

PLANTAS SUBMARINAS DEL CARIBE NICARAGÜENSE

Por Joe Ryan

Traducción de Danilo Salamanca

En el número anterior de Wani (Wani #13) estudiamos los altamente productivos ecosistemas de arrecifes de coral existentes en el Caribe nicaragüense. Globalmente, los arrecifes son responsables por producir un porcentaje desproporcionadamente alto de los peces capturados en el mundo. Sin embargo, en estos arrecifes y en otros ecosistemas costeros, las plantas marinas tropicales -los pastos marinos y las algas- juegan un rol importante en la obtención de la alta productividad biológica. Tanto los pastos como las algas son los productores primarios de oxígeno y nutrientes, que son los sustentadores de vida en los relativamente estériles océanos del mundo; producen alimento, refugio y habitat para las numerosas especies a lo largo de los ecosistemas marinos cercanos a la costa. En términos físicos, rompen las olas, retienen los sedimentos de los fondos e impiden la erosión de las áreas costeras cercanas.

Los arrecifes de coral y los pastos marinos han mantenido una relación muy antigua; se cree que han coexistido cerca de 70 millones de años (McCoy y Heck, 1976). Dada su proximidad física, los pastos marinos y los arrecifes se proporcionan mutua protección de las fuertes olas que, de otra manera, pulverizarían los habitats más frágiles. Las algas son productores importantes de sedimentos carbonados, nutrientes y material orgánico en ambos sistemas y también proveen refugio para micro-organismos. Desde una perspectiva bio-energética, una cantidad significativa de nutrientes y material orgánico son intercambiados entre estos sistemas, diversificando aun más las fuentes de alimentación disponibles para los seres vivos que habitan en ellos.

Hoy, después de millones de años de coexistencia, los pastos marinos y los corales están decayendo a lo largo del mundo bajo las presiones del desarrollo humano, y las relaciones ecológicas tan finamente establecidas están siendo amenazadas.

Aunque las comunidades de plantas en los Cayos Miskitos parecen estar sanas, los pastos marinos en los Cayos Perla están muy tensionados, debido a los altos niveles de sedimentación causados por la deforestación que ocurre tierra adentro (Ryan, 1992a). Todavía no se sabe qué es lo que produce este decaimiento. Tal vez una breve explicación del rol de los pastos marinos y las algas permita hacerse una idea de las estrechas relaciones ecológicas que existen entre los arrecifes de coral y las plantas submarinas.

Trasfondo

Encubrada sobre las hondas y oscuras profundidades del mar Caribe, el banco submarino más grande de la región, la plataforma continental nicaragüense (Figura 1), se eleva hacia la superficie. Las aguas cálidas de la plataforma, calentadas por la energía solar tropical, están siendo continuamente enfriadas por las aguas provenientes de las profundidades y empujadas hacia la tierra por la corriente caribeña que corre hacia el oeste (Ryan, 1992a). Esta interacción termodinámica

produce aguas transparentes, que permiten que los rayos intensos del sol penetren profundamente hacia el fondo, a lo largo de la relativamente somera plataforma (la profundidad promedio es de solo 30 metros). Calladamente oculta bajo la superficie del agua, yace una de las más grandes extensiones de plantas marinas en el mundo.

No es ningún accidente que las extensas sabanas de algas y pastos marinos se desarrollen sobre la plana, y por lo demás monótona, plataforma nicaragüense. Las aguas claras azules y los fondos someros crean condiciones ideales para la fotosíntesis submarina, originada por la intensa luz solar tropical que impulsa toda la vida vegetal en la tierra. En las zonas templadas, la luz solar siempre penetra en ángulo, difundiendo los poderosos rayos sobre un área mayor. La luz solar tropical, sin embargo, ataca perpendicularmente, y tiene una distancia más corta que recorrer a través de la atmósfera terrestre. El resultado es que (cuando comparado con latitudes más altas), la misma cantidad de luz solar, en los trópicos, es más intensa, se concentra en una área menor, y está dis-

ponible para el crecimiento continuo de las plantas por 10-12 horas al día a lo largo del año.

Plantas Marinas

Las algas y los pastos marinos fueron clasificados desde hace mucho tiempo como miembros del reino vegetal, aunque la controversia sobre lo que es una planta y lo que no lo es pervive todavía. Aquí vamos a considerar plantas marinas a los organismos tanto unicelulares como multicelulares que son capaces de participar en el proceso de fotosíntesis. Las algas son las plantas más antiguas y abundantes en los océanos, mientras que los pastos marinos (plantas con flores, llamadas *angiospermas*) son de origen más reciente y, de hecho, evolucionaron en la tierra. La mayor diferencia entre las algas y las plantas superiores es que las algas tienen estrategias reproductivas sencillas, mientras que los pastos requieren polinización.

Las plantas marinas pueden ser encontradas a lo largo de la plataforma nicaragüense, desde los Cayos Miskitos, Perla, Kings y Man O' War hasta las islas del Maíz (Corn Islands), mar adentro (Figura 1). Su abundancia es tan grande que un asombrado especialista en pastos marinos, después de una visita exploratoria al área, dijo: "es como si alguien hubiera recogido todos los pastos y algas del océano, los lanzara para arriba y la mayoría hubiese caído en la plataforma nicaragüense" (Dr. J. Zieman, comunicación personal). Sin embargo, la creciente carga de sedimentos suspendidos, causada por la erosión de las áreas desforestadas al interior del territorio nicaragüense, están amenazando las praderas de pastos cercanas a la orilla, como parece estar sucediendo en los cayos Perla. Es posible, por consiguiente, que otras praderas a lo largo de la costa, todavía sin estudiar, estén experimentando el mismo tipo de daño. Más hacia el interior del mar, fuera de la influencia de las aguas fluviales, cerca de los Cayos Miskitos y las islas del Maíz, los pastos marinos son numerosos y exuberantes. Esto es especialmente cierto para el área de las lagunas, detrás de la barrera de arrecifes, cerca de las islas del Maíz.

Sin embargo, los pastos en algunas partes de la laguna, detrás del arrecife barrera en la isla grande del Maíz, parecen estar presionados, posiblemente debido a desperdicios humanos que están siendo introducidos en la laguna (Ryan, 1992b).



Una investigación financiada por NORAD y realizada a comienzos de febrero del 93, confirmó que los pastos y los corales están amenazados por esta contaminación.

