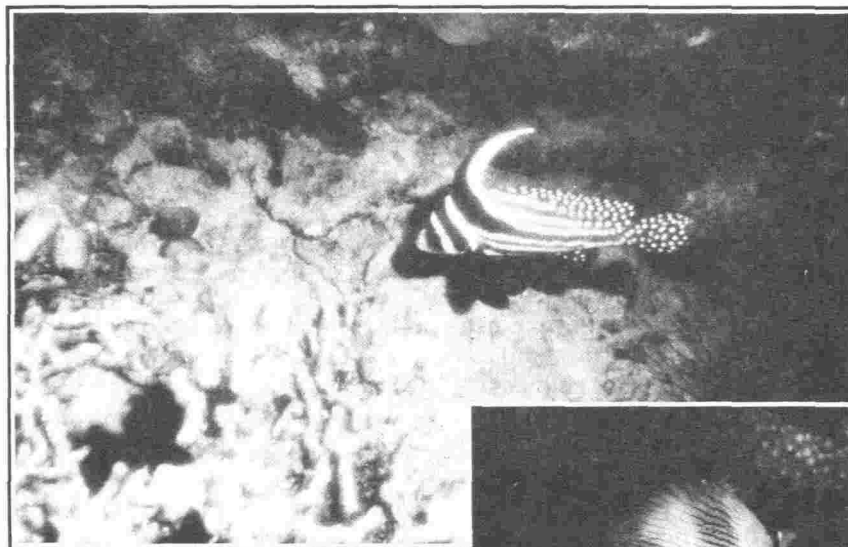
El lado Sur de Corn Island recibió el mayor impacto del huracán. El área supervisada está localizada aproximadamente a un kilómetro de la isla y las profundidades del agua oscilan entre 10 y 15 metros. Este sitio fue el más afectado por la tormenta.

En general, el área parecía haber sido cubierta por arenas desplazadas, muy probablemente asociadas

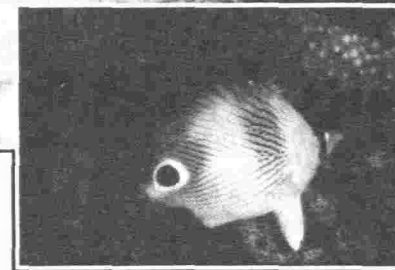
con el huracán. En esta zona no habían corales formadores de ramas, sino pequeños corales "guijarros" y corales estrella, que se encuentran en los fondos duros de piedra caliza. Habían muchos corales muertos, probablemente muertos por la tempestad.

Estos fondos carbonados consistentemente estaban caracterizados por una capa somera de arena de varios centímetros de profundidad. Es posible que sedimentos continuamente resuspendidos y arenas desplazadas enterraron a muchos corales. Grietas propicias para ser habitat de langostas también fueron cubiertas por la arena. Algas verdes, particularmente *Udotea* y *Halimeda*, eran abundantes y crecientes en el área.

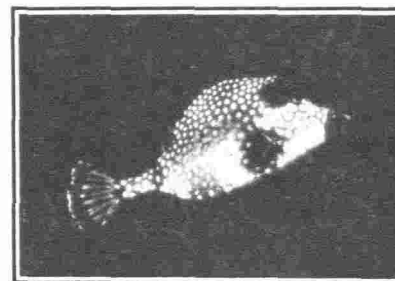
Sin embargo, el daño no era general, ya que un área tenía colonias



*Curvina manchada*, *Equetus punctatus*.  
Se esconde durante el día en las cavernas del arrecife, y por las noches sale a alimentarse.



Pez mariposa de cuatro ojos,  
*Chaetodon capistratus* (en medio).



Pez Tronca *Lacophrys triqueter* (abajo).



sanas de corales grandes (*Diploria*, *Montastrea* y *Sidastrea*).

