

Por JOE RYAN (1)

# MEDIOAMBIENTES MARINOS DE LA COSTA CARIBE DE NICARAGUA

(Primera Parte)

**L**a aislada costa este de Nicaragua (Figura 1) es un mosaico de medioambientes biológicamente ricos y fisiográficamente diversos que se suele encontrar a lo largo de la costa de Centroamérica. Sin embargo, tres rasgos importantes distinguen la Costa Caribe nicaragüense de otros medio ambientes a lo largo del istmo: la magnitud de la lluvia y el caudal de los ríos, la amplia plataforma continental y una pesca marina insuficientemente cosechada.

Aunque la mayor parte de los medioambientes costeros son clasificados en términos generales como marinos y salobres, la Costa Caribe nicaragüense se comprende mejor distinguiendo tres principales zonas geográficas: los humedales costeros (ríos, lagunas y bahías), la capa límite costera (un masivo cuerpo de agua salobre y turbia cercano a la costa) y la plataforma nicaragüense (incluyendo los cayos de coral, las islas atolones y la vasta provincia carbonada del fondo) que se extiende desde la costa hasta el borde de la plataforma continental.

Los humedales están casi exclusivamente restringidos al interior, donde las lluvias torrenciales inundan anchos ríos que drenan el 90 por ciento de las aguas fluviales del país (Leonard 1981). Serpenteando hacia el Caribe a través de las vastas tierras bajas de la zona, estos ríos caudalosos introducen constantemente nutrientes y materiales orgánicos a una serie de lagunas costeras y estuarios a lo largo de la Costa.

Estos constituyentes riverinos son a su vez filtrados y convertidos en fuentes energéticas biológicamente útiles por plantas y animales de los humedales. La estructura física que ofrece la vegetación de los humedales también provee habitats importantes para muchos recursos vivien-

tes, que forman la base ecológica para la pesca cercana a la orilla (e. g., Kjerfve 1990).

Los humedales de la costa este de Nicaragua son extensos y muy probablemente de alta productividad biológica. Estudios realizados en otras partes han demostrado que los humedales cercanos a las orillas costeras que reciben lluvias abundantes y aguas fluviales se caracterizan por una alta productividad biológica (Deegan et al. 1986). En general, los sistemas marinos tropicales con alta productividad biológica producen mayores rendimientos pesqueros que contrapartes de menor productividad biológica (Quassim y Wafar 1990).

Inmediatamente después de la orilla, la capa límite costera (CLC) refleja una extensión de los procesos físicos de la lluvia cercana a la orilla y el flujo de los ríos (Figura 1, Pg. ). La serpenteante CLC define una clara frontera entre las turbias aguas costeras y el azul Caribe abierto. Aunque la composición exacta de sus aguas es desconocida, la CLC consiste básicamente de aguas fluviales no filtradas, residuos de plantas y sedimentos suspendidos. La composición en especies, la función ecológica y la productividad biológica de la CLC no se conocen.

La tercera zona biológica en la costa es la extensa plataforma marina nicaragüense, la más amplia en el Caribe (Figura 2, Pg. 37 ). A diferencia de los ambientes cercanos a la orilla, la plataforma recibe pocos nutrientes externos. La producción está altamente localizada y ocurre dentro de tres de los ecosistemas más productivos del mundo —arrecifes de coral, pastos marinos y manglares. Estos aparecen como remansos en la plataforma, y en gran parte ocupan áreas de indistintos fondos arenosos, cubiertos con parches de algas calcáreas.

Al igual que con los humedales, las estructuras físicas de los diferentes ambientes de la plataforma proveen comida, refugio y habitat para muchas especies comercialmente importantes (Nietschmann 1973; Roberts and Murray

1. Center for Environmental and Estuarine Studies, University of Maryland, y Escuela de Ecología y Recursos Naturales, Universidad Centroamericana.

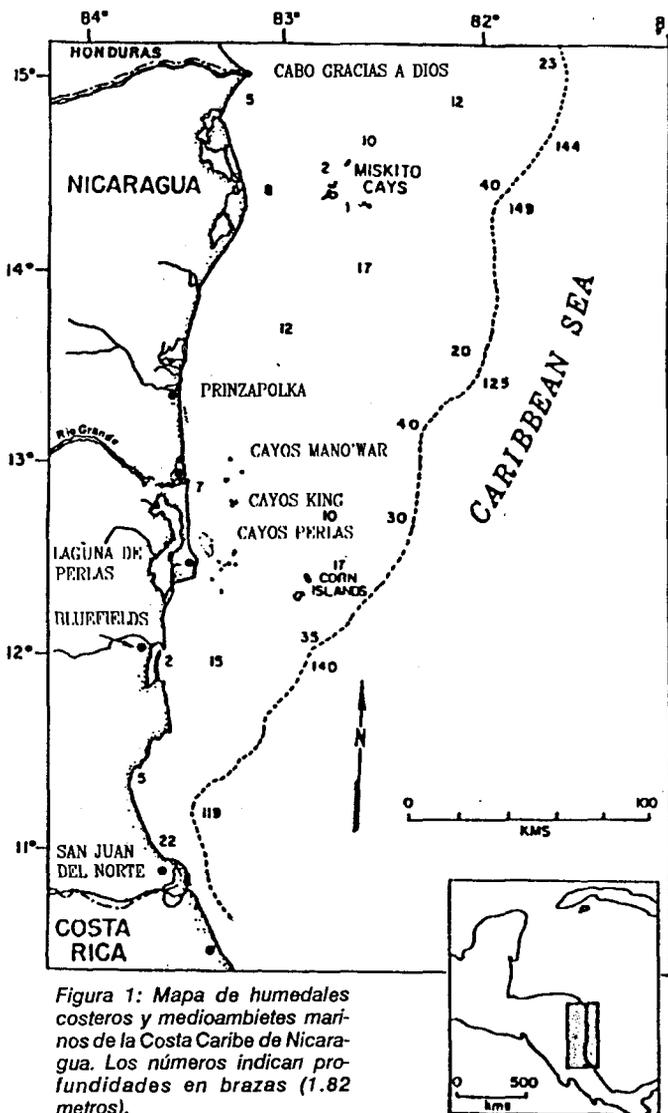


Figura 1: Mapa de humedales costeros y medioambientes marinos de la Costa Caribe de Nicaragua. Los números indican profundidades en brazas (1.82 metros).

1983; Philips et al. 1982; Ryan et al. 1989). Entre los recursos marinos importantes están la langosta, los camarones, pargos, jureles y meros, al igual que varias especies de tortugas en peligro de extinción.

Los medioambientes de la plataforma ofrecen una interesante paradoja biológica. Las aguas circundantes son bajas en nutrientes y, sin embargo, la productividad en los arrecifes y los pastos marinos es alta, debido al intenso reciclaje de la producción de nutrientes *in situ*, que es bloqueada en una amplia medida por las plantas y animales asociados. Los corales y los pastos marinos se caracterizan también por una alta diversidad de especies, baja tasa de rotación y un proceso de crecimiento lento (Birkeland 1990), que los hace vulnerables a las influencias humanas tales como la erosión, contaminación y la sobreexplotación de recursos. A la inversa, las lagunas tropicales ricas en nutrientes y los humedales de la costa continental son en gran medida más resistentes, y sus especies residentes tienden a tener procesos de crecimiento rápidos, baja diversidad y alto número de organismos individuales.