Algas Marinas

En términos de número de especies, las algas sobrepasan ampliamente a los pastos marinos. Pueden flotar, nadar, vivir simbióticamente o adheridas a superficies. El 75 por ciento de todas las algas pertenecen a tres divisiones mayores, que se caracte-

terizan por sus colores: verde (*Clorófitas*), marrón (*Féofitas*) y rojo (*Rodófitas*). Las Zooxanthellae, las algas simbióticas que viven en los tejidos de muchos corales (ver Ryan, 1992b), están clasificadas en un cuarto grupo, las *Pirrófitas*. Aunque la mayor parte de las algas son microscópicas, aquí focalizaremos la atención en las plantas más grandes llamadas macroalgas.

El 90 por ciento de las algas verdes de la tierra viven en agua dulce. Del diez por ciento que vive en el mar, una -el alga calcárea (e.g. *Halimeda*, ver la Figura 2)-



Fig. 2

Halimeda discoidea, miembro del género más común en la costa caribe nicaragüense. Esta alga es importante productora de sedimentos carbonatados en la plataforma continental nicaragüense. (Tomado de Dawes, 1991)

es un importante productor de sedimentos en las aguas tropicales marinas que están super-saturadas con carbonato de calcio. En contraste con las algas verdes, las algas rojas (e.g. *Laurencia*) y las marrones (e.g. *Sargassum*) se encuentran exclusivamente en aguas salinas (Dawes, 1991). Ambas son de tamaño relativamente grande y proveen un habitat flotante a muchos pequeños invertebrados, como camarones y cangrejos, a lo largo de la plataforma (Stoner, 1985).

Aunque han habido pocos estudios científicos de las algas marinas en las aguas nicaragüenses, se sabe que al menos 99 especies están presentes en el Caribe nicaragüense (Mortimer, 1983; Phillips *et al.*, 1982; Ryan *et al.*, 1993). Los grupos más diversos son las algas rojas (47 especies), seguidos por las verdes (37 especies) y por último las marrones (22 especies). El Apéndice I provee una lista de las especies de algas reportadas para los Cayos Miskitos, Cayos Perlas y la isla grande del Maíz. La lista de los últimos dos lugares todavía no está completa y seguramente aumentará durante el presente año (1993), con la continuación de nuestras investigaciones.

Las macroalgas dominantes en la plataforma nicaragüense son miembros del género *Halimeda*, un tipo de alga calcárea verde. La importancia de las *Halimeda* puede ser apreciada cuando uno entiende que la mayor parte de los sedimentos encontrados a lo largo

de los extensos fondos duros de la plataforma (ver Ryan, 1992a, figura 4) están formados por material de carbonato de calcio producido por el alga cuando muere y se descompone. Un estudio reciente encontró montículos de sedimentos carbonatados de 20 a 140 metros en la parte norte de la plataforma, que pueden haber sido producidos por *Halimeda* (Hine *et al.* 1988). La presencia de estos sedimentos carbonatados transforma efectivamente los fondos duros bidi-mensionales en un habitat tridimensional, en el que una variedad de animales pueden encontrar refugio. Las *Halimeda* son también importantes productoras de material orgánico, que puede ser usado como fuente de alimentación. Phillips y sus colaboradores (Phillips *et al.*, 1982) encontraron que las *Halimeda incrassata* y

Halimeda capitatus eran predominantes entre las algas encontradas en los cayos Miskitos.

En las islas del Maíz, las comunidades de algas están dominadas por *Udotea* (ver la Figura 3), *Halimeda*, *Padina*, *Valonia*, *Dictyota* (ver la Figura 4), *Acetabularia* (Figura 5) y *Stygodium*, las cuales se encuentran en las partes superiores de los arrecifes (Ryan *et al.*, 1989). Un patrón similar ha sido descrito en los cayos Miskitos por Philipps *et al.* (1982). Vadas *et al.* (1982) encontraron abundancia de especies y variedad de patrones de algas bentónicas en los cayos, directamente relacionadas con la actividad herbívora de los erizos de mar. La variedad de erizo que controla las aguas someras y establece los patrones de distribución de

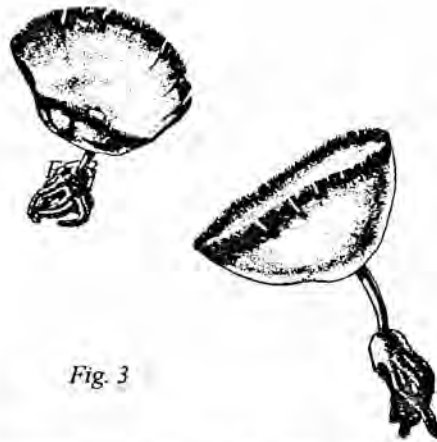


Fig. 3

Udotea cyathiformis, una de las algas verdes más típicas de la costa caribe nicaragüense. Esta especie alcanza longitudes de 5 a 12 cm. (tomado de Dawes, 1991). La base rizoidal frecuentemente tiene granos de arena adheridos que permiten su fijación a los sustratos blandos.

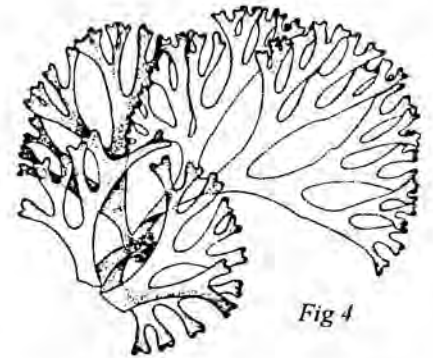


Fig. 4

Dictyota dichotoma, una de las algas feófitas (marrones) bastante común en la costa caribe nicaragüense. El tallo aplanado y dicotómicamente ramificado (A) crece por medio de una sola célula apical en la punta de cada rama (tomado de Dawes 1991).

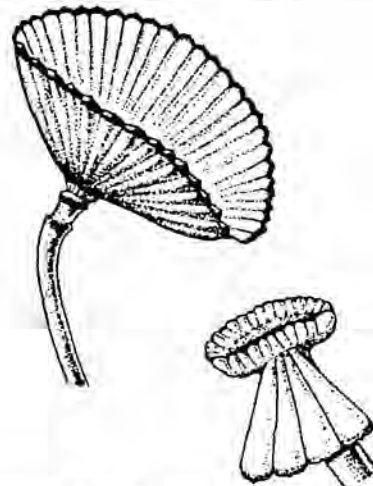


Fig. 5

Acetabularia crenulata, una de las algas verdes más común en la costa caribe nicaragüense. Este ejemplar tiene casi 7 cm. de largo (Dawes, 1991). Vive por lo general fija a los fragmentos de conchas, como se muestra en (C).