### Little Corn Island

La Pequeña Isla del Maíz (Figura 1) está localizada aproximadamente a 15 kilómetros al Noreste de la isla mayor, y su tamaño es la mitad del de la otra. Los ambientes subacuáticos de la isla menor son similares a los que fueron descritos para La Gran Isla de Maíz, aunque los corales en el área de la laguna y el frente de arrecife parecen mejor desarrollados y menos cubiertos por algas (Ryan et al. 1989). Los parches de arrecife adyacentes a los bancos de pastos en la laguna parecen sanos, con *Acroporida*, *Montastrea* y *Diploria* entre las especies predominantes.

Se observaron numerosos *Diadema antillarum* y el erizo negro de mar con espinas largas, que es un componente ecológico clave en los ecosistemas de corales en el Caribe. Estos herbívoros se alimentan de las algas que son dañinas para el coral, y mantienen un equilibrio entre la natalidad y mortalidad de dichos al-

gas. Este fue el único lugar donde se observó erizos de mar durante la visita de las dos islas, y puede ser uno de los pocos lugares en el Caribe inmune a su muerte masiva mencionada anteriormente.

Debido a su falta de desarrollo, prístinos arrecifes de coral y poca población humana, Little Corn Island ofrece un excelente lugar para la investigación científica. También provee una importante área de referencia para comparar con arrecifes dañados en la plataforma nicaragüense. Para asegurar que se mantenga en su estado natural, el gobierno de la RAAS debería de actuar de inmediato para proteger este ecosistema único y evitar lo que está pasando en la vecina Corn Island.

El impacto del huracán Joan en Little Corn Island fue mínimo comparado con el daño inflingido en la isla grande. La isla pequeña sufrió mucho menos daño terrestre que la isla grande y los ambientes subacuáticos que fueron examinados también parecían haber sufrido poco. Los pastos marinos y arrecifes en parche que fueron supervisados tampoco habían sido afectados.

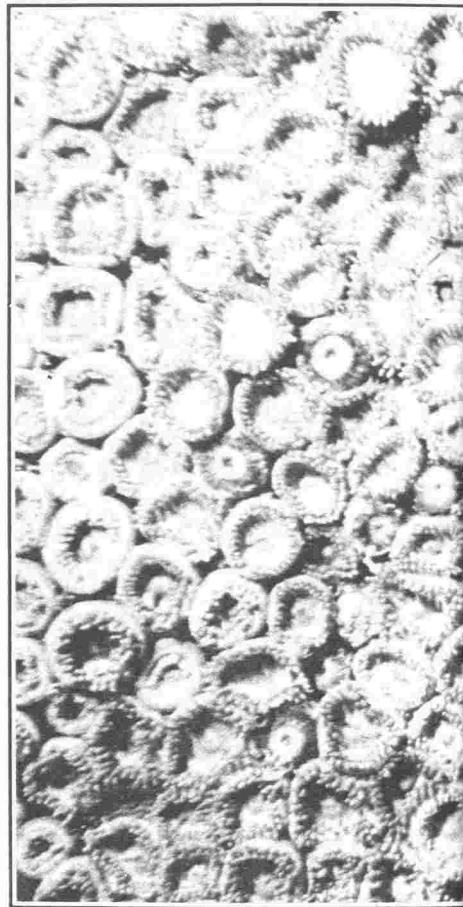
### Conclusiones

Los arrecifes de coral, que han sobrevivido en los océanos tropicales por más de docientos millones de años, están en la actualidad declinando a lo largo del mundo (UNEP 1985; Hatcheret al 1989), principalmente debido a perturbaciones humanas. Lo ocurrido en Jamaica, Haití, Barbados y la reciente desaparición de la única formación de arrecifes en el Caribe de Costa Rica, debe servir como amenaza y llamado a la acción para conservar los ecosistemas coralinos de Nicaragua.

Pero ya no es ni siquiera necesario buscar ejemplos de los peligros que se ciernen sobre los arrecifes fuera del Caribe nicaragüense, porque el caso del deterioro en los cayos Perla es una realidad. Aunque la causa precisa de lo que está ocurriendo en

los cayos Perla es desconocida todavía, es probable que como sugerimos anteriormente, la deforestación tierra adentro ha conducido a un crecimiento en los sedimentos arrastrados por los ríos que desembocan en la Costa. La muerte de los corales en los cayos Perla se asemeja mucho al modelo de deterioro observado en los arrecifes cercanos a la costa en Costa Rica.