Tomando en cuenta que ha habido relativamente poca explotación de sus recursos debido a diez años de guerra, el área tiene que ser una de las pesquerías marinas menos cosechadas en el Caribe y tal vez en el mundo. Es clave reconocer la gran importancia de desarrollar un plan de manejo sostenible para estos recursos. Si no se empieza ya, seguramente se van a perder.

Más allá de esta información cursoria, se sabe relativamente poco de la ecología de los ecosistemas marinos de la Costa Caribe de Nicaragua, así como de su importancia relativa en el sustento de la importante pesquería costera. Sin esa información, la tarea de administrar la insuficientemente cosechada pesquería costera de manera sostenible se hace difícil, y se corre el gran peligro de repetir los errores de manejo de los recursos que se han cometido en otras partes del mundo.

Por ejemplo, cosechar peces de un sistema con tasas rápidas de crecimiento (que reemplaza las pérdidas debidas a la presión pesquera) tendría un impacto menor en la pesca, que tomar peces de un sistema balanceado frágilmente, donde los peces tienen una vida larga y los nutrientes internos se reciclan en tejidos vivos. Estas diferencias ecológicas fundamentales entre los medioambientes cercanos a la orilla y los que están distanciados, tienen que ser tomadas en consideración cuando se desarrollen las estrategias de administración pesquera.

El presente artículo es una reseña general de los pocos estudios científicos relevantes para la costa central—específicamente, la Región Autónoma del Atlántico Sur (RAAS)—, y se propone proporcionar una mejor comprensión de esta remota y espectacular región del Caribe. Aquí voy a centrar la atención sobre la información disponible sobre tres aspectos predominantes de la Costa: los humedales costeros, la CLC y la plataforma marina. Información más detallada sobre habitats específicos dentro de cada una de esas zonas geográficas será publicada en artículos subsiguientes.

## LOS HUMEDALES COSTEROS

### Ríos

La Costa Caribe nicaragüense (Figura 1) es un componente mayor de las más amplias tierras bajas costeras en la parte central de América (Leonard 1981). La lluvia es uno de los factores físicos más importantes que le dan forma a la fisiografía de la Costa. Con una precipitación pluvial estimada entre los cuatro y siete metros anuales, la región tiene uno de los mayores índices de precipitación pluvial del mundo.

Las lluvias abundantes resultan de interacciones entre el aire cálido y húmedo de la capa límite atmosférica, y la relativamente poco profunda, amplia plataforma continental nicaragüense (descrita en la siguiente sub-sección). Las aguas poco profundas de la plataforma son continuamente calentadas por la intensa radiación solar y el clima tropical. Corrientes de aire más frías, provenientes del Caribe, pasan por encima de las masas de aire húmedas y cálidas de la plataforma. Juntas, se entremezclan y se elevan en la atmósfera donde se hacen inestables y se condensan hasta la saturación. El efecto se amplía cuando estas masas de aire cuasi-saturadas son empujadas hacia la tierra por fuertes vientos sobre la húmeda Costa Caribe de Nicaragua.

Catorce ríos primarios (Tabla 1, pg. 38) drenan los inclinados suelos volcánicos de la Nicaragua occidental. El 90 por ciento de la cuenca del país ( $117 \times 103 \text{ km}^2$ ) es drenada en el Caribe a través de esos ríos (Leonard 1981), los cuales descargan inmensos volúmenes de agua dulce y sedimentos suspendidos a lo largo de 450 km de costa.

Por ejemplo, la descarga anual acumulada de agua de todos los ríos ( $1.54 \times 10^{11} \text{ M}^3$ ) es equivalente a la mitad de la descarga de todos los ríos de la Costa Atlántica de los Estados Unidos. Esto sugiere que la cuenca del Caribe de Nicaragua recibe tres veces más agua dulce por unidad de longitud de la línea costera que la plataforma atlántica estadounidense en su conjunto (Murray & Roberts, 1988). En la costa central, el Río Escondido y el Río Grande de Matagalpa son los más grandes que desembocan en el mar.

Los ríos turbios descargan aproximadamente  $25 \times 10^6$  toneladas métricas de sedimentos anualmente (Murray et al. 1982), dos veces lo que todos los ríos que desembocan a lo largo de la costa este de Estados Unidos. Estas altas cargas de sedimentos resultan de la alta pluviosidad y características químicas ligadas al clima, típicas de las latitudes tropicales. Los deltas en las desembocaduras de los principales ríos son medioambientes deposicionales mayores, y los sedimentos de los fondos están compuestos de ásperas arenas volcánicas, pobremente disgregadas, traídas de las tierras altas.

### La vegetación de los humedales

Los humedales en el Caribe nicaragüense son extensos y representan las zonas de drenajes de los ríos hacia la costa. Los humedales son ecosistemas importantes porque filtran contaminantes y convierten nutrientes dañinos en alimentos útiles para organismos marinos y salobres. Consisten de vegetación emergente (e. g. mangles, swampos y pantanos) y vegetación sumergida (e. g. pastos marinos). Las plantas de los humedales utilizan energía solar para crecer, y el índice de crecimiento es medido como producción primaria. El nivel de producción primaria en ecosistemas tropicales insuficientemente explotados está directamente relacionado a la producción de biomasa de peces, o al rendimiento de las pesquerías (Quassim and Wafar 1990).

En las ensenadas tropicales del Caribe nicaragüense, los humedales emergentes son un conspicuo productor primario que provee la base para la red de relaciones alimenticias en la Costa. También juegan otro rol ecológico importante al proveer alimento, abrigo y habitat para numerosas especies de la zona afectada por los cambios diarios de marea (e. g. West 1977). Deegan et al. (1986) demostraron que la cantidad de lluvia y la extensión de las áreas afectadas por los cambios diarios de marea son determinantes en el tamaño de los humedales emergentes. También demostraron que esos tres factores son responsables por el rendimiento pesquero en las ensenadas costeras. Vandermeer et al. (1992) describen las áreas pantanosas dominadas por la palma *Raphia*.