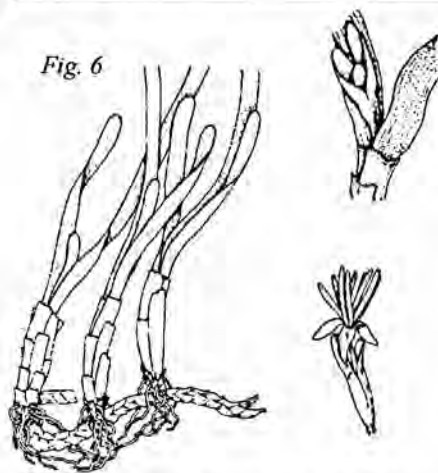


Fig. 6
Thalassia testudinum, el pasto más común en el gran caribe. En su parte vegetal (A) se encuentran las flores femeninas (B) y las masculinas (C) (Dawes, 1991).

las algas en los cayos Miskitos se denomina *Lytechinus variegatus*.

Pastos Marinos

Los pastos marinos (clasificados como angiospermas marinos) evolucionaron originalmente hace unos 200 millones de años en la tierra. A diferencia de sus parientes en los manglares y en las zonas intermareales, que viven justo encima de los niveles más bajos de la marea, los pastos marinos son las únicas plantas con flores que en la actualidad viven totalmente bajo el mar (Den Hartog, 1970). Su éxito evolucionario es impresionante, dado que menos del uno por ciento, de las 235 mil especies de angiospermas descritas en el planeta, han invadido y sobrevivido en las duras condiciones del mar (Dawes, 1991).

Aunque los pastos marinos están presentes desde las aguas subpolares hasta el ecuador, la diversidad de especies es más alta en los trópicos (como es el caso para la mayor parte de las formas de vida). El número más alto de especies de pastos ocurre en la actualidad en la región indo-oriental del Pacífico (con siete géneros), y en la parte inferior del Caribe¹. Siete géneros (con doce especies) existen en la región Indo-oriental del Pacífico, mientras que sólo cuatro (con sólo seis especies) en la plataforma nicaragüense y en otras partes del Caribe. Estas incluyen el pasto de tortugas (*Thalassia testudinum*), que recibe ese nombre porque las tortugas se alimentan de él, ver la Figura 6), el pasto de

1. La primera parte de un nombre científico es el género (e.g., *Thalassia*); la segunda es el nombre de la especie (e.g., *testudinum*).

manatí (*Syringodium filiforme*), el pasto de los bancos cubanos (*Halodule wrightii*, ver la Figura 7) y el *Halophila* (*Halophila engelmani*, *Halophila dicipiens*, y *Halophila johnsonii*). La sucesión de etapas parece ser *Halodule-Syringodium-Thalassia* (Phillips et al., 1982).

Como es de esperarse, el nivel más bajo de profundidad en el que plantas fotosintéticas como los pastos marinos crecen, está determinado en última instancia por la penetración de la luz del sol a través de la columna de agua. Hay estudios que han demostrado que cuando la luz es reducida experimentalmente los pastos marinos también tienden a disminuir sus tasas de crecimiento (Zieman y Wetzel, 1980). En aguas oceánicas claras de la plataforma nicaragüense los pastos pueden crecer a grandes profundidades, mientras que en aguas turbias como las de Laguna de Perlas están limitados a áreas que tienen menos de 2 metros (6 pies) bajo la superficie del agua. Aunque no ha habido estudios de la distribución de los pastos marinos en la mayoría de las diez lagunas internas que se siguen a lo largo de la costa, resultados preliminares de la Laguna de Perlas indican que hay parches de pasto de los bancos cubanos (*Halodule wrightii*) dispersos por todas partes, mientras que pastos de tortuga y manatí existen en lugares de mayor salinidad, a lo largo del canal de entrada (Ryan, 1992c).

Las comunidades más extensas de pastos marinos en la plataforma se encuentran en los cayos Miskitos (Figura 1), un banco carbonado que se eleva sobre la plataforma nicaragüense, con profundidades que oscilan entre uno y dieciocho metros (Phillips et al., 1982): Phillips y sus colaboradores encontraron la mayor diversidad de plantas en los arrecifes someros y en los escollos (0-3 metros), con niveles de diversidad intermedios entre tres y doce metros. La *Thalassia*, es la planta dominante en los niveles de profundidad inferiores a dos metros, mientras que una mezcla de *Thalassia* y *Syringodium* aparece entre los 2 y los 8 metros. El *Syringodium* es el pasto dominante en las aguas más profundas. La Figura 9 muestra el área de investigación alrededor de los cayos Morrison-Dennis, y la Figura 10, un perfil típico de la distribución de las especies de plantas marinas en esta área y en los Cayos Miskitos en general. La continuidad de los pastos marinos está interrumpida por numerosos parches de arrecifes (*Acropora palmata*, *Acropora cervicornis*, *Porites*)



y por cayos de manglares con lagunas internas. Las lagunas están cubiertas con pasto de tortuga (*Thalassia testudinum*) y pasto de los bancos cubanos (*Halodule wrightii*).

Al igual que en los Cayos Miskitos, *Thalassia* es el tipo de pasto dominante en las aguas someras (2 metros) de las islas del Maíz y de los Cayos Perla; a profundidades mayores, se encuentra una mezcla de *Thalassia* y *Syringodium* (Ryan, 1992b).

Relaciones ecológicas en las praderas marinas

Como mencionamos anteriormente, los arrecifes de coral y los pastos marinos han mantenido una relación muy antigua, que ha conducido a muchos animales marinos a desarrollar estrategias que re-