Cortés y Risk (1985) encontraron una reducción en la diversidad de especies y la cobertura de corales vivos debido a los sedimentos provenientes de la descarga de los ríos en el arrecife Cahuita. Habían abundantes cabezas de coral grandes, sin embargo, no se encontraron corales pequeños de la misma especie. Esto sugiere que no se estaban reclutando nuevos corales y sólo corales viejos

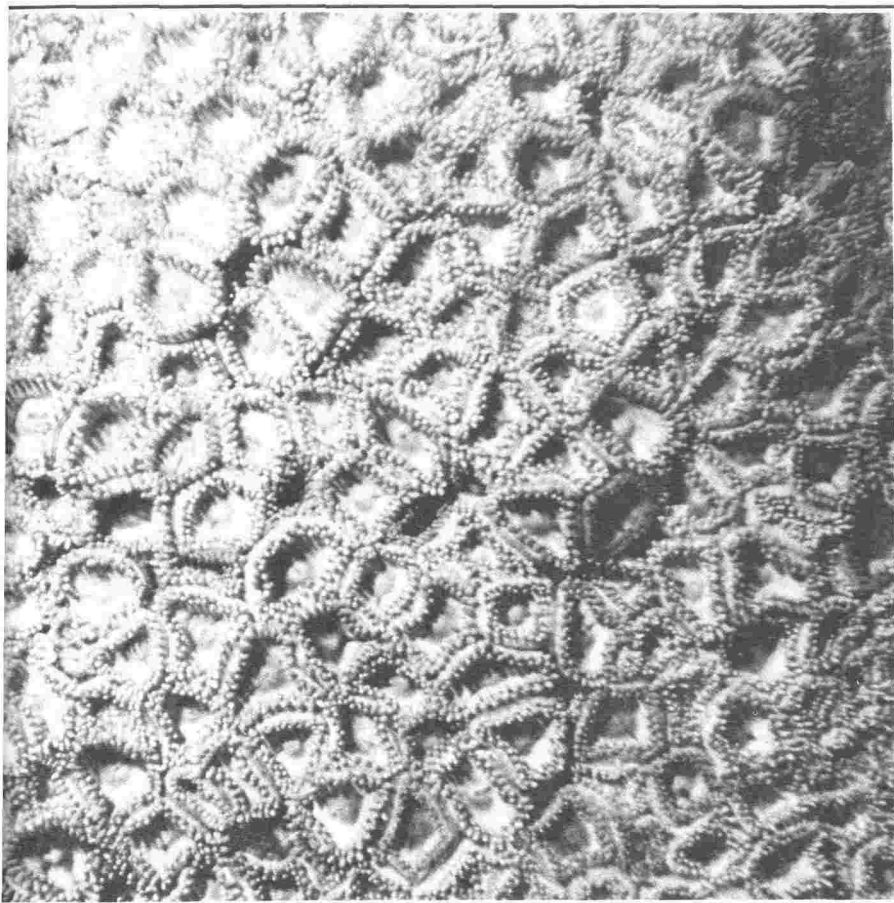


*Coral Solitario, Zooanthus.*

y establecidos estaban sobreviviendo pero bajo presión.

Otros estudios han mostrado que una alta tasa de cargas sedimentales resulta en una disminución en el índice de crecimiento de los corales (Allery y Dodge 1974; Hudson 1981), una disminución en el reclutamiento de larvas (Sammarco 1980) y aun la muerte de los corales (Rogers 1979).

El bajo número de herbívoros que se alimentan de algas y plantas en los cayos Perla puede ser otra señal de que el balance ecológico de los arrecifes ha sido alterado. Sammarco (1987) sugiere que una reducción en la población de herbívoros puede atrasar el ritmo de recuperación de los arrecifes dañados. El erizo de mar grande, *Diadema antillarum*, un herbívoro importante en los pastos marinos y a lo largo de los arrecifes del Caribe, estaba ausente en los cayos Perla y en la Isla Grande del Maíz (Corn Island).