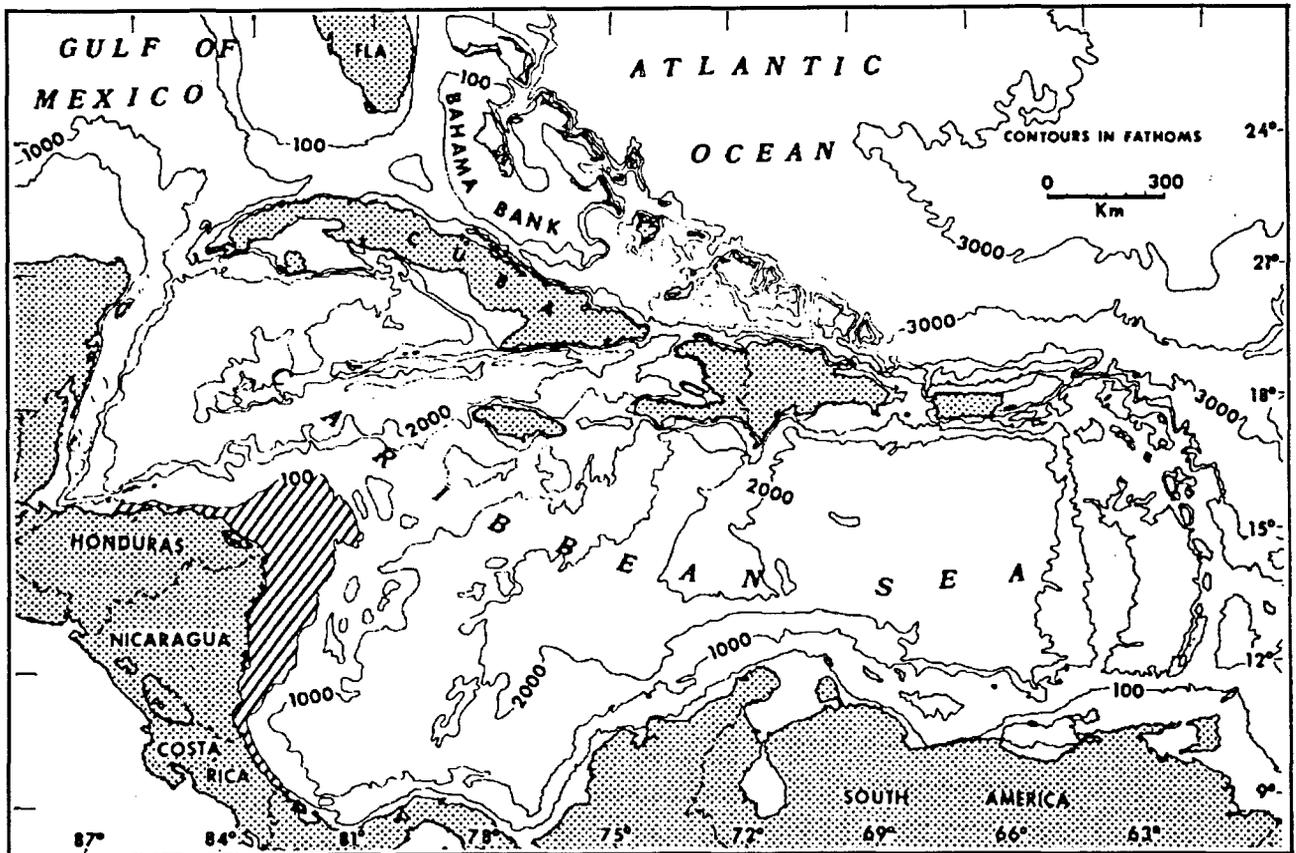


Figura 2: Mapa de la región del Caribe que muestra la ancha y poco profunda plataforma continental de Nicaragua.

Las formaciones de manglares en la Costa generalmente consisten de cuatro especies: *Rhizophora mangle* (mangle rojo, localizado en áreas húmedas a lo largo de la orilla), *Avicennia germinans* (mangle negro, localizado en zonas más secas), *Languncularia racemosa* (mangle blanco, encontrado más al interior que las otras dos especies) y *Conocarpus erectus*. Recientemente, Roth y Grijalva (1991) descubrieron una especie que hasta entonces no había sido reportada, *Pelliceria rhizophorae*, en el área de la bahía de Bluefields. Anteriormente, *Pelliceria rhizophorae* había sido encontrada únicamente en la costa del Pacífico, y este descubrimiento representa el límite más al norte para la especie. Tabla 1: Sumario de las cargas anuales de sedimentos y agua dulce descargada por 14 ríos que desembocan en la Costa Caribe de Nicaragua (tomado de Roberts y Murray 1983).

Los vuelos aéreos de reconocimiento indican que las formaciones manglares constituyen un importante componente del área de humedales en la RAAS, particularmente en zonas adyacentes a la bahía de Bluefields, y en menor medida, en la Laguna de Perlas. Aunque carecemos de información sobre la extensión cubierta por los humedales en la Costa Caribe nicaragüense, un estimado de la Unión Internacional de Conservación de la Naturaleza (UICN) calculó que aproximadamente 600 km<sup>2</sup> de mangles bordean la Costa Caribe. Leonard (1981) indicó que la cifra de la UICN subestima la abundancia, dado que hay mangles en muchas ensenadas, cayos coralinos, swampos, lagunas y bocas de los ríos que no han sido supervisados junto con la extensa línea costera.

Cuenca de desagüe	Area (km <sup>2</sup> )	Descarga anual estim. <sup>1</sup>	Estim. carga anual sediment. <sup>2</sup>
1. Río COCO	24,761	36,460	5.5 - 7.4
2. Río ULANG	3,833	5,840	0.9 - 1.2
3. Río WAWA	5,548	9,712	.5 - 2.0
4. Río KUKALAYA	3,707	6,810	1.0 - 1.4
5. Río PRINZAPOLKA	10,548	20,766	3.1 - 4.2
6. Río GRANDE DE MATAGALPA	17,556	29,104	4.4 - 5.9
7. Río KURINAWAS	5,333	11,064	1.7 - 2.3
8. Río WAWASANG	2,681	5,237	0.8 - 1.1
9. Río ESCONDIDO	12,308	26,464	4.0 - 5.4
10. Río KUKRA	1,494	3,856	0.6 - 0.8
11. Río PUNTA GORDA	2,781	7,052	1.1 - 1.4
12. Río MAIZ	877	2,269	0.3 - 0.5
13. Río INDIO	1,822	5,138	0.8 - 1.1
14. Río SAN JUAN	39,545	59,645	9.0 - 12.2
<b>TOTAL</b>	<b>132,794</b>	<b>259,417</b>	<b>0.3 - 12.2</b>
1. M <sup>3</sup> X 10 <sup>6</sup> /año			
2. M <sup>3</sup> X 10 <sup>6</sup> /año			
La información presentada es el resultado de estimaciones a partir de datos sobre la precipitación fluvial, el tamaño de la cuenca de desagüe, y valores resultantes de mediciones de descarga y carga de sedimentos para el río Escondido.			



FOTO: CLAUDIA GORDILLO

Río Grande de Matagalpa

La vegetación emergente de los pantanos salinos consiste de *Spartina*, *Cladium*, *Typha*, *Distichlis*, *Batis*, y *Salicornia*. He observado que *Batis* y *Salicornia* se encuentran típicamente en áreas abiertas que reciben intercambio de marea, mientras que las otras especies están más restringidas a áreas con intercambio de marea mínimo y en aguas de salinidad más baja. Los pantanos proveen alimento, habitat y sirven de vivero para muchas especies. El despale o llenado de estos humedales puede resultar en una disminución correspondiente en la pesquería.

### Bahías tropicales y lagunas

Ocho grandes ensenadas, lagunas y estuarios salinos se alinean a lo largo de la costa Caribe. Estos ecosistemas están bajo una gran influencia de los ríos y los humedales contiguos. La Laguna de Perlas y la Bahía de Bluefields constituyen las dos ensenadas más grandes en la costa central. Formadas cuando el aumento del nivel del mar hizo que este invadiera las depresiones de bajo nivel cercanas a la costa hace 16,000 años, los estuarios y las lagunas a lo largo de la costa son actualmente medio-ambientes altamente productivos que proveen habitats importantes y áreas de vivero para especies de mar abierto como el róbalo (*Centropomus*), cangrejos (*Callinectes*) y camarones (*Penaeus* y *Trachypenaeus*).