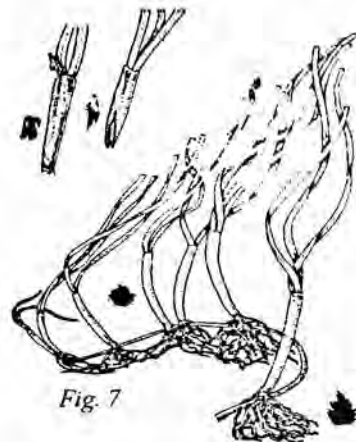
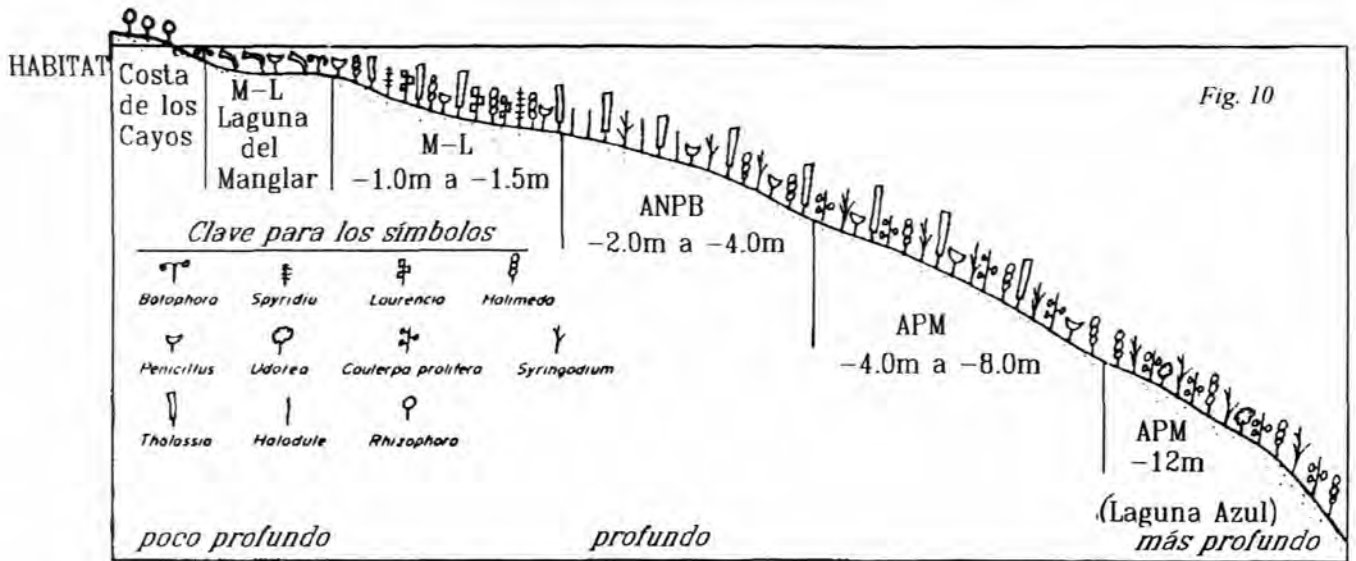


Fig. 7

Halodule wrightii, uno de los pastos marinos en las lagunas costeras y áreas no-profundas en el caribe nicaragüense. En su parte vegetal (A) se encuentran las flores masculinas (m) y las femeninas (f) (Dawes, 1991).



Perfil típico de la distribución de plantas en los cayos Miskitos.

quieren uno u otro de estos ecosistemas durante alguna parte de sus ciclos de vida. Los medioambientes marinos de la Plataforma Nicaragüense no son excepciones. Como juveniles, varias especies comercialmente importantes (tales como pargos, langostas y camarones) crecen rápidamente en la densa cobertura del manto de los pastos, hasta que se vuelven demasiado grandes para esconderse entre las hojas; entonces, se mudan a los arrecifes para buscar mayor protección. Como adultos, se esconden en las muchas hendiduras de los arrecifes durante el día, regresando bajo la cobertura de la noche a alimentarse en las ricas fuentes nocturnas de alimentos que abundan en su antigua cuna.

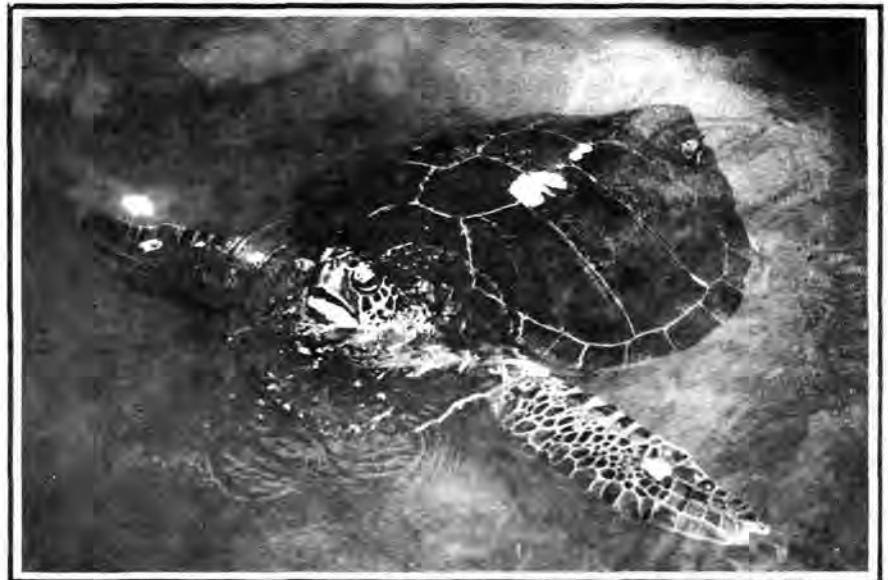
Al igual que con otros sistemas ecológicos, la supervivencia en el complejo pastos-arrecifes está controlada estrechamente por los predadores, las condiciones físicas y el éxito de las larvas.

Por millones de años, las fuerzas de la naturaleza han producido una mezcla maravillosa de camuflajes y comportamientos crípticos que están diseñados por la tensión entre comer y evitar ser comido. Esta estrategia parece exitosa, dado que una breve inspección de los pastos durante el día sugiere que hay muy poca actividad y escasos animales que puedan ser vistos. Pero un observador cuidadoso y paciente pronto se dará cuenta de movimientos sutiles y rápidos de un diverso conjunto de animales que se han adaptado

a esconderse en los pastos en presencia de la luz del sol. Los invertebrados, como camarones y cangrejos, se quedan pegados a las hojas y a las raíces durante el día para evitar a los siempre presentes predadores que están al acecho para obtener una comida fácil (Ryan *et al.*, 1978; Ryan y Livingston, en revisión).

Los predadores grandes, como la gran barracuda (*Sphraena barracuda*), esperan con paciencia una presa conspicua, cuyo tamaño le impida esconderse en la densa cobertura de las praderas. La mayor parte de los peces diurnos (los que son más

activos durante el día) están entre los predadores de más reciente evolución, y deben su éxito principalmente a sus estructuras de alimentación especializada, que les permiten explotar las abundantes epifitas y epifauna que viven en las hojas de los pastos. Estas adaptaciones morfológicas incluyen bocas relativamente pequeñas y pequeños ojos que emplean una visión cónica. Esta visión les permite observar su entorno en colores vivos. En realidad, esa especialización es un recurso importante para los peces que buscan presas crípticamente



coloreadas, que están camufladas para confundirse con su entorno.