Los erizos son importantes consumidores de algas y la población de las mismas en los arrecifes crece rápidamente cuando están ausentes (Birkeland 1990). En los arrecifes de Discovery Bay, Jamaica, donde la sobrepesca también ha disminuido la población de peces herbívoros, muertes masivas de corales han ocurrido en ausencia de peces herbívoros y erizos de mar (Liddell y Ohlhorst 1986).

Mientras disminuyen los arrecifes vivos en la RAAS, la importancia de éstos como habitat para la pesquería es desconocida. Si bien la relación entre los arrecifes y la producción pesquera no está suficientemente esclarecida, se ha estimado de manera global que los arrecifes proporcionan cerca del nueve por ciento de las entradas de pescado al mercado (Crossland et al 1991).

En otras áreas donde los habitats ligados a los arrecifes están decli-

nando, se han observado que la captura de peces está descendiendo de manera sustancial (UNEP 1985; Salvat 1987; Hodgson y Dixon 1988; Hatcher et al. 1990). Esto sugiere que los arrecifes de coral son importantes para las pesquerías marinas en la plataforma central nicaragüense, y es un buen argumento en favor de la conservación y el manejo de los arrecifes vivos en la plataforma (ver también Ryan 1992).

Los esfuerzos conservacionistas deberían centrarse en mantener la biodiversidad de los ambientes de arrecifes de coral sanos y sostener las pesquerías de los arrecifes. Si no se mantienen arrecifes sanos en las cercanías de los que están dañados, para proveer nuevos reclutas, la probabilidad de una degradación irreversible en los arrecifes dañados se amplía en forma considerable. Dado el alto número de arrecifes moribundos en los cayos Perla, pa-

rece crucial que un programa de conservación y manejo de recursos para la RAAS sea desarrollado lo antes posible.

Dicho plan debería tener cuatro objetivos fundamentales:

1) **Reducir las fuentes de erosión y sedimentación existentes:** esto va a requerir mejor manejo de los suelos y la reforestación a lo largo de importantes fuentes de agua (particularmente el Río Grande de Matagalpa) que drenan sobre la plataforma.

2) **Manejar la actividad pesquera en y alrededor de los arrecifes:** esto incluiría prohibir a los grandes barcos extranjeros con redes de arrastre la pesca cerca de las áreas de arrecifes, suprimir el uso de trampas jamaíquinas y eliminar la pesca de langostas y peces con tanques de oxígeno.

3) **Mantener la biodiversidad de los corales y peces de la plataforma:** al proteger los arrecifes de coral sanos y los peces (incluyendo la protección de territorios que sirven de criaderos), el reclutamiento de nuevos individuos puede impulsar la recuperación de los arrecifes dañados.

4) **Aumentar la investigación científica y monitoreo en Nicaragua:** el monitoreo y la investigación permitiría una evaluación continua de la salud de los arrecifes; esta información puede proveer también orientaciones para minimizar la degradación de los corales en otras áreas protegidas, como la Reserva Marina de los cayos Miskitos en la plataforma Norte.

Cualquier programa de conservación tiene que considerar la interdependencia entre los ambientes terrestres y marinos, las presiones de la pesca y las propias comunidades pesqueras que dependen de los arrecifes para su supervivencia. La protección de los recursos carece de sentido para alguien que tiene que sobrevivir cortando árboles para la cocina familiar, o para un pescador que trata de ganarse la vida buceando para capturar langostas o usando trampas para peces y que no tiene alternativas.