Mientras que las áreas con arrecifes de coral reciben mucha atención de parte de los científicos, las bahías y lagunas tropicales han sido virtualmente ignoradas en los países en desarrollo. Esto se debe en gran medida a que las

interacciones dinámicas entre procesos físico-químicos y la productividad biológica son complejas y requieren estudios interdisciplinarios a largo plazo para los cuales los países en desarrollo carecen de los recursos económicos y la experiencia científica.

Los sistemas costeros son también más propicios para la pesca artesanal, la cual muchos gobiernos tienden a ignorar porque parece menos provechosa que la pesca industrial en mar abierto. Sin embargo la relación costo-beneficio para las prácticas de pesca artesanal en otras partes del mundo es impresionante. Por ejemplo, la FAO (1984) estima que las pesquerías a pequeña escala usan la quinta parte del capital, la quinta parte de combustible por tonelada descargada y crean 100 veces más puestos de trabajo que pesquerías a larga escala con inversiones similares. Como resultado, las pesquerías artesanales pueden jugar un rol importante en la recuperación económica de la costa. Actualmente, los pescadores artesanales son responsables del 95 por ciento de la captura de peces, 50 por ciento de langosta y 15 por ciento de camarones en las aguas costeras nicaragüenses, aunque sólo reciben una fracción de la asistencia que el gobierno dedica a la flota industrial.

### LA CAPA LIMITE COSTERA

Procediendo hacia el Mar Caribe, uno se encuentra con la capa límite costera (CLC). Esta surge cuando ríos masivos de agua dulce vuelcan sus cargas de sedimentos suspendidos ricos en nutrientes en las aguas azules transparentes del Caribe. Conforme las aguas de los ríos se desplazan

hacia el mar, su avance es retardado por una combinación de fuertes vientos alisios (permanentemente soplando del este noreste a 7-10 metros por segundo) y la Corriente del Caribe (desplazándose hacia el oeste a lo largo del Caribe, a 0.5-1.0 metros por segundo) que empujan las aguas turbidas contra la costa (Figura 3).

Detenida por la fricción en el fondo, vientos marinos y corrientes del océano, el agua dulce de los ríos cargada de sedimentos que se encuentra con aguas marinas transparentes y más densas, establece un proceso dinámico de mezcla que resulta en una serie de gradientes de densidad. Estos gradientes inician movimientos de corriente hacia el sur de manera paralela a la costa.

Los gradientes de densidad (salinidad y turbidez) son el factor más importante responsable por el movimiento de la CLC y son responsables de aproximadamente el 80 por ciento de su momentum (Murray et al. 1982; Roberts y Murray 1983; Murray y Young 1985; Roberts 1987). Las amplitudes de las mareas son pequeñas, variando entre 5 y 8 centímetros (Murray et al. 1982; Roberts y Murray 1983) y tienen poco efecto en la CLC.

El núcleo de la CLC serpentea como un río y tiene una velocidad de 50-70 cm/segundo (Murray et al. 1982). Las velocidades máximas están confinadas a la columna acuática superior, y raramente interactúan con el fondo hasta que los sedimentos suspendidos se asientan en fondos cercanos a la orilla. Esto produce un límite físico claro entre los fondos sedimentarios suaves derivados de la tierra, y la plataforma de fondo duro carbonado de mar abierto. La Figura 3 presenta un mapa de la composición sedimentaria de la plataforma.

La CLC está compuesta de aproximadamente 78 por ciento de agua de la plataforma y 22 por ciento de aguas fluviales, exhibe una amplia variación de salinidad (entre agua más dulce de 24 partes por mil y salinidades oceánicas promedio de 35 partes por mil). También muestra una variación estrecha de temperatura debido a la mezcla del agua de río y de la plataforma. Los gradientes de salinidad se allanan abruptamente y la corriente cambia de dirección a aproximadamente 45 kilómetros mar adentro (Murray et al. 1982; Roberts y Murray 1983). La anchura promedio de la CLC es de 25 kilómetros aproximadamente.

El transporte de sedimentos en la CLC se estima en 15.8 x 106 toneladas/año, o más de la mitad de los 25 x 106 toneladas/año llevadas a la Costa por los ríos del país. De este volumen, más del 50 por ciento de los materiales suspendidos que entran a la CLC es llevado hacia el sur a lo largo de la costa, y se presume que continúa moviéndose hasta que llega al límite de la plataforma nicaragüense cerca de la frontera con Costa Rica (Murray et al. 1982).

Aunque las relaciones ecológicas y la dinámica de los recursos marinos dentro de la CLC son poco conocidas, Kjerfve (1990) señala que otras corrientes turbias similares son ricas en nutrientes y materias orgánicas y proveen importantes áreas de desove para peces y camarones del género *Penaeus*. Los pescadores raramente pescan en la corriente turbia limítrofe, aunque la CLC es potencialmente una pesquería importante. Esto se debe probablemente a que las redes se llenan usualmente con troncos acarreados por los ríos y otros desperdicios. Si bien la CLC puede ser considerada una pesquería no explotada, cualquier desarrollo de la pesca en esta zona tiene que ser administrado

de manera que el impacto durante el desove sea minimizado.

## LA PLATAFORMA CONTINENTAL NICARAGUENSE

La mayor parte de los materiales derivados de la tierra en la CLC son retenidos por procesos físicos a distancias comprendidas dentro de los 25 kilómetros mar adentro. Esto ha permitido el desarrollo de una vasta provincia carbonatada en la plataforma nicaragüense, a la que frecuentemente se hace referencia (en inglés) como "Miskito Bank" (Figura 2). La plataforma triangular es la más grande del Caribe, midiendo aproximadamente 200 km de ancho al límite norte cerca de Honduras, y estrechándose a 20 km al límite sur con Costa Rica. Desplazándose al este sobre la plataforma, uno encuentra un promedio de profundidad del agua de 30 metros, hasta que al borde de la plataforma ésta se hunde en el Caribe profundo. Las Figuras 1 y 4d presentan el perfil de esta parte de la plataforma.

Roberts (1987) ha dividido la plataforma en cuatro zonas principales:

1. **Una suave rampa deposicional**, correspondiendo aproximadamente a los primeros 25 kilómetros hacia el mar desde la costa y generalmente definida por la CLC (Figura 4a). Los sedimentos del fondo son principalmente terrígenos (i. e., provenientes de la tierra) y consisten sobre todo de arcillas de cieno (caolinita-montmorillonita) y arenas finas.

2. **Áreas planas**, que se encuentran mar adentro de la CLC, a partir de 25 kilómetros de la costa en aguas de 20-30 metros de profundidad (Figura 4b). Hay poco relieve fisiográfico y la zona es relativamente plana. Los habitats del fondo están cubiertos por una alga calcárea (*Halimeda*) altamente productiva, la cual es un productor importante de los sedimentos carbonatados que se encuentran en la plataforma. Cerca del 95 por ciento de los sedimentos del fondo son carbonatos, y la mayor parte de ellos fueron generados *in situ*. Los análisis de los sedimentos revelaron grandes partículas compuestas de granos de *Halimeda* en forma de escama, lodo aragonita, un producto de la desintegración de algas calcáreas, y arena biogénica.

3. **Salientes externos de la plataforma con fondos accidentados**, que se localizan a lo largo del borde externo de la plataforma, muestran considerable relieve fisiográfico y representan un margen de la plataforma activamente creciente, donde los arrecifes de coral se elevan desde el fondo (Figura 4d). Los corales normalmente alcanzan alturas de más de 10 metros, y los arrecifes del borde de la plataforma tienen dimensiones verticales de más de 25 metros (Roberts y Murray 1983). Los sedimentos del fondo en la plataforma externa consisten de ásperas partículas producidas primariamente por la desintegración de corales y *Halimeda*. Este fondo marino irregular disipa y atenúa las olas que se mueven hacia la plataforma desde el Caribe, y ayuda a proteger las costas del daño producido por las olas.

4. **Salientes de los fondos accidentados en la plataforma intermedia**. En términos generales, son medio ambientes similares a los de los bordes externos con fondos accidentados de la plataforma, y consisten de cayos coralinos abundantes y pequeñas islas encontradas en la plataforma intermedia (Figura 4c). Los fondos se derivan de fragmentos de coral y *Halimeda* en descomposición. Estos sedimentos

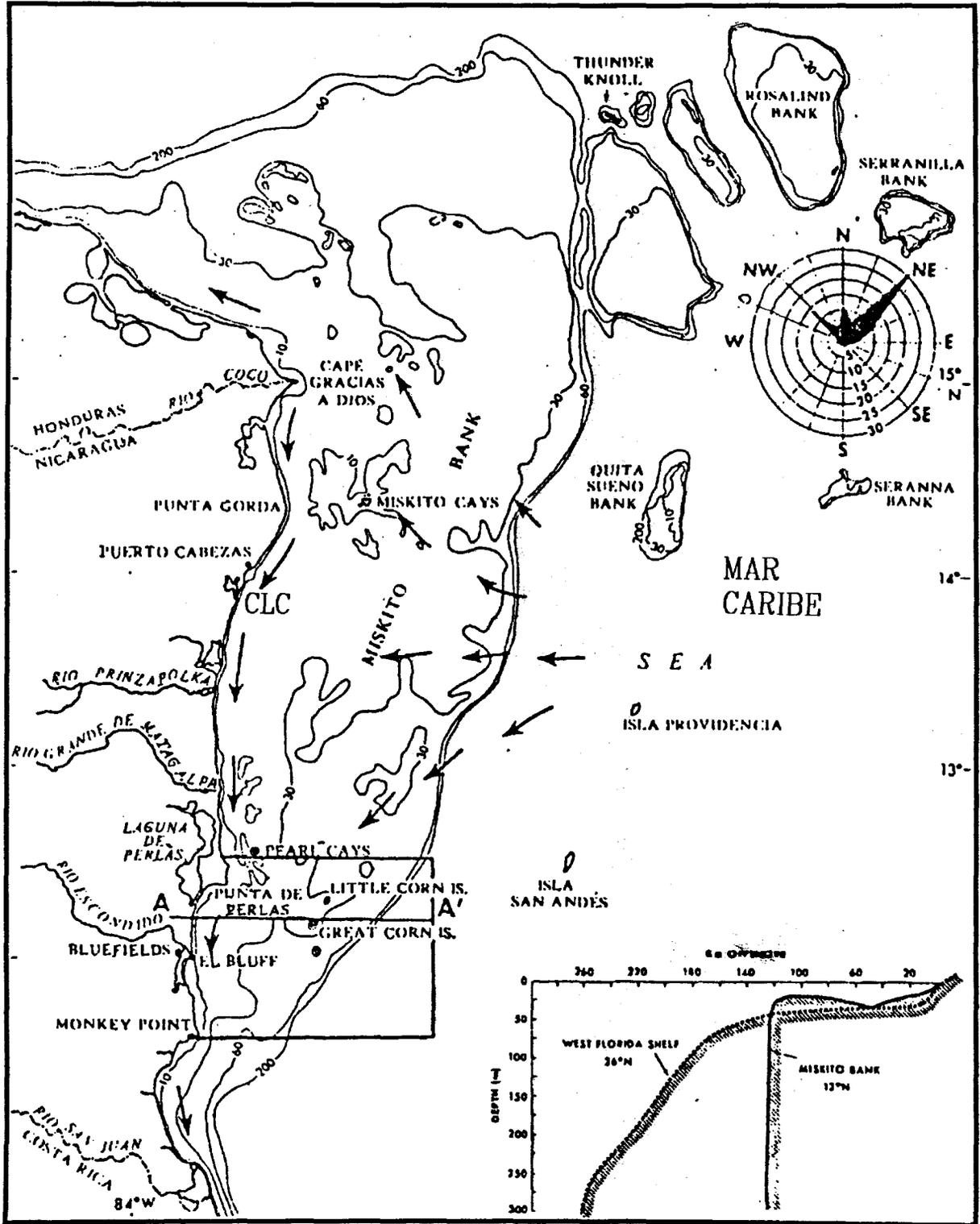


Figura 3: Mapa batimétrico de la Costa Caribe de Nicaragua. Las flechas paralelas a la costa representan el movimiento del CLC. Las flechas que van del este hacia el oeste señalan la dirección del movimiento de la Corriente Caribe. El rectángulo con los puntos A y A'

indica un perfil batimétrico desde la costa hasta el término de la plataforma, mostrado en el dibujo de la esquina inferior, a la derecha, en el que se compara el perfil de la plataforma del oeste de la Florida con la de Nicaragua. (Murray et al, 1982)

calcáreos proveen un sustrato ideal para las extensas praderas de hierba marina que cubren la plataforma media.

Tres de los ecosistemas de alta productividad —los arrecifes de coral, los pastos marinos y los manglares— están esparcidos a lo largo de los fondos duros de la plataforma media. Estos tres sistemas existen en un equilibrio dinámico que es influido por su relación con la costa. Los corales formadores de arrecifes dependen, directamente, de la capacidad amortiguadora de los sistemas ecológicos costeros orientados hacia la orilla, como los manglares y los pastos marinos, los cuales filtran los sedimentos y nutrientes transportados por las vertientes de agua dulce. Por su parte, los arrecifes de coral disipan las olas y las oleadas tormentosas en dirección de los humedales costeros.

El desarrollo vigoroso de los corales en la plataforma requiere de un delicado balance de aguas transparentes, cálidas y con pocos nutrientes. El despale a lo largo de las vías acuáticas terrestres y la destrucción de los manglares costeros, la actividad más dañina para los arrecifes de coral, aumenta los sedimentos suspendidos en la columna de agua. Hay muchos ejemplos de corales muertos o moribundos a través del Caribe, que deben su defunción al incremento de sedimentos suspendidos, la contaminación y el ingreso descontrolado de agua desde la tierra.

Aunque su distribución es localizada, los corales que se encuentran a lo largo de la plataforma de Nicaragua varían ampliamente en profundidad y tamaño. Aunque algunos están al nivel del mar, la mayor parte se encuentran en aguas más profundas. Varían en tamaño desde arrecifes en pequeñas manchas (con decenas de metros de diámetro) hasta plataformas complejas (de varios kilómetros de ancho) y arrecifes en forma de franja (Roberts y Murray 1983; Ryan et al. 1989). Los atolones nicaragüenses (islas de arrecifes como las Corn Islands), están asentados sobre antiguos volcanes, e integran el mayor grupo de atolones del Caribe (Longhurst y Pauly 1987). La mayoría de los corales caribeños data de hace aproximadamente cinco mil o nueve mil años (Lighty et al. 1982), siendo relativamente jóvenes en términos geológicos.