Conforme el sol tropical baja en el horizonte de la tarde sobre el territorio de Nicaragua, la primera actividad en las praderas marinas comienza cuando se acerca el ocaso. Los peces diurnos huyen para protegerse durante la noche, mientras su visión coloreada se torna inútil con la creciente oscuridad. Ahora, los peces que ven bien a bajos niveles de luminosidad (usando visión de rodos), comienzan a activarse (McFarland y Munz, 1975). Durante el cambio entre especies diurnas y nocturnas, las aguas marinas de todo el planeta experimentan el fenómeno conocido como "el periodo de calma" (Hobson, 1975). Este fenómeno ocurre alrededor de una hora antes de que el sol se oculte por la tarde, y en la mañana una hora después del amanecer. En este tiempo, los llamados "predadores crepusculares" tienen su mejor visión, y por eso son más peligrosos para los otros peces. Estos predadores crepusculares tienen un sistema de visión dual (tanto rodos como conos), que les permiten funcionar mejor en las horas crepusculares, cuando los peces estrictamente diurnos o nocturnos se están ajustando a los cambios en el nivel de luminosidad (Hobson, 1975; McFarland y Munz, 1975; Ryan y Livingston, en revisión). Confundidos y desorientados, estos peces no se mueven muy lejos de su refugio. Un mínimo error, y los finalmente evolucionados predadores crepusculares obtienen su comida.

Después que la noche oscurece al mar, los predadores crepusculares pierden su ventaja y las praderas marinas se transforman en una zona de gran actividad. Invertebrados como las langostas y los erizos de mar, que durante el día estaban ocultos en los arrecifes, dejan sus lugares de refugio y se mueven libremente dentro de las praderas. Los peces comienzan a llegar de los arrecifes adyacentes, especialmente los bancos de pargos (*Lutjanus*), meros (*Mycteroperca*, *Epinephilus*, *Centropristis*), peces roncadores (*Haemulon*), carajuelos (*Holocentrus*) y otros predadores se mueven en la oscuridad hacia las praderas de pastos para alimentarse. Muchos siguen esa misma ruta, de los arrecifes a su lugar de alimentación preferido, noche tras noche (Hobson, 1975; Heck y Weinstein, 1989).

Conforme el sol se levanta, el antiguo proceso se repite: los peces que se alimentan durante el día se activan y,

gradualmente, ceden sus lugares de escondite a los predadores nocturnos que regresan. En el proceso, grandes concentraciones de nutrientes que están depositados en los arrecifes en forma de materiales defecados restituyen una fuente de alimentación para micro-consumidores que ayudan a hacer funcionar el ecosistema.

Aspectos biológicos de los pastos marinos

Los pastos marinos son los productores primarios de alimentos en los relativamente estériles océanos del mundo. Frecuentemente aportan una buena proporción de la producción de carbono en los ecosistemas costeros, los cuales a su vez brindan comida, refugio y habitat para muchas especies marinas. La productividad biológica registrada para los pastos marinos tropicales es una de las más altas reportadas para comunidades naturales en cualquier parte de la tierra (Hatcher *et al.*, 1989; Virnstein *et al.*, 1984). Este punto aparece ilustrado en la Tabla 1, donde los niveles de productividad (medidos en carbono producido en un día por metro cuadrado) son comparados para tres grupos de algas que se encuentran en el océano abierto (recuérdese que las zooxanthellae viven en el tejido de los corales), y los pastos más abundantes en la plataforma (*Thalassia*).

TABLA 1: Comparación de la productividad primaria (en gramos de carbono por metro cuadrado por día) de diferentes plantas marinas, mar adentro (tomado de Dawes, 1991).

HABITAT O PLANTA	PRODUCTIVIDAD (gC/m ² /día)
Mar adentro	0.1 - 0.35
Algas zooxantelas de corales	17.0
Pasto (<i>Thalassia</i>)	9.0-12.5
Algas carnosas y filamentosas	3.3
Algas coralinas costrosas	2.7

Por consiguiente, las plantas marinas forman la base alimentaria (en la forma de carbohidratos productores de carbono) para los peces y los invertebrados que viven en los arrecifes y en otros me-

dio-ambientes en la plataforma. Esto está bien ilustrado, en lo que concierne los peces, en los estudios de Fry sobre los Cayos Miskitos, donde se encontró que las plantas bentónicas producen entre 48 y 76 por ciento del carbono encontrado en los peces que habitan tanto en los pastos marinos como en los arrecifes de coral adyacentes (Fry *et al.*, 1982).

El carbono producido a través de fotosíntesis es transferido de las plantas bentónicas a los predadores mayores, a través de tres niveles tróficos principales: el consumo directo de los pastos vivos (consumo primario), microorganismos que consumen materia orgánica producida por los pastos, y por los consumidores de detritos, que convierten la materia muerta de las plantas en energía para los consumidores de más alto nivel. A su vez, esos animales sirven de presa para numerosos consumidores secundarios que viven en los arrecifes.

La tortuga verde, *Chelonia mydas*, amenazada de extinción, es probablemente el principal consumidor de *Thalassia* en la Plataforma Nicaragüense. Se cree que hasta el 80 por ciento de todas las tortugas verdes que sobreviven en el Atlántico y el Caribe viven y se alimentan de pastos marinos en las extensas praderas de pastos a lo largo de la plataforma (Carr *et al.*, 1978; Mortimer, 1983).

Sorprendentemente, el consumo directo de plantas vivas es raro en los océanos, excepto en el Caribe; y aun ahí, únicamente el 30 por ciento de las especies animales se alimentan directamente de los pastos. Sólo la tortuga verde (*Chelonia mydas*) (Mortimer, 1981), el manatí (*Trichechus manatus*) y un número reducido de invertebrados (erizos de mar, *Lytiechinus Diadema*, concha, *Strombus*) y peces (*Acanthurus* y *Sparisoma*) comen plantas directamente. Esto puede ser explicado, en forma parcial, por los altos niveles de material indigesto en las paredes celulares de estas plantas, por los compuestos tóxicos o inhibidores, y por el bajo contenido de nitrógeno en los pastos (Thayer *et al.*, 1980).

Las plantas pequeñas (denominadas epifitas, las cuales incluyen microalgas y diatomeas) y los animales pequeños (englobados bajo el término epifauna, que incluye a los camarones pequeños, los anfipodos y los gusanos) se aprovechan del espacio creado por la extensa superficie (la cual provee cerca de 20 veces más área de

superficie que los habitats sin vegetales) en los bordes de las hojas. La epifauna que vive en las hojas probablemente se alimenta de algas epifíticas (Hatcher *et al.*, 1989), creando una fuente adicional de energía en la pradera de pastos.

Los caminos tróficos restantes ocurren bajo las láminas de las hojas de pastos, donde una intrincada red de rizomas y raíces retiene sedimentos finos y crea en el fondo un medio-ambiente orgánicamente rico. Ahí, una fauna bentónica compleja, que incluye bacterias, hongos y pequeños invertebrados (e.g., camarones, anfipodos y cangrejos), explota el rico material de desecho depositado justo encima de las raíces. Los hongos y las bacterias son extremadamente abundantes en las praderas marinas, y forman una importante fuente de alimentos para los habitantes de los sedimentos (Ogden, 1980).

La transferencia de energía de los herbívoros y los consumidores de detritos a los predadores, es probablemente llevada a cabo entre los dos sistemas por los peces adultos y los invertebrados. Muchos viven en los arrecifes durante el día, y emigran para alimentarse de las abundantes presas invertebradas que se activan en las praderas cercanas durante la noche. Esta transferencia ocurre a través de materiales defecados que, a su vez, son reciclados por las bacterias y consumidores de carroña, y regresado luego al sistema.

Al igual que los corales, los pastos proveen estructura a lo largo de una plataforma por lo demás plana y sin rasgos característicos (Ryan, 1992a). Como insectos atraídos por la luz, las tortugas marinas, los peces, langostas y otros invertebrados, concurren a las láminas verdes que se alzan de sus raíces en el fondo de la plataforma. Esta estructura se ha vuelto tan importante para la supervivencia que muchos animales marinos tienen que pasar parte de su ciclo de vida en los pastos (Heck y Weinstein, 1989). Las praderas marinas, por consiguiente, proveen importantes áreas de vivero, ricas reservas de alimento y protección contra los predadores oceánicos. Hay muchos estudios que han demostrado que la abundancia de invertebrados y peces es mucho más alta en áreas con vegetación que con habitats simples tal como fondos arenosos (Orth *et al.*, 1984; Ryan and Livingston, manuscrito en revisión).

La función de vivero es debida principalmente al refugio relativamente seguro que proporcionan los pastos a los ani-

males jóvenes, y a las ricas fuentes de alimentos (en la forma de algas y detritos) que producen un rápido crecimiento animal (Ogden, 1980; Roblee y Zieman, 1984). Algunos animales, por ejemplo los cobos (*Strombus gigas*) y los erizos de mar comestibles (*Tripeustes*) viven en los pastos a lo largo de todo su ciclo vital. Otros como las langostas (*Penaeus duorarum*), los peces roncadores (*Haemulon spp*) y los pargos (*Lutjanus y Ocyurus spp*), pasan allí sólo parte de sus vidas.

El dosel de los pastos marinos forma un refugio tri-dimensional, que puede proteger con facilidad a animales menores de 15 centímetros, pero no a los de más de 20 centímetros, los cuales no pueden ocultarse entre las hojas. Por consiguiente, los peces pos-larvales (e.g., roncadores y pargos) y las langostas jóvenes pasan una buena parte del tiempo en las praderas marinas, hasta que se hacen demasiado grandes para ser protegidos. Después que sobrepasan el tamaño adecuado para ser amparados por la cobertura disponible, se mueven a los arrecifes, donde consiguen un mejor resguardo.

Es interesante ver que las langostas, los roncadores y pargos, ya adultos, regresan continuamente bajo la protección de la noche a su antigua cuna, para explotar las ricas presas invertebradas que se activan en la oscuridad, en las praderas marinas.

Aspectos físicos de los pastos marinos

Las hojas de los pastos marinos disminuyen la velocidad de las corrientes de agua que pasan a través de las praderas. Esto hace que los sedimentos suspendidos, junto con el material orgánico e inorgánico asociado, queden atrapados. Estos constituyentes también se convierten en alimentos para los pastos y los microbios asociados que viven entre los sedimentos que rodean el sistema de raíces. Es en estos ricos sedimentos del fondo que los pastos toman la mayor parte de sus nutrientes. También, las raíces de los pastos pueden producir nitrógeno, el cual es considerado el principal nutriente limitante² en el océano (Zieman y Wetzel, 1980).

2. Aunque hay muchos desacuerdos sobre la definición de este término entre los científicos, es suficiente decir que los nutrientes limitantes son los esenciales para el crecimiento y la supervivencia.

Las raíces y los rizomas forman una compleja alfombra que retiene los sedimentos del fondo e impide la erosión. En realidad, estas alfombras de pastos marinos son tan fuertes que durante las tormentas pueden reducir en forma sustancial el impetu de las olas. Generalmente los huracanes tienen sólo efectos menores en las praderas marinas, aunque pueden dañar en forma seria los corales y los manglares. Sin embargo, al atrapar y estabilizar con su sistema de raíces los sedimentos, las praderas marinas reducen la abrasión y el recubrimiento de los arrecifes durante estas tormentas. Por su parte los pastos marinos dependen de los arrecifes como barreras hidrodinámicas que disipan la energía de las grandes olas. Hay estudios que han demostrado que la que estructura de los pastos marinos se expande bajo la presencia de arrecifes de coral (Vadas *et al.*, 1982).

La estabilidad física de los pastos marinos es también responsable de proveer alimento y comida a una variedad de animales. Retienen los sedimentos, reducen las corrientes, proveen sombra y modifican la temperatura del agua.

Amenazas de la polución

Desde una perspectiva ecológica se puede ver que los arrecifes de coral deben mucho de su gran diversidad faunística y productividad a los pastos que los bordean y a las algas asociadas, que sirven como áreas de vivero a peces juveniles de los arrecifes y a invertebrados así como campos de alimentación nocturnos por predadores mayores. Esta relación, que ha sido afinada a lo largo de millones de años, resulta en una notable corriente de energía entre estos dos importantes ecosistemas tropicales. Físicamente, los pastos marinos reducen las olas y protegen la línea costera de la erosión y, los arrecifes, de la sedimentación. Por consiguiente, cualquier degradación de un ecosistema puede tener consecuencias devastadoras en la productividad del otro.

A lo largo de los océanos del mundo, los pastos marinos están deteriorándose, debido a la deforestación en la tierra, la sobreexplotación de la pesca y el aumento de la entrada de desperdicios humanos. Al igual que para los corales, no necesitamos mirar más allá de áreas cercanas a la costa en la RAAS para ver praderas marinas deterioradas. La sedimentación hace decrecer la penetración de la luz solar y reduce el nivel de crecimiento de las plan-

APENDICE I
LISTA DE PLANTAS MARINAS EN LA COSTA CARIBE NICARAGUENSE
 (CM=Cayos Miskitos; CI=Corn Island; CP=Cayos Perla).

	CM	CI	CP
I. PASTOS MARINOS			
<i>Halodule wrightii</i>	X		X
<i>Halophila decipiens</i>	X	X	
<i>Syringodium filiforme</i>	X	X	X
<i>Thalassia testudinum</i>	X	X	X
II. ALGAS MARINAS			
A. Clorófitas			
<i>Acetabularia crenulata</i>			X
<i>Acetabularia</i> sp	X	X	
<i>Anadyomene stellata</i>	X	X	X
<i>Arainvillea asanfolia</i>	X		
<i>Batophora oerstedii</i>	X		
<i>Caulerpa ashmeadii</i>	X		
<i>C. cupressoides</i>	X	X	X
<i>C. mexicana</i>	X	X	X
<i>C. paspaloides</i>	X		
<i>C. prolifera</i>	X	X	X
<i>C. racemosa</i>	X	X	X
<i>C. sertularioides</i>	X	X	X
<i>Cladocephalus luteofuscus</i>	X		
<i>Cladophora</i> sp.	X		
<i>Cladophoropsis macromeres</i>	X		
<i>Codium isthmocladum</i>	X	X	X
<i>C. spongiosum</i>	X		
<i>Dictyosphaeria cavernosa</i>	X	X	X
<i>Halimeda discoidea</i>	X	X	X
<i>H. incrassata</i>	X	X	X
<i>H. monile</i>	X		
<i>H. opuntia</i>	X	X	X
<i>H. tuna</i>	X	X	X
<i>Penicillus capitatus</i>	X	X	X
<i>P. dumetosus</i>	X	X	X
<i>P. pyriformis</i>	X	X	X
<i>Rhizocephalus phoenix</i>	X	X	
<i>Rhizoclonium hookeri</i>	X		
<i>Udotea cyathiformis</i>	X		
<i>U. flabellum</i>	X	X	X
<i>U. occidentalis</i>	X	X	
<i>U. verticillosa</i>	X		
<i>U. wilsoni</i>	X		
<i>Udotea</i> sp	X	X	X
<i>Valonia ventricosa</i>	X	X	X
B. Feófitas			
<i>Dictyopteris delicatula</i>	X		
<i>Dictyota dichomata</i>	X	X	

	CM	CI	CP
<i>D. divaricata</i>	X	X	
<i>D. indica</i>	X		
<i>D. linearis</i>	X		
<i>D. ciliolata</i>	X		
<i>Dilophus alternans</i>	X		
<i>Lobophora variegata</i>	X		
<i>Padina sanctae-crucis</i>	X		
<i>P. jamaicensis</i>	X	X	
<i>P. boergesenii</i>	X		
<i>Sargassum filependula</i>	X		
<i>S. fluitans</i>	X	X	X
<i>S. hystrix</i>	X		
<i>S. natans</i>	X	X	X
<i>S. polyceratum</i>	X		
<i>S. vulgare</i>	X		
<i>Sporochnus pedunculatus</i>	X		
<i>Stypodium zonale</i>	X	X	X
<i>Turbinaria tricostrata</i>	X	X	
<i>Turbinaria turbinaria</i>	X		

C. Rodófitas

<i>Amansia multifida</i>			X
<i>Arcohaetium</i> sp	X		
<i>Acanthophora spicifera</i>	X		
<i>Amphiroa fragilissima</i>	X		
<i>Antithamnion</i> spp	X		
<i>Asparagopsis taxiformis</i>	X		
<i>Bostrychia binderi</i>	X		
<i>B. calliptera</i>	X		
<i>B. tenella</i>	X		
<i>Catenella repens</i>	X		
<i>Centroceras clavulatum</i>	X		
<i>Ceramium byssoideum</i>	X		
<i>Ceramium</i> sp	X		
<i>Champia parvula</i>	X		
<i>Chondria</i> sp	X		
<i>Chrysiomenia enteromorpha</i>	X		
<i>Corallina cubensis</i>	X		
<i>Corynomorpha clavata</i>	X		
<i>Crouania attenuata</i>	X		
<i>Dasya bailouvania</i>	X		
<i>D. corymbifera</i>	X		
<i>D. harveyi</i>	X		
<i>Daysa</i> sp	X		
<i>Euchema isiforme</i>	X		
<i>Fosliella lejolisii</i>	X		
<i>Galaxaura squalida</i>	X		

	CM	CI	CP
<i>Gracilaria verrucosa</i>	X	X	
<i>G. curtssiae</i>		X	
<i>Halymenia floresia</i>	X		
<i>Herposiphonia pecten-veneris</i>	X		
<i>H. secunda</i>	X		
<i>Hypnea cervicornis</i>	X		
<i>H. coronata</i>	X		
<i>Hypoglossum tenuifolium</i>	X		
<i>Jania adhaerens</i>	X		
<i>J. capillacea</i>	X		
<i>J. plumula</i>	X		
<i>Kallymenia limminghi</i>	X		
<i>Laurencia brongniartii</i>	X		
<i>L. obtusa</i>	X	X	
<i>Neogardhiella baileyi</i>	X		
<i>Polysiphonia macrocarpa</i>	X		
<i>Phormidium coralietiu</i>		X	
<i>Spyridia filamentosa</i>	X		
<i>Wrightiella tumanowiczi</i>	X		
<i>Wurdemannia miniata</i>	X		

D. Cianófitas

<i>Calothrix crustacea</i>	X		
<i>Microleus lyngbyaceus</i>	X		

NOTA: La lista de especies de los Cayos Miskitos es de Phillips *et al.* 1978; la de las plantas de la Isla de Maíz y de los Cayos Perla, de la investigación preliminar del autor. Esta última es una lista parcial, debido a que la investigación en estas áreas no ha sido completada sino que continuará el resto del año.

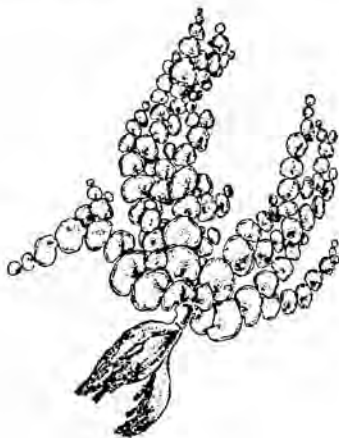


tas y, eventualmente, la productividad decrece. Se cree que los desperdicios humanos son responsables del deterioro de los pastos marinos alrededor de Corn Island (Ryan et al., 1993).

La destrucción física es también causada por las redes de arrastre para peces. Los pescadores artesanales, que usan redes de arrastre de nutria, un tipo de red que se arrastra a lo largo de los sedimentos de los fondos, están dañando los pastos marinos de la Laguna de Perlas; mientras que los barcos extranjeros más grandes, que usan enormes redes barrederas, están dañando los pastos en la plataforma. Durante el proceso de pesca con redes de arrastre, muchos animales juveniles, que son el banco para futuras generaciones, son destruidos (Ryan, 1992c).

Con la creciente presión que se está imponiendo en los recursos y los medioambientes marinos del Caribe nicaragüense, la necesidad de desarrollar una serie sistemática de leyes racionales (que se apliquen estrictamente) es aún mayor ahora que nunca, no sólo para proteger los habitats productivos de la costa que mantienen la diversidad en la plataforma, sino también para asegurar que hayan abundantes recursos pesqueros para las futuras generaciones de pescadores costeros •

3. Aunque hay mucho desacuerdo sobre la definición de este término entre los científicos, es suficiente decir que los nutrientes limitantes son los esenciales para el crecimiento y la sobrevivencia.



APENDICE 2: INVENTARIO DE CORALES EN LAS AGUAS DE CORN ISLAND.

Acropora palamata	Millipora complanata
A. cervicomis	M. squarrosa
Agaracia agaicitis	Montastrea annularis
Agaracia spp	M. cavernosa
A. tenuifolia	Mycetophyllia ferox
Briareum asbestinum	Muricea atlantica
Colpophyllia natans	Muricea sp
Dendrogyra cylindrus	Mussa angulosa
Diploria cavernosa	Palythoa mammilosa
D. labyrinthiformis	Plexaura homomalla
D. strigosa	P. flexuosa
Erythropodium caribaeorum	Porites asteroides
Eunicia mammosa	P. branneri
E. succinea	P. porites
Eunicia sp	Pseudopterogorgia americana
Eusmilia fastigiata	P. bipinnata
Favia fragum	Pseudopterogorgia sp
Gorgonia ventalina	Pterogorgia citrina
Leptoseris cucullata	Siderастea radians
Madracis formosa	S. siderea
M. pharensis luciphila	

(Ryan et al. 1993)

BIBLIOGRAFIA

- Carr, A. M. H. Carr, and A. B. Meylan (1978). "The ecology and migrations of sea turtles: 7. The West Caribbean green turtle colony". En *Amer. Museum of nat. History* 162: 1-4
- Dawes (1991). *Botánica Marina*, Editorial LIMUSA, Mexico, 671p.
- Den Hartog, C. (1970). "Origin, evolution and geographical distribution of the sea-grasses". En *Seagrasses of the World*, C. den Hartog (ed), North Holland Press, 275 pp.
- Fry, B., R. Lutes, M. Northam and P. Parker (1982). "A $^{13}\text{C}/^{14}\text{C}$ comparison of food webs in Caribbean seagrass meadows and coral reefs." En *Aquatic Botany* 14: 389-398.
- Hatcher, B.G., R.E. Johannes, and A.I. Robertson (1989). "Review of Research Relevant to the Conservation of Shallow Tropical Marine Ecosystems". En *Oceanogr. Marine Biology Annual Review*, 1989: 337-414
- Heck, K.L. and M. Wwinstein (1989). "Feeding Habits of Juvenile Reef Fishes Associated With panamanian Seagrass Meadows". En *Bulletin of Marine Science* 45(3): 629-636.
- Hobson, E.S. (1975). "Feeding patterns Among Tropical Reef Fishes". En *American Scientist* 63: 382-392.
- Hine, A.C., P. Hallock, M. Harris, D. Belknap and W. Jaap (1988). "Halimeda bioherms along an open seaway: Miskito channel, Nicaraguan rise, SW Caribbean Sea." En *Coral Reefs* 6: 173-178.
- MacFarland, W. and F. Munz (1975). "The Evolution of Photopic Visual Pigment in Fishes". En *Vision Research* 15: 1071-1080.
- McCoy and K. Heck (1976). "Biogeography of Corals, seagrasses and mangroves: An alternative to the center of origin concept". En *Systematic Zoologist* 25: 201-210.
- Mortimer, J. (1983). "The feeding ecology of the West Caribbean Green Turtle (*Chelonia mydas*) in Nicaragua". En *Biotropica* 13: 49-58.
- Ogden, J.C. and J. Zieman (1977). "Ecological aspects of coral-reef seagrass bed contacts in the Caribbean". En *Proceedings Intl. Coral Reef Symposium* 3: 377-382.

- Ogden, J.C. (1980). "Faunal relationships in Caribbean seagrass beds". En: **Handbook of Seagrass Biology: An Ecosystem Perspective**, R.C. Phillips and C.P. McRoy (eds.), Garland STPM Press, NY, pp 173-198.
- Orth, R.J., K.L. Heck, and J. van Montfrans (1984). "Faunal Communities in Seagrass Beds: A Review of the influence of Plant Structure and Prey Characteristics on Predator-Prey Relationships". En **Estuaries** Vol.7 (4a): 339-350
- Phillips, R.C., R.L. Vadas and J.C. Ogden (1982). "The marine algae and seagrasses of the Miskito Bank, Nicaragua". En **Aquatic Botany** 13: 187-195.
- Roblee, M. and J. Zieman (1984). "Diel Variation in the Fish Fauna of a Tropical Seagrass Feeding Ground". En **Bulletin of Marine Science** 34(3): 335-345.
- Ryan, J.D. (1992a) "Medioambientes marinos de la Costa Caribe de Nicaragua". **Wani** 12: 35-47.
- Ryan, J.D. (1992b). "Los Arrecifes del Caribe Nicaragüense". **Wani** 13:35-52
- Ryan, J. (1992c). "Marine Conservation and Management Program for the Central Nicaraguan Coast". En **Cees Contribution No. 2379 e Informe Técnico para IRENA**.
- Ryan, J., K. Leber, H. Greening A. Stoner, and R.J. Livingston (1978). "Diel Predator-Prey relationships in a sub-tropical seagrass meadow". En **Estuarine Processes**, Wiley Press, V. Kennedy (ed.)
- Ryan, J., A. Rudloe, and J. Rudloe (1989). "Effects of Hurricane Joan on coral reefs, seagrass meadows and associated marine fauna near Corn Island, Nicaragua". En **Greenpeace Special Report**.
- Ryan, J., W. Jaap, J. Cortes and L. Miller (1993). "Coral reef degradation due to groundwater contamination in a small island aquifer: Corn Island, Nicaragua". **Informe a IRENA y NORAD**.
- Ryan, J. and R.J. Livingston (In Review). "Diel Community Structure of Fishes in a Subtropical Seagrass Meadow". En **Environmental Biology of Fishes**, 12pp.
- Vadas, R.L., T. Fenchel, and J. Ogden (1982). "Ecological studies on the sea urchin, *Lytechinus variegatus*, and the algal - seagrass communities of the Miskito Cays, Nicaragua". En **Aquatic Botany** No. 14: 109-125.
- Zieman, J. and R. Wetzel (1980). "Productivity in seagrasses: Methods and rates". En **Handbook of Seagrass Biology: An Ecosystem Perspective**, R.C. Phillips and C.P. McRoy (eds.), Garisco Reports in Marine Science #23, 133 pp.



FOTO: JUDITH SANDOZ VAL

Corn Island, 1989.