

COMISIÓN INTERDISCIPLINARIA MARINO COSTERA
DE LA ZONA ECONÓMICA EXCLUSIVA DE COSTA RICA

INFORME TÉCNICO

Ambientes Marino Costeros de Costa Rica

Editores

Vanessa Nielsen Muñoz y Marco A. Quesada Alpizar

2006



COMISIÓN INTERDISCIPLINARIA MARINO COSTERA
DE LA ZONA ECONÓMICA EXCLUSIVA DE COSTA RICA

INFORME TÉCNICO

Ambientes Marino Costeros de Costa Rica

Editores

Vanessa Nielsen Muñoz y Marco A. Quesada Alpízar

2006

INDICE

PREFACIO	5
Agradecimientos	6
RESUMEN EJECUTIVO Marco Quesada A.	7
CAPITULO I: Estuarios Eddy Gómez R.	11
CAPITULO II: Playas Marco Quesada A.	17
CAPITULO III: Manglares Priscilla Zamora T.	23
CAPITULO IV: Pastos Marinos Vanessa Nielsen M.	41
CAPITULO V: Arrecifes y comunidades coralinas Juan José Alvarado, Cindy Fernández y Vanessa Nielsen	51
CAPITULO VI: Centros de actividad biológica Daniel Ballesteros	69
CAPITULO VII: Especies comerciales I: Peces Mario Espinoza y Vanessa Nielsen	87
CAPITULO VIII: Especies comerciales II: Crustáceos y moluscos Vanessa Nielsen y Priscilla Zamora	105
CAPITULO IX: Tiburones Mario Espinoza	119
CAPITULO X: Mamíferos marinos Laura May C.	135
CAPITULO XI: Tortugas marinas Estefanía Pihén, Vanessa Nielsen y Mario Espinoza	149

CAPITULO XII: Golfo Dulce	167
Marco Quesada y Jorge Cortés	
CAPITULO XIII: Golfo de Nicoya	177
Cindy Fernández, Juan José Alvarado y Vanessa Nielsen	
CAPITULO XIV: Golfo de Papagayo	185
Ana Cecilia Fonseca	
CAPITULO XV: Islas	195
Marco Quesada	
CAPITULO XVI: Conclusiones y Recomendaciones Finales	199
Marco Quesada	
Anexo. Atlas Marino Costero de Costa Rica	209
Ana C. Fonseca	

PREFACIO

El presente informe técnico se realizó dentro del marco de trabajo definido por la Comisión Interdisciplinaria Marino Costera de la Zona Económica Exclusiva de Costa Rica y con el apoyo técnico y financiero de Conservación Internacional. Dicha Comisión fue establecida mediante Decreto Ejecutivo (N° 31832-MINAE) el 7 de julio de 2004, con el objetivo de “determinar la viabilidad de dedicar hasta un 25% de la Zona Económica Exclusiva a la conservación, restauración, manejo y aprovechamiento sostenible de las especies y ecosistemas existentes, dando particular énfasis, entre otros, a los sitios de agregación, reproducción, alimentación y migración de especies”. Con este propósito, la Comisión se reunió por primera vez el 1^{er} de junio de 2005. Tras definir una metodología de trabajo, la Comisión organizó una consulta a expertos científicos el 5 de agosto de 2005 a fin de determinar los temas y la información científica a ser considerada por la Comisión en su trabajo.

De esta consulta, emanan la organización y los capítulos contenidos en este informe técnico, que fue elaborado en un plazo de cuatro meses y entregado de manera preliminar a la Comisión en enero de 2006. El relativamente corto plazo del que se dispuso para la elaboración de tan ambicioso informe, ha limitado la extensión de la revisión y análisis de literatura que se llevó a cabo. Sin embargo, a pesar de lo anterior se ha logrado cubrir la información disponible más relevante sobre cada uno de los temas tratados en este informe.

Agradecimientos

Agradecemos a Ana Fonseca y Alvaro Morales del CIMAR por la revisión del Documento.

Los editores agradecen la colaboración de Juan José Alvarado, The Nature Conservancy (TNC), por sus gestiones para la publicación de este informe.

Al mismo tiempo recordamos la valiosa colaboración de nuestra gran amiga y querida amiga Priscilla Zamora Trejos, que descansa en paz.

RESUMEN EJECUTIVO

Marco A. Quesada Alpízar¹

La formación del Istmo Centroamericano ha funcionado por cientos de miles de años como una barrera natural que separó las poblaciones de organismos marinos a lo largo de dos costas: Pacífico y Caribe. Esta característica, junto a la geomorfología de cada costa, ha favorecido el que Costa Rica no solo presente una gran diversidad de ambientes y ecosistemas marinos sino el que existan diferencias importantes entre ambas costas. Así, por ejemplo, los arrecifes coralinos de las costas Pacífica y Caribe no tienen ninguna especie en común y especies como manatíes y delfines de Guyana solo se encuentran en la costa Caribe.