Tenemos que trabajar juntos con los pescadores y las comunidades costeñas, proveyendo alternativas económicas creativas, como el ecoturismo racional (el segundo ingreso

más importante en Costa Rica) y el uso de recursos no tradicionales. Es clave que en cada estrategia de conservación propuesta se tomen en cuenta alternativas económicas para

los usuarios de los recursos, si en realidad queremos mantener la biodiversidad de los ecosistemas de arrecifes de coral en la plataforma nicaragüense. •

## Bibliografía

- Birkeland, C. (1990). "Caribbean and Pacific Coastal marine Systems: Similarities and differences". *Nature and resources* 26 (2): 3-21.
- Cortés J. and M. Risk (1985). "A reef under siltation stress: Cahuita, Costa Rica". *Bulletin of Marine Science* 36 (2): 339-356.
- Crossland, C. J., B. G. Hatcher, and S. V. Smith (1991). "Role of coral reefs in global ocean production". *Coral Reefs* 10: 55-64.
- Hatcher, B. G., R. E. Johannes, and A. I. Robertson (1989). "Review of Research Relevant to the Conservation of Shallow Tropical Marine Ecosystems". *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 1989: 337-414
- Hudson, J. H. (1981). "Growth rates in *Montastrea annularis*: A record of environmental change in Key Largo Coral Reef Sanctuary, Florida". *Bulletin of Marine Science* 31 (2): 444-459.
- Kjerfve, B. J., K. E. Magill, J. W. Porter, and J. D. Woodley (1986). "Hindcasting of hurricane characteristics and observed storm damage of a fringing reef, Jamaica, West Indies." *J. Mar. Res.* vol. 44: 119-148.
- Liddell, W. D. and S. L. Ohlhorst (1986). "Changes in benthic community composition following the mass mortality of *Diadema* in Jamaica". *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 95: 271-278.
- Lighty, R. G., I. G. MacIntyre, and R. Stuckenrath (1982). "*Acropora palmata* reef framework: A reliable indicator of sea level rise in the Western Atlantic for the past 1,000 years". *Coral Reefs* 1: 125-130.
- Longhurst, A. R. and D. Pauley (1987). *Ecology of Tropical Oceans*. Academic Press, 407 pp.
- Murray, S. P. and M. Young (1985). "The nearshore current along a high-rainfall, trade-wind coast-Nicaragua". *Estuarine Coastal, and Shelf Science* 21: 687-699.
- Newell, N. D. (1971). "An outline of the history of tropical organic reefs". *American Museum of Nat. History Novitates* (2465): 1-37.
- Roberts, H. H. and S. P. Murray (1983). "Controls on reef development and the terrigenous-carbonate interface on a shallow shelf, Nicaragua (Central America)". *Coral Reefs* 2: 71-80.
- Roberts, H. H. and J. N. Suhayda (1983). "Wave-current interactions on a shallow reef (Nicaragua, Central America)". *Coral Reefs* 1: 209-214.
- Rogers, C. S. (1979). "The effect of shading on coral reef function". *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 41: 269-288.
- Ryan, J. D., J. Rudloe and A. Rudloe (1989). *Effects of Hurricane Joan on coral reefs, seagrass meadows and associated marine fauna near Corn Island, Nicaragua*. Greenpeace Special Report.
- Ryan, J. D. (1992). "Medioambientes Marinos de la Costa Caribe de Nicaragua". *WANI* 12: 35-47.
- Salm, R. V. (1984). "Ecological boundaries for coral reef reserves: Principles and guidelines". *Environmental Conservation*. Vol. 11 (3) 209-215.
- Sammarco, P. W. (1980). "*Diadema* and its relationship to coral spat mortality: grazing competition and biological disturbance". *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 48: 245-272.
- Stone, A. (1989). "Fish trap impacts on reef fish populations". *ReefKeeper Report*, y otras referencias no publicadas, May-June, The American Littoral Society.
- United Nations Environmental Programme (UNEP) (1985). *Ecological Interactions Between Tropical Coastal Ecosystems*. Regional Seas Reports and Studies (#73), 71 pp.
- White, M. L. (1977). "Analysis of island wave shadows". M. S. thesis, Louisiana State University, Baton Rouge Louisiana, 55 p.
- Williams, A. H. (1984). "The effects of Hurricane Allen in back reef formations of Discovery Bay, Jamaica". *J. Exp. Biol. Ecol.*
- Woodley, J. D., et al (1981). "Hurricane Allen's impact on Jamaican coral reefs". *Science* 13 (214): 749-755.