El grupo más grande de arrecifes en mancha de la plataforma central está en los Cayos Perlas, un archipiélago de 18 cayos bordeados de manglares y cocoteros cerca de la Laguna de Perlas. Una supervisión reciente de los cayos indica que los corales han sufrido daños importantes en los últimos 15 años. Aunque la causa exacta del daño es desconocida, la incursión de aguas de la CLC cargada de sedimentos es una hipótesis. Una investigación diseñada para abordar el problema está actualmente en curso.

Las formaciones de manglares en la plataforma (limitadas al mangle rojo, (*Rhizophora*) ocurren en reliquias de arrecifes de coral que se encuentran cerca del nivel del mar. Los manglares sanos requieren fuentes externas de nutrientes y abundantes entradas de agua. Sin embargo, la falta de entradas importantes de nutrientes, la alta salinidad en la superficie y aguas intersticiales en sedimentos, son probablemente responsables por el tamaño de los manglares (West 1977), menores que los que se encuentran en las lagunas cercanas.

Los pastos marinos también requieren entradas moderadas de nutrientes y de agua clara. Las bancos de hierba más productivos ocurren cuando se alcanza un balance en el acrecentamiento de nutrientes, debido a las entradas de agua o las emanaciones de los manglares costeros. Las



FOTO: CLAUDIA GORRILLO

Sandy Bay Sirpi, comunidad situada en la desembocadura del Río Grande de Matagalpa, 1988.

praderas de pastos marinos en la plataforma nicaragüense están entre las más extensas del Caribe (UNESCO 1983). Cuatro especies comunes a lo largo del Caribe (*Thalassia testudinum*, *Syringodium filiforme*, *Halodule wrightii* y *Halophila decipiens*) se encuentran en la plataforma (Phillips et al. 1982).

Estas praderas son importantes áreas de vivero para animales marinos jóvenes de muchas especies y también sirven como fuente de alimentación para langostas, tortu-



gas carey (*Eretmochelys imbricata*), tortugas laud (*Dermochelys coriacea*), tortugas ridley (*Lepidochelis kempi* y *L. olivacea*) y tortugas verdes (*Chelonia mydas*) (Nietschmann 1973; Carr et al. 1978; Montenegro 1989). El estudio de Carr indica que más del 75 por ciento de todas las tortugas verdes en peligro de extinción del Atlántico viven y se alimentan en la plataforma de Nicaragua. Muchas de las especies de peces que se encuentran alrededor de los arrecifes de coral van por la noche a las praderas marinas para alimentarse de los abundantes mo-

lucos y crustáceos que también se activan durante la noche.

Bancos extensos de algas (primariamente *Halimeda*) proveen habitats importantes para un diverso conjunto de invertebrados que se encuentran a lo largo de los medio ambientes de la plataforma. Después de que mueren, las algas calcáreas se descomponen en la mayoría de los sedimentos encontrados en la plataforma. Noventa y nueve especies de algas han sido registradas en las aguas nicaragüenses (Phillips et al. 1982).

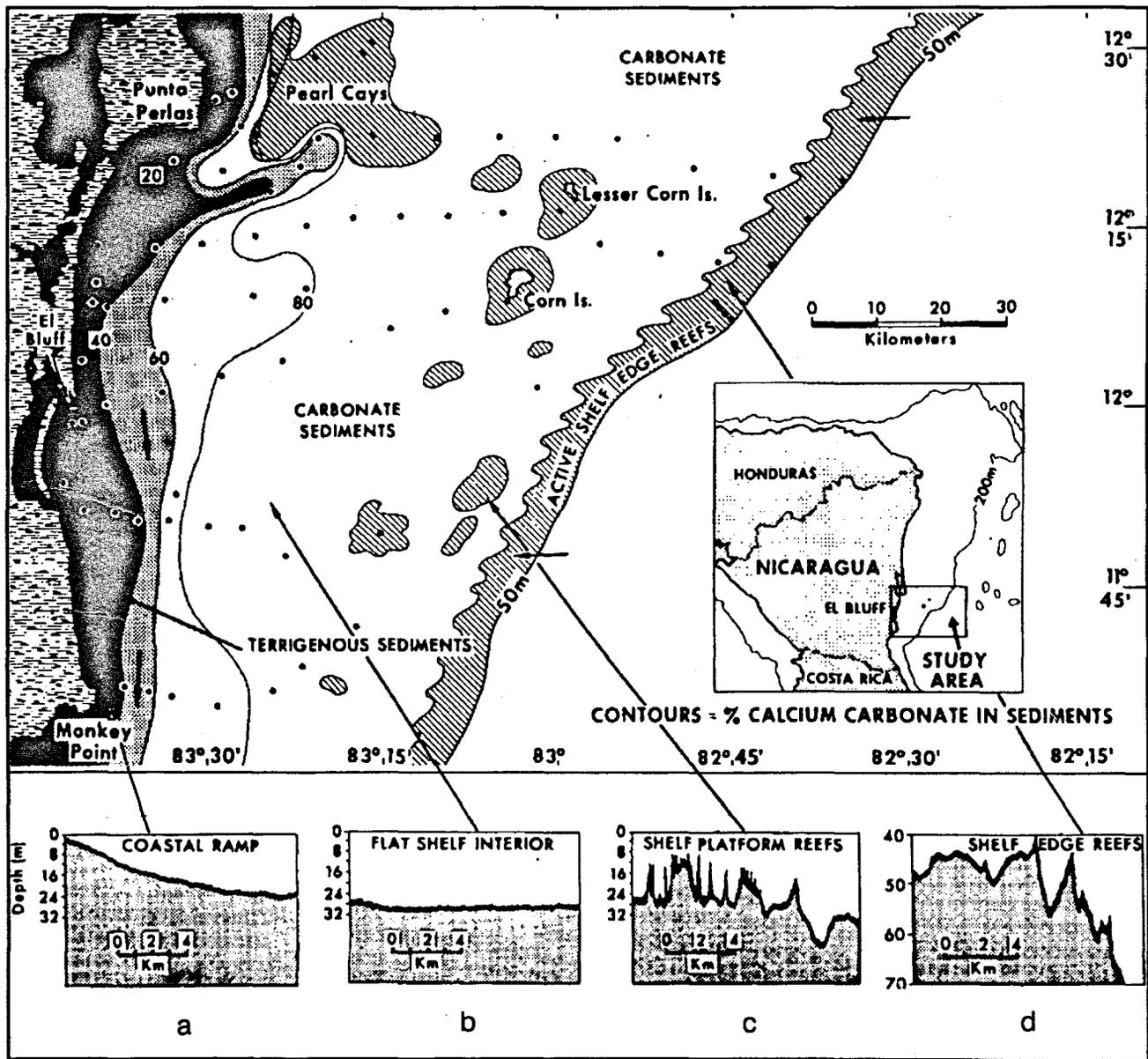


Figura 4: Mapa de los fondos de la plataforma nicaragüense que indica el porcentaje de carbonato. Las áreas rayadas indican las plataformas donde se encuentran arrecifes de coral. Las figuras a, b,

c y d, indican los perfiles de la rampa deposicional, áreas planas, salientes internos y salientes de los fondos de la plataforma. Murray y Roberts (1987).

### ACTIVIDADES HUMANAS Y SUS EFECTOS SOBRE LOS ECOSISTEMAS COSTEROS

En los últimos 50 años, la población humana en expansión, el turismo y el desarrollo pesquero han puesto demandas crecientes sobre los recursos del Caribe. Como resultado de esto, la destrucción general de habitats, la polución y la sobre-explotación de los recursos costeros han resultado en una baja en la cantidad de peces capturados a lo largo de islas costeras antes productivas como Jamaica, Puerto Rico y la Española (Rogers 1985; Hatcher et al. 1990).

Programas de desarrollo económico mal concebidos y de poca visión diseñados para detener el proceso han tenido el efecto contrario y han acelerado la disminución de la

pesca. Aunque muchos gobiernos reconocieron la necesidad de la conservación y restauración de los sistemas dañados, sus esfuerzos para desarrollar estrategias de manejo sostenible fueron desvirtuadas por los bajos presupuestos para la protección del medioambiente, el inadecuado conocimiento de cómo funcionan los sistemas costeros, cómo interactúan y cómo las perturbaciones ecológicas afectan los sistemas adyacentes. También han olvidado un punto clave: involucrar a la misma gente que depende de los recursos en sus planes de manejo y conservación.

Hasta hace poco, la Costa Caribe de Nicaragua había estado relativamente inmune a este tipo de problemas ambientales. Ahora, con el fin de la guerra y del embargo económico, la antes aislada región y sus recursos están

maduros para el desarrollo. Hoy, los cortes de madera continúan y ávidos inversionistas están disputándose los lucrativos contratos de pesca industrial en la Costa. En la actualidad esta actividad es indiscriminada y con poco control. Los programas internacionales de asistencia al desarrollo en el sector de la pesca parecen estar siguiendo el mismo camino equivocado que en otros lugares: expandir la pesca antes de desarrollar una estrategia de manejo sostenible, ni conocer la interrelación entre los ecosistemas marinos y su influencia en la producción pesquera. Entonces, los ingredientes para repetir los mismos errores cometidos a lo largo del Caribe están ya en su lugar.

La amenaza más inmediata para la Costa es la deforestación general y la erosión que están ocurriendo a lo largo del país. Los grandes ríos que drenan la mayor parte de las corrientes del país hacia el Caribe están acarreamo cargas cada vez mayores de sedimentos provenientes de la erosión. Desde ahora, los síntomas de la deforestación están apareciendo en varias áreas de la Costa, tales como la Bahía de Bluefields y los Cayos Perlas. Grandes cargas de sedimentos arrastradas por el río Escondido están asentándose aceleradamente en productivos humedales y alrededor de la Bahía de Bluefields, mientras que daños dispersos a los corales amenazan el medio ambiente subacuático de los Cayos Perla. Aunque todavía sin explicación, una hipótesis para el daño a los corales es que el aumento de la erosión y sedimentación ha excedido la masa crítica de la CLC, forzando la frontera turbia hacia las aguas azules claras alrededor de los cayos.

Prácticas pesqueras destructivas como el uso de las trampas jamaíquinas para peces en los arrecifes y redes de arrastre nocivas para los fondos en las lagunas son lentas y frecuentemente financiadas por compradores ansiosos de productos marinos en la RAAS. Barcos de pesca piratas sin licencia de los países vecinos se han vuelto una seria amenaza para la pesca de langostas. Barcos de buceo que llevan hasta 50 buceadores con tanques de aire, se instalan en un medio ambiente propicio para las langostas y pueden rápidamente devastar un banco local de pesca de langostas. Mientras tanto, las limitaciones en recursos humanos y financieros de las agencias gubernamentales hacen que sea difícil enfrentar los problemas.

A menos que el desarrollo en su Costa Caribe sea realizado de una manera racional y sostenible, Nicaragua va a cometer los mismos errores ecológicos que se han cometido en el resto de la región. Si se van a evitar esos problemas, es crucial que un programa de gestión y conservación de recursos sea desarrollado rápidamente, con la participación del gobierno regional autónomo y los pescadores artesanales que dependen de los recursos marinos para sobrevivir.

## CONCLUSIONES

La extensa y aislada Costa Caribe de Nicaragua es uno de los pocos medioambientes marinos no-desarrollados que quedan en la región caribeña. La falta de carreteras, diez años de guerra y una ausencia de mercados externos para productos del mar, han contribuido indirectamente a la conservación de los medioambientes marinos en la zona. Los factores económicos y sociales que han conducido indirectamente a la conservación y aislamiento de la Costa

del resto del país, han desalentado también los estudios científicos de los procesos naturales costeros, que son de gran necesidad —estudios que pueden hacer crecer los rendimientos pesqueros y, simultáneamente, contribuir en la dirección de un uso racional y sostenible de los abundantes recursos naturales.

La Costa se caracteriza por tres principales zonas geográficas: 1) humedales cercanos a la costa, ricos en nutrientes, incluyendo las lagunas y los estuarios; 2) la turbia capa límite costera, que corre paralela a la costa; y 3) los cayos de coral, praderas de pastos marinos y los extensos fondos carbonados biogénicos (de origen biológico), que caracterizan gran parte de la plataforma nicaragüense.

Aunque varias áreas parecen estar bajo presión por razones desconocidas (e. g., la Bahía de Bluefields y los Cayos Perlas), la mayor parte de estas zonas han sido relativamente muy poco afectadas por las actividades humanas. Las principales amenazas a los medioambientes cercanos a la orilla son debidas a la sobre-explotación de la pesca y la creciente erosión ocasionada por la deforestación, que están dañando los viveros de que dependen los recursos marinos para cumplir su ciclo de vida.

Las distintas zonas ofrecen tres tipos de pesquerías, que son insuficientemente aprovechadas por los pescadores y poco comprendidas por los científicos. Las lagunas cercanas a la orilla, los estuarios y la CLC sirven de viveros, en los que especies de mar adentro pasan parte de su ciclo de vida. Esas especies se caracterizan por una diversidad relativamente baja, alta abundancia numérica y una rápida tasa de crecimiento. La biomasa se está conservando por la abundancia numérica con una duración de vida muy corta.

Por su parte, los medioambientes de mar adentro, como los corales formadores de arrecifes, ocurren en aguas pobres en nutrientes. Los nutrientes son reciclados con eficiencia dentro del sistema, y los peces e invertebrados típicos asociados exhiben tasas de crecimiento relativamente bajas, alta diversidad de especies y relativamente pocos individuos de cada especie. En este sistema, la biomasa se está conservando en peces e invertebrados grandes con una duración de vida relativamente larga.

Para propósitos de manejo, las tres zonas geográficas deben ser tratadas como sistemas ecológicos distintos y, sin embargo, deben ser manejadas de manera integrada. La administración racional que asegure cosechas sostenibles de los recursos en estas zonas va a requerir un mejor conocimiento de los procesos químicos, físicos y biológicos que contribuyen a la productividad de la región. Esto va a necesitar de estrategias de manejo específicas a los ecosistemas, que ayuden a explicar las frecuencias de renovación de la población y las tasas de crecimiento de una amplia gama de especies.

En resumen, el manejo apropiado va a requerir una mejor comprensión de las relaciones ecológicas que los ligan. Adicionalmente, la diversificación de las pesquerías para incluir recursos no tradicionales va a disminuir la presión de los esfuerzos pesqueros, diseñados de manera estrechamente focalizada a la captura de sólo algunas especies.

Además de su tremendo potencial pesquero, los medioambientes marinos y costeros del este de Nicaragua ofrecen un laboratorio natural relativamente no perturbado, para estudiantes costeros y científicos que estudien las relaciones funcionales entre los ecosistemas más producti-

vos de la tierra. La protección de varios complejos de arrecifes y pastizales marinos como áreas científicas de "referencia" (e. g., Little Corn Island) es crucial para entender los sistemas dañados (e. g., Cayos Perlas). La conservación de esas áreas podría también ofrecer una base económica considerable a través del ecoturismo, el cual ha sido exitoso en otras partes del mundo.

El recientemente formado Comité de Recursos Naturales del Gobierno Regional Autónomo de la RAAS puede jugar un rol más fuerte en la supervisión de los asuntos marinos de la Costa. Junto con el gobierno, debe enfrentar la difícil tarea de mantener los niveles de producción de recursos altos, mejorando las oportunidades económicas para las comunidades de la región y, al mismo tiempo, conservar una serie de usuarios de los recursos satisfechos (evitando conflictos). Consecuentemente, el Gobierno Regional va a tener que tomar una serie de decisiones difíciles. Yo argumentaría que es mucho mejor emplear estrategias

de manejo con base científica al tomar decisiones importantes que van a tener repercusiones de largo alcance en las condiciones de vida de las futuras generaciones.

Aunque hay mucho por averiguar acerca de los diversos medio ambientes marinos de la Costa y sus recursos, hay numerosos ejemplos de errores ambientales a través del Caribe de los cuales aprender. Con una de las tasas de crecimiento poblacional más altas en el hemisferio, la población en expansión y los programas de recuperación económica de corta visión van a poner demandas crecientemente pesadas sobre los recursos marinos y costeros de Nicaragua. Esto a su vez puede tener repercusiones económicas desastrosas, a menos que una estrategia de manejo sostenible sea desarrollada para guiar cosechas sostenibles de recursos marinos en la Costa.

Traducción: Danilo Salamanca

#### BIBLIOGRAFIA

- Birkeland, C. (1990). "Caribbean and Pacific Coastal marine Systems: Similarities and differences". *Nature and Resources* 26 (2): 3-21.
- Carr, A. M. H. Carr, y A. B. Meylan (1978). "The ecology and migrations of sea turtles: 7. The West Caribbean green turtle colony". *Amer. Museum of Nat. History* 162: 1-42.
- Deegan, L., J. Day, J. Gosselink, A. Yanez-Arancibia, G. Soberon, y P. Sanchez-Gil (1986). "Relationships among physical characteristics, vegetation distribution and fisheries yield in Gulf of Mexico estuaries". In: *Estuarine Variability*, D. Wolfe (ed.), pp 83-98.
- Food and Agriculture Organization (1984). "Management Concepts For Small-Scale Fisheries: Economic and Social Aspects"; FAO Fisheries Tech. Paper #228)
- Hatcher, B. G., R. E. Johannes, y A. I. Robertson (1989). "Review of Research Relevant to the Conservation of Shallow Tropical Marine Ecosystems". *Oceanography and Marine Biology Annual Review*, 1989: 337-414
- KJERFVE, B. J. (1990). *Manual for Investigating Hydrological Processes in Mangrove Ecosystems*. Publicación de la UNESCO/UND, p. 18.
- Leonard, J. (1981). "Environmental Profile of Nicaragua" USAID Bureau of Science and Technol. RSSA#SA/TOOA 1-77, 155 pp. (Borrador).
- Lighty, R. G., I. G. MacIntyre, y 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. y D. Pauly (1987). *The Ecology of Tropical Oceans*. Academic Press, 407 pp.
- Montenegro, J. (1989). "La tortuga verde (*Chelonia mydas*) en la Costa Atlántica de Nicaragua". Documento sin publicar.
- Murray, S. P., S. A. Hsu, H. H. Roberts, E.H. Owens y R. L. Crout (1982). "Physical Processes and Sedimentation on a Broad Shallow Bank. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 14: 135-157.
- \_\_\_ y M. YOUNG (1985). "The nearshore current along a high-rainfall, trade-wind coast -Nicaragua". *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 21: 687-699.
- \_\_\_ y H. H. Roberts (1988). "Control of terrigenous-carbonate facies transitions by baroclinic coastal currents -Nicaragua. pp 289-304. In: *Carbonate-Clastic Transitions*, L.J. Doyle and H.H. Roberts (Eds.). Elsevier Press
- Nietschmann, B. (1973). *Between Land and Water: The Subsistence Ecology of Miskito Indians*. Seminar Press.
- Phillips, R. C., R. L. Vadas, y N. Ogden (1982). "The marine algae and seagrasses of the Miskito Bank, Nicaragua". *Aquatic Botany* 13: 187-195.
- Quasim, S. Z. y M. V. M. Wafar (1990). "Marine Resources in the Tropics". In: *Resource Management and Optimization*, Vol. 7, pp.141-169.
- Roberts, H. H. y 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.
- \_\_\_ y J. N. Suhayda (1983). "Wave-current interactions on a shallow reef (Nicaragua, Central America)". *Coral Reefs* 1: 209-214.

FOTO: CLAUDIA GORDILLO



Río Grande de Matagalpa, inmediaciones de la comunidad de Kara, 1987.

- Roberts, H. H. (1987). "Modern carbonate-siliciclastic transitions: Humid and tropical examples". *Sedimentary Geology* 50: 25-65.
- Rogers, C. S. (1985). "Degradation of Caribbean and Western Atlantic Reefs and the Decline of Associated Fisheries". In: *Proceedings of the Fifth Intl. Coral Reef Symposium* 6: 491-496.
- Roth, L. y A. Grijalva (1991). "New record of the mangrove *Pelliciera rhizophorae* (THEACEAE) on the Caribbean coast of Nicaragua". *Rhodora* 93 (874): 183-186.
- Ryan, J., A. Rudloe, y J. Rudloe (1989). "Effects of Hurricane Joan on coral reefs, seagrass meadows and associated marine fauna near Corn Island, Nicaragua." **Greenpeace Special Report.**
- UNESCO (1983). "Coral reefs, seagrass beds and mangroves: Their interaction in the coastal zones of the Caribbean". *UNESCO Rept. In Mar. Sci.* #23. pp 69-86.
- West, R. C. (1977). "Tidal salt-marsh and mangal formations of middle and South America". In: *Ecosystems of the World: I. Wet Coastal Systems*. V. J. CHAPMAN (ed.), pp 193-213.
- Vandermeer, J., Y. Perfecto, et al. (1992). "Los Bosques Del Caribe de Nicaragua: Tres Años Después Del Huracán Joan". *Wani* 11: 78-102.