El presente informe técnico tiene la finalidad de informar el proceso que lleva a cabo la Comisión Interdisciplinaria Marino Costera de la Zona Económica Exclusiva de Costa Rica en torno a determinar la viabilidad de que el país pueda dedicar hasta un 25% de su Zona Económica Exclusiva (ZEE) a la conservación, restauración, manejo y aprovechamiento sostenible de las especies y ecosistemas existentes, dando particular énfasis, entre otros, a los sitios de agregación, reproducción, alimentación y migración.

La estructura de los capítulos del informe fue determinada durante un taller de expertos académicos llevado a cabo en agosto de 2005. Se incluye un total de 16 capítulos que abarcan los tres temas principales: 1) **Ecosistemas**, con capítulos sobre estuarios, playas, manglares, pastos marinos, arrecifes y centros de actividad biológica; 2) **Grupos taxonómicos**, con capítulos sobre especies comerciales (peces, crustáceos y moluscos), tiburones, mamíferos marinos y tortugas marinas; y 3) **Áreas geográficas**, con capítulos sobre Golfo Dulce, Golfo de Nicoya, Golfo de Papagayo e Islas. Al final, se incluye un capítulo que contiene las principales recomendaciones y conclusiones finales. La mayor parte de los capítulos incluye cuadros, figuras y/o anexos que se encuentran agrupados al final de cada uno.

La primera sección consta de seis capítulos. El capítulo I presenta un análisis sobre lo que constituye un estuario, sus características físico-químicas y las razones que explican la alta productividad e importancia de estos sistemas. Además, aborda el estado de los principales sistemas estuarinos del país y presenta las principales amenazas que afectan a estos ecosistemas. En general, se recomienda prestar una mayor atención a los procesos que están degradando estos ecosistemas, muchos de los cuales están ligados propiamente al manejo de ecosistemas terrestres. Ejemplos de lo anterior son el desarrollo costero no planificado, la descarga de nutrientes, contaminantes y sedimentos desde los ríos y fuentes no puntuales y la sobre explotación de los recursos marinos. Varios temas ligados a los estuarios, como manglares (Cap. III) y pesquerías (Caps. VII-VIII), se discuten con más detalle en capítulos posteriores.

En el caso del segundo capítulo, se discuten los principales aspectos físicos y biológicos que afectan la vida en las playas arenosas, rocosas y fangosas. Debido al gran vacío que existe en cuanto al estudio de estos ecosistemas en Costa Rica, la principal recomendación que se desprende es la de incrementar

¹ Conservación Internacional, San José, Costa Rica, mquesada@conservation.org

la investigación científica en estos ecosistemas costeros. Las únicas excepciones a lo anterior son los estudios que se han llevado a cabo en la zona de Golfo de Nicoya, principalmente en playas fangosas y rocosas y a los estudios sobre anidación de tortugas marinas (Cap. XI). Los anteriores estudios son importantes al presentar clara evidencia de la complejidad y fragilidad de estos ecosistemas.

El capítulo III discute aspectos relacionados a uno de los principales ecosistemas costeros tropicales: los manglares. Luego de revisar las principales generalidades que distinguen a los manglares de otros ecosistemas, se revisa la literatura que en esta área se ha producido para Costa Rica. En particular, destaca el hecho de que el 99% de la cobertura de manglares del país se encuentra en la costa Pacífica, que la mayor área de manglar del país se encuentra en el Golfo de Nicoya y que el sistema más extenso es el de Sierpe-Térraba. En el caso del Caribe, el manglar más extenso es el de la Laguna de Gandoca. Luego de considerar la importancia ecológica y económica de los sistemas de manglar como sitios de reproducción, crianza y/o alimentación de gran diversidad de especies marinas, se analizan las amenazas que los afectan. Se destaca la importancia de los manglares del Parque Nacional Corcovado y la Laguna del Refugio de Vida Silvestre Gandoca-Manzanillo, los únicos del país que aun muestran la conexión bosque-manglar-océano.

Continuando el análisis de los principales ecosistemas marinos del país, el capítulo IV presenta el caso de los pastos marinos. Al igual que en capítulos anteriores, se discuten los principales aspectos biológicos y ecológicos de estos ecosistemas y se presenta la principal información de la que se dispone a la fecha para Costa Rica. Los pastos marinos son ecosistemas altamente productivos y de gran fragilidad. A parte de las amenazas naturales a las que están expuestos, los pastos marinos son susceptibles a la alta descarga de sedimentos y nutrientes por parte de ríos. Se recomienda incentivar la investigación básica sobre estos sistemas en el país.

El penúltimo capítulo de esta sección trata el importante tema de los arrecifes coralinos (Cap. V), los cuales se encuentran entre los más importantes y estudiados sistemas marinos del país. Los arrecifes coralinos destacan entre los más diversos del mundo y se encuentran fuertemente amenazados en la actualidad. En general, en Costa se pueden encontrar 59 especies de corales formadores de arrecifes (7.4% de la diversidad global), con 36 especies en el Caribe (55% del total de especies del Caribe) y 23 en el Pacífico (62% del total de especies del Pacífico Oriental). Destaca el hecho de que no existen especies en común al comparar las costas caribe y Pacífica de nuestro país. Las tres áreas más diversas del Pacífico son Isla del Coco, Bahía Culebra e Isla del Caño. En el Caribe, los arrecifes están limitados al sector sur, desde Limón hasta Manzanillo y presentan mayor desarrollo estructural que los del Pacífico. De nuevo, la sedimentación y el acelerado desarrollo costero se plantean como las principales amenazas antropogénicas sobre estos ecosistemas. Se recomienda fortalecer la investigación científica, la evaluación económica de estos ambientes en el país y aumentar la protección sobre estos ecosistemas.

Finalmente, la sección de ecosistemas cierra con un completo análisis sobre los centros de actividad biológica del país (Cap. VI). Este trata, en general, sobre los principales fenómenos oceanográficos que se dan en el ámbito regional y que afectan las aguas de la ZEE de Costa Rica. En particular, destaca el análisis técnico que se presenta sobre los sistemas de afloramiento de Papayo y el Domo de Costa Rica. Ambos son fenómenos altamente dinámicos y de importancia biológica debido a la alta productividad que esta asociada a las aguas en las que se desarrollan. Sin embargo, su protección a futuro requiere (sobretudo en el caso del Domo de Costa Rica) de una mejor comprensión y mayor estudio, así como del desarrollo de una estrategia de conservación altamente adaptable y dinámica que deberá necesariamente considerar a un amplio grupo de grupos interesados tanto a escala local como regional.

Los siguientes cinco capítulos se agrupan dentro del tema de grupos taxonómicos. Los capítulos VII y VIII discuten aspectos relevantes de las principales especies comerciales de peces, moluscos y crustáceos de interés comercial. En este punto, se retoma el tema de la importancia biológica de ecosistemas como los arrecifes de coral y manglares para la reproducción y crianza de gran diversidad de especies comerciales. La sobre explotación, pesca ilegal, no regulada y no reportada de muchos de estos grupos (e.g., camarones, tiburones), así como la extracción de especies de valor ornamental son amenazas importantes. Además, artes de pesca, como los de arrastre de fondo, son altamente dañinos para los ecosistemas marinos en general. Se considera el estado de gran parte de los recursos pesqueros nacionales, en particular los costeros, como crítico. Se recomienda que el gobierno preste una mayor atención integral al problema de las pesquerías, afrontando la problemática desde distintas perspectivas biológicas, sociales y económicas con el fin de avanzar hacia el adecuado manejo de estos recursos.

Además se recomienda la implementación espacial y/o temporal, de áreas de reserva en la ZEE de Costa Rica.

El informe continúa con el análisis de un grupo de animales que se encuentra altamente amenazado por la sobre explotación pesquera y degradación de los ambientes marinos: los tiburones (Cap. IX). En general, se discuten aspectos relevantes sobre la filogenia y biología de este grupo, poniendo en perspectiva su gran importancia como depredadores en el medio marino así como su gran vulnerabilidad a las prácticas y presiones pesquera actuales. Una gran limitante sobre el manejo de este grupo recae en la evidente falta de información existente. Un mayor esfuerzo de investigación sobre la biología y patrones de desplazamiento y distribución de las principales especies de tiburones es recomendado. Debido a que por lo general se trata de especies con amplios patrones de distribución y movimiento, se recomienda avanzar en el desarrollo de esfuerzos regionales de conservación.

El capítulo X aborda el tema de los mamíferos marinos en Costa Rica, un grupo que ha recibido creciente atención por parte de la comunidad científica nacional y por parte del sector turístico del país. En general, destaca el hecho de que Costa Rica se puede considerar como el país centroamericano con mayor conocimiento sobre sus poblaciones de mamíferos marinos, con un total de 34 especies reportadas para sus aguas. Entre otras características, destaca la presencia de manatíes (en peligro de extinción) y delfines de Guyana en zonas muy limitadas de la costa Caribeña, así como la confluencia temporal de poblaciones migratorias de ballenas jorobadas que viajan desde los hemisferios norte y sur hasta Costa Rica. La contaminación ambiental (química, sónica), la captura incidental y las actividades de observación (turística) de mamíferos marinos constituyen las principales amenazas sobre este grupo. Se recomienda la expansión de áreas protegidas como el PN Marino Ballena, PN Corcovado y la RB Isla del Caño; la regulación del tráfico de botes en zonas de alta actividad de mamíferos marinos y en zonas de alta visitación turística.

La sección cierra el capítulo XI sobre tortugas marinas. En este caso, se hace una revisión sobre la biología de las principales especies de tortugas marinas en nuestro país, así como sobre las principales amenazas, generales y específicas, que las afectan. Entre estas destacan la captura incidental y caza de animales, el saqueo de nidos, la depredación, la destrucción y/o alteración del hábitat de desove, la destrucción de la vegetación costera, la instalación de luces artificiales y el desarrollo de infraestructura costera no planificada. Destacan hechos como que Costa Rica sostiene a la mayor agregación de tortugas lora del Pacífico Oriental y una de la más grandes del mundo (playa Ostional); el que existen playas que juegan un papel vital en la supervivencia de la tortuga baula (playa Grande, Langosta, Naranja, Cabuyal y Gandoca); y el que el PN Tortuguero sea uno de los sitios de anidación de tortuga verde más importantes del mundo y el sitio que posee el programa de monitoreo continuo de tortugas marinas más antiguo del mundo. Se recomienda fortalecer los esfuerzos de conservación en las playas identificadas como de importancia para la anidación de estas especies amenazadas, así como la implementación de medidas de control pesquero que mitiguen la captura incidental de estos animales.

La última parte del informe esta conformada por cuatro capítulos que se concentran en el análisis de zonas geográficas de importancia para el país: Golfo Dulce (Cap. XII), uno de los sistemas mejor estudiados del Pacífico sur de Costa Rica y considerado como un “fiordo” tropical y la única cuenca anóxica de la costa Pacífica Americana. Es un sistema estuarino de productividad moderada, con importantes diferencias espaciales y temporales en la distribución y abundancia de sus organismos.

El Golfo de Nicoya (Cap. XIII), por su parte, es también un sistema estuarino, aunque radicalmente distinto de Golfo Dulce. Es el ambiente marino costero más estudiado y mejor conocido del país. Se trata de un sistema altamente productivo, con amplia cobertura de manglares y también profundamente explotado en los últimos 50 años.

Más al norte, se encuentra el Golfo de Papagayo (Cap. XIV), zona que se distingue por ser afectada por un sistema de afloramiento costero temporal durante los meses de época seca y por recibir influencia temporal del sistema de afloramiento del Domo de Costa Rica. El Golfo presenta una alta diversidad de especies de coral formadores de arrecife, pastos marinos y manglares que contribuyen con su riqueza y características especiales. Las importantes amenazas están sobretodo vinculadas al desarrollo costero y turístico acelerados.

Finalmente, se incluye un capítulo que subraya la importancia de dos importantes territorios insulares y áreas protegidas del Costa Rica: isla del Coco e Isla del Caño. En ambos casos, se recomienda ampliar la protección, manejo y esfuerzos de conservación asociados a cada área.

En total, el presente documento recomienda la protección de ocho áreas geográficas del país consideradas como prioritarias debido a las características biológicas y ecológicas que presentan, así como a las amenazas que las afectan: 1) Golfo de Papagayo y Bahía Culebra, 2) Golfo Dulce, 3) Isla del Caño, 4) Sistema Sierpe-Térraba, 5) Golfo de Nicoya, 6) Isla del Coco, 7) Caribe Norte (PN Tortuguero) y 8) Caribe Sur (RNVS Gandoca-Manzanillo).

En general, se ha determinado que las mayores amenazas que existen sobre los recursos marino-costeros del país son de origen antropogénico e incluyen aspectos como contaminación (sólidos, líquidos, sónica) del medio marino, la sobre explotación de los recursos, la falta de planificación y regulación adecuada sobre rápido desarrollo costero y sobre las pesquerías del país y la relativa falta de atención por parte del estado sobre la conservación de los ecosistemas marinos. Sobre este último aspecto, es importante señalar que el 0.7% de la ZEE del país que en la actualidad es protegido se considera como insuficiente y se recomienda incrementar dicha cifra hasta al menos un 10% de la ZEE con el fin de que el país se acerque a los estándares internacionales recomendados en el área de la conservación de recursos marinos. La existencia de zonas de reserva biológica dentro del medio marino es, sin lugar a dudas, una necesidad fundamental para garantizar la salud de nuestros ecosistemas marinos.

CAPITULO I

ESTUARIOS

Eddy Gómez Ramírez²

Resumen: Los estuarios son ecosistemas costeros, ubicados en regiones semicerradas, influenciados por las mareas, en donde el agua del mar se diluye por acción de los ríos. Su principal característica es el cambio, las aguas estuarinas están sometidas a variaciones en las condiciones de salinidad, temperatura y oxígeno disuelto, entre otros parámetros; también son importantes los materiales transportados por ellos, como los sedimentos suspendidos; los estuarios aportan nutrimentos inorgánicos a las zonas del mar adedañas a él. La elevada cantidad de las sustancias nutrientes hace que a estos ecosistemas se les considere de los más productivos que existen. Otra característica distintiva de los estuarios es servir como sumidero de los materiales provenientes de tierra adentro. Los organismos que habitan en este ecosistema han desarrollado adaptaciones fisiológicas que les permiten tolerar los cambios en salinidad, tanto en las aguas como en los sedimentos. En las regiones tropicales y subtropicales la vegetación imperante es el bosque de manglar, cuyos sustratos son sedimentos pobres en oxígeno y con abundante materia orgánica. La productividad de los estuarios es alta, lo que genera gran cantidad de alimento disponible, que a su vez favorece a los organismos que ahí habitan. Éstos pueden ser aves, tortugas, peces, crustáceos, bivalvos y otros invertebrados; para muchos de ellos este ecosistema es su único hábitat, mientras que otros lo utilizan como criadero de sus formas juveniles, como ocurre con peces y crustáceos. El crecimiento de los asentamientos humanos en regiones cercanas a las costas ha incrementado el efecto de la contaminación de origen antrópico. El hecho de acarrear aguas de escorrentía terrestre, implica que los estuarios reciben un aporte de los desechos humanos, como pueden ser las aguas de uso doméstico, los residuos de las actividades agrícolas y los residuos industriales. Además las actividades que se desarrollan en las zonas costeras como la explotación pesquera, el cultivo de camarones y de bivalvos, pueden afectar negativamente los recursos con que cuenta este ecosistema. Costa Rica cuenta con aproximadamente 69 estuarios, todos de gran riqueza y diversidad biológica, los principales se ubican en tres grandes sistemas: el Golfo de Nicoya, el Golfo Dulce y el delta Térraba-Sierpe; que desafortunadamente no están exentos de los problemas mencionados, por el contrario, se pueden agregar a esa lista la mala planificación de las áreas de recreo en las zonas costeras, la sedimentación excesiva que proviene de inapropiadas prácticas en los terrenos dedicados a la agricultura, por último están la tala de los bosques de manglar y el dragado de los canales de los esteros, para usar los terrenos anegados en distintas prácticas de acuicultura o en la obtención de sal. Para disminuir el deterioro de este importante ecosistema, se deben implementar políticas de conservación y mejores prácticas de aprovechamiento de sus recursos, además de buscar alternativas a los sistemas productivos existentes,

² Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR), Universidad de Costa Rica, San José, 2060, Costa Rica, egomez@cariari.ucr.ac.cr

de tal modo que no entre en juego el bienestar este hábitat. Las leyes de protección con que se cuenta no han dado los mejores resultados al tratar de detener su destrucción, se necesita de mejoras en la legislación y en los sistemas de vigilancia de esas leyes, con el fin de hacer un uso óptimo y equilibrado de las riquezas naturales que se obtienen de los estuarios.

Definiciones de estuario

Un estuario o estero es una masa de agua ubicada en una zona costera, en una cuenca semicerrada que está influenciada por las mareas. En un estero el agua del mar es diluida por el agua dulce que proviene de las escorrentías terrestres. No existen dos estuarios idénticos, de acuerdo con sus características geológicas, físicas y químicas. Ninguno de los estuarios existentes sobrepasa los seis mil años de antigüedad, debido a los procesos de sedimentación originados por los ríos y a las variaciones en el nivel del mar, factores que modifican lentamente el estuario (Olausson y Cato 1980).

Según la morfología de su terreno se pueden distinguir siete categorías: de relieve bajo en forma de L, de relieve bajo en forma de embudo, de relieve bajo cuya salida al mar se bloquea estacionalmente, de relieve alto, de relieve moderado, en forma de delta y de forma compuesta. Un estuario de relieve bajo en forma de L presenta barras de sedimento en la salida al mar, por ejemplo el Estero de Puntarenas, uno con forma de embudo es el Golfo de Nicoya, uno en forma de delta es el de Térraba-Sierpe, todos ellos de Costa Rica, en la costa pacífica. Los que se separan del mar por una barra intermitente de sedimentos generan en su interior una laguna costera. En el caso de los de relieve alto, la pendiente es mucho mayor y se asocian con fiordos, por su característico talud o meseta en la salida al mar, similar a lo que ocurre con el Golfo Dulce.

Si se toma en cuenta el balance del agua que contiene un estuario, se pueden hacer tres clasificaciones: 1) positivos, en los que la cantidad de agua dulce que recibe excede la cantidad perdida por evaporación y se produce la disminución en la salinidad de sus aguas, con respecto al agua del mar que entra, como es el caso del Golfo de Nicoya (Lizano y Vargas 1993.2) neutros, en donde la evaporación y la entrada de agua dulce son relativamente iguales y 3) los negativos, donde la evaporación sobrepasa la entrada de agua dulce al estuario, esto produce un aumento en la salinidad de sus aguas (Day *et al.* 1987). No se tiene conocimiento de que los tipos 2 y 3 existan en Costa Rica, pero por la elevada cantidad de precipitaciones de este país se esperaría que no sean comunes.

Se distinguen tres zonas principales en un estuario: la boca, la región media y la cabeza. La boca corresponde a la sección que se encuentra en contacto directo con el mar, por lo tanto tiene una marcada presencia de agua de mar en la columna de agua, tanto así que generalmente solo se miden altos valores de salinidad similares a los del agua de mar, alrededor de 35 u.p.s (unidades prácticas de salinidad). En la zona media ocurre la mezcla estuarina, es el estuario propiamente dicho, es una región donde convergen el agua dulce y la salada y por lo general contiene marcados gradientes de distintos parámetros físicos y químicos a lo largo de la columna de agua. La cabeza es el segmento de claro dominio del agua dulce, es una zona fluvial, con salinidades muy bajas, cercanas a cero. La separación entre estas tres porciones varía con respecto a las condiciones climáticas y con el movimiento de las mareas (Olausson y Cato 1980, Day *et al.* 1987).

Se pueden establecer otras clasificaciones de acuerdo con las características de la masa de agua transportada por el estuario, si desde la cabeza hasta la boca del estuario existe un gradiente de salinidad que se mantiene constante a lo largo de la columna de agua, entonces es un estuario totalmente mezclado, de forma vertical. Mientras que la existencia de cambios en la salinidad de la columna de agua, en un mismo sitio y al desplazarse hacia la boca, hacen que el estuario sea estratificado. El agua de mar es más densa que el agua dulce, puesto que es más salada, en un estuario estratificado la primera se desplaza por debajo de la segunda y en dirección contraria a ella, según la dirección de la marea. Sin embargo estos son los casos extremos, porque, la capa de agua salada y la dulce se mezclan en mayor o menor grado, según sean las condiciones del viento y la marea entre otros factores.

La salinidad no es el único parámetro que caracteriza la mezcla estuarina, también están el oxígeno disuelto y la temperatura. Los tres desempeñan un papel importante, debido a que son los factores que rigen muchos de los procesos físicos, químicos y biológicos que ocurren en los cuerpos de agua. La temperatura que se registra a lo largo de un estuario es el resultado de los movimientos de agua y del intercambio de energía calórica intercambiada con la atmósfera. El oxígeno disuelto se ve afectado por la interacción con la atmósfera (en la capa superficial), por la actividad biológica, por procesos físico

químicos (Gross 1972).

El proceso de mezcla que ocurre en las aguas estuarinas genera transformaciones en las sustancias que transporta. El agua dulce, de escorrentía terrestre, se desplaza cargada con los productos de la intemperización de los suelos que están en la cuenca. Cuando se encuentran con las aguas de mar, ocurre una mezcla gradual, que implica la floculación de algunas de estas sustancias debido también a los cambios en el pH, que disminuyen su solubilidad. No todos los sedimentos llegan directamente al mar, muchos son retenidos en el estuario. Una vez ahí atrapados se caracterizan por ser pobres en oxígeno y ricos en materia orgánica, además favorecen la regeneración de los nutrimentos y el intercambio de éstos con la columna de agua (UNESCO 1978). Por tal motivo es que los estuarios constituyen tanto sumideros como transformadores de las sustancias que ingresan en ellos. En el caso de los metales, cuando entran en contacto con el agua de mar, pueden cambiar su estado de oxidación, adsorberse sobre partículas o incorporarse a los organismos vivos. Del mismo modo otras sustancias pueden formar compuestos de coordinación con moléculas orgánicas presentes en la mezcla estuarina y precipitarse con los sedimentos que reposan en el fondo. Cuando los parámetros cambian es posible que las especies químicas se disuelvan o se transformen en compuestos de mayor disponibilidad para los organismos vivos (Horne 1969).

Productividad y Vida en los Estuarios

En general los estuarios contienen gran cantidad de nutrimentos inorgánicos, que fertilizan las aguas costeras adyacentes a ellos (Gocke *et al.* 2001) por lo tanto se consideran los ecosistemas más productivos (Gross 1972, Kormondy 1996). La cantidad de materia orgánica producida por medio de la fotosíntesis y que está disponible para el siguiente nivel trófico, se conoce como productividad primaria neta, se genera en las microalgas llamadas fitoplancton, que construyen su propio alimento al usar los compuestos nutrientes que hay en el agua, además de la luz solar.

La presencia de alimento suficiente hace que los estuarios sean zonas de amplia diversidad biológica, Los seres vivos típicos de este hábitat han logrado sobrevivir gracias a que cuentan con adaptaciones fisiológicas que les permiten tolerar las condiciones cambiantes de este medio (Sumich 1976).

En los estuarios de las regiones tropicales y subtropicales la vegetación predominante es el manglar (Goldman y Horne 1983, Jiménez 1994) este es el nombre con que se denomina en forma general a una serie de especies vegetales, entre ellas *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Rhizophora mangle*, que crecen en las condiciones de salinidad imperantes y que sirven de hábitat para una gran cantidad de organismos estuarinos, otras plantas asociadas al manglar pueden ser arbustos, hierbas, palmas y bejucos (Jiménez y Soto 1985). El manglar le brinda al estuario importantes cantidades de materia orgánica e inorgánica (Suman 1994).

La fauna presente en los estuarios incluye una amplia gama de invertebrados, que tienen un papel central en el procesamiento de los sedimentos y de los detritos (Vargas 1987, Wolff *et al.* 1998); además algunos de ellos tienen un alto interés comercial como es el caso de los camarones, cangrejos y algunos bivalvos. También hay vertebrados como aves, reptiles, anfibios y peces, estos últimos son el recurso comercialmente más explotado de los estuarios (Wolff *et al.* 1998, Campos y Corrales 1986).

La mayoría de estos animales habitan permanentemente en estos ecosistemas, pero otros sólo pasan ciertos estadios de su vida en estos sitios, tal es el caso de ciertos peces que usan las aguas de los estuarios como zonas de reproducción, criadero de sus larvas y de sus organismos juveniles (Dittel *et al.* 1991).

Costa Rica

En Costa Rica la mayoría de los estuarios se ubican en la costa pacífica, con una vegetación y fauna típicas de las regiones tropicales (Figura 1 del Atlas en Anexo), el más estudiado e importante de ellos es sin duda el Gofó de Nicoya, el cual presenta grandes dimensiones, con una longitud de 80 Km y una anchura promedio 14 Km, aproximadamente. En la parte interna está fuertemente influenciado por el río Tempisque (Voorhis *et al.* 1983), que está relleno su cuenca con los sedimentos fluviales que transporta. Por su naturaleza geológica, corresponde a un área de hundimiento tectónico (Denyer y Kussmaul 2000). En la época seca sus aguas presentan poca estratificación pero en la época lluviosa se convierte en un estuario estratificado (Lizano y Vargas 1993). Sustenta el esfuerzo pesquero más importante de la zona costera del país, la mayor parte de las especies comerciales se encuentran en este lugar: pargos, róbalo, corvina y bagres (Rojas *et al.* 1994). Otra región de marcado interés es el

Golfo Dulce, que encierra en sus límites varios esteros de mayor o menor tamaño, la mayoría de ellos sometidos a actividades de extracción de recursos de manera más o menos artesanal, (MINAE 1998, Silva y Carrillo 2004). El delta Térraba-Sierpe, es el tercer gran sistema estuarino del país y su cuenca alberga el manglar de mayor tamaño de Costa Rica (MINAE 1998).

En el cuadro 1 del anexo se tiene la información del número de estuarios que se encuentran dentro de los límites de las distintas áreas de protección o conservación de Costa Rica, según este cuadro hay 2 esteros protegidos dentro del Área de Conservación Guanacaste (ACG), en el Área de Conservación Tempisque (ACT) hay 2 estuarios protegidos y 3 en el Área de Conservación Pacífico Central (ACOPAC), 1 área de arrecifes, 5 de manglar y 3 estuarios, mientras que para el Área de Conservación Osa (ACOSA) se contabilizan 4 estuarios protegidos (Cuadro 1 del Atlas en Anexo). Existen estuarios de menor tamaño que se encuentran fuera de las zonas protegidas ya mencionadas.

La vegetación nuclear de estos estuarios es el mangle, se conocen siete especies reportadas para Costa Rica (Jiménez y Soto 1985). En la figura 2 del anexo se pueden observar los principales manglares de Costa Rica, éstos coinciden con los estuarios de la figura 1. De las especies animales se conocen alrededor de 53 especies de moluscos y crustáceos, 153 especies de peces, 17 de reptiles y anfibios, 17 de mamíferos y 155 de aves (MINAE 1998).

Las playas lodosas de entre mareas conforman un sector importante dentro de los ambientes que se distinguen en un estuario, en este país la mayoría se ubican en el Golfo de Nicoya y funcionan como hábitats de un gran número de organismos vivos, se han realizado estudios a cerca de la composición, abundancia y distribución de la fauna que predomina en ellas (Vargas *et al.* 1985, De la Cruz y Vargas 1987, Vargas 1987).

El conocimiento generado con respecto a las zonas estuarinas se concentra en los siguientes aspectos: se ha tratado de determinar la ubicación de todos los estuarios, se ha realizado la caracterización de la vegetación existente, se han aumentado las listas de especies animales que los habitan, se han estudiado algunas de sus interacciones ecológicas generales y más recientemente se han producido planes de manejo de sus recursos. (MINAE 1998, Cuadro 1 del Atlas en Anexo).

Los vacíos de información se encuentran en los temas relacionados con los aspectos físico-químicos y de calidad sanitaria de sus aguas. Datos de este tipo sólo se conocen de manera puntual para los sitios de mayor interés por su cercanía a centros de población importantes y por los recursos con que cuentan (Golfo de Nicoya, Golfo Dulce y delta Térraba-Sierpe).

Amenazas

Con el aumento en la población del país los problemas de contaminación, generados por el mal manejo de los desechos de las actividades humanas, han ido en aumento (Programa Estado de la Nación 2005). Los ecosistemas costeros no están exentos de estos males, por el contrario, son tal vez los más afectados.

Los factores que degradan los estuarios se pueden ubicar en dos grandes categorías: la sobreexplotación de sus recursos y la contaminación.

Es conocida la problemática de los pescadores artesanales del país; también se ven afectadas otras personas que realizan actividades asociadas a la extracción otros recursos de las zonas estuarinas, como lo es el cultivo de bivalvos, la producción de sal, la extracción de madera para carbón y la producción de camarones. Las técnicas de acuicultura y de producción de sal necesitan de las aguas salobres de los estuarios para anegar los canales y piletas que utilizan en sus sistemas de producción, en ciertos casos es necesario el desvío del curso original de los canales de los estuarios. Esta práctica puede traer consigo un cambio en la salinidad de los terrenos, lo que a su vez genera problemas en la vegetación típica del lugar (Soto y Corrales 1987).

Las prácticas agrícolas inapropiadas junto con la tala del bosque de manglar provocan un incremento en la cantidad de los sedimentos transportados por los afluentes de un estuario (Programa Estado de la Nación 2005); la sedimentación de los canales de los estuarios y su posible obstrucción dificulta el adecuado movimiento de especies animales, además de imposibilitar la navegación, junto con la disminución en la penetración de la luz en la columna de agua, que consecuentemente podría disminuir la productividad primaria. El cambio drástico en la dinámica de corrientes en la zona costera, puede ser otra consecuencia de la sedimentación, además se debe tomar en cuenta el efecto negativo que algunos desarrollos turísticos costeros generan en el recurso hídrico disponible (Programa Estado de la

Nación 2005) y en la transformación de los ambientes estuarinos para su propio beneficio.

Por su parte, la contaminación se manifiesta de distintas maneras. En algunos casos se da por materia fecal, proveniente de los centros de población cercanos y que se dispersa en las aguas estuarinas, y afecta a los organismos que viven en estos ambientes (Acuña *et al.* 1998, Palacios *et al.* 1999). Los metales pesados también forman parte de los agentes contaminantes que llegan hasta los estuarios, aunque para Costa Rica las concentraciones, en algunas zonas costeras, son menores que las que se reportan para otros países (Canário *et al.* 2003, García *et al.* 2004, Campana *et al.* 2005). La lista de los contaminantes antropogénicos la complementan compuestos orgánicos persistentes como: bifenilos policlorados, plaguicidas organoclorados, algunos hidrocarburos aromáticos policíclicos. A ellos se deben sumar los compuestos tensoactivos, generadores de espumas, que se caracterizan por su alta toxicidad y que aun en bajas concentraciones son peligrosos ya que actúan como alteradores endocrinos (Spongberg 2004, Lara *et al.* 2005, Martins *et al.* 2005).

Las aguas servidas son ricas en desechos con altos contenidos de materia orgánica y en ocasiones también contienen otros compuestos como fertilizantes; ambos tipos de desechos cuando llegan al estuario alteran los niveles naturales de los nutrientes inorgánicos, generalmente se da un aumento, en especial con el fósforo y el nitrógeno. Este incremento se conoce como eutroficación y produce el crecimiento anormal e indeseable de macro y micro algas, que repercuten en la cantidad de oxígeno disponible para los organismos acuáticos, disminuyen la luz que penetra en la columna de agua o generan compuestos tóxicos para otros seres vivos. Claro ejemplo de esta situación se da en el Estero de Puntarenas, para el cual se han reportado elevadas cantidades de coliformes fecales y niveles moderados de hidrocarburos disueltos y dispersos en sus aguas (Acuña *et al.* 1998, Acuña *et al.* 2004).

Recomendaciones

Aunque los estuarios de Costa Rica actualmente están protegidos por las áreas de conservación que existen y por las leyes que así lo contemplan (MINAE 1998), este hecho no ha evitado que el deterioro sea palpable en muchos de ellos, en mayor o menor grado. Se debe establecer una mejor vigilancia de estos ecosistemas, además de un adecuado tratamiento de los desechos que en la actualidad llegan a los estuarios provenientes de las zonas urbanas y de las agrícolas. No se puede dejar de lado la relevancia de estos ambientes desde el punto de vista de su belleza escénica, por lo que se hace necesaria una mejor planificación de los proyectos turísticos y de recreación que se construyen en las cercanías de dichos ambientes.

Es importante aumentar el conocimiento científico que existe sobre dichos ambientes, esto implica más proyectos de investigación que estudien los estuarios desde distintas perspectivas (persistencia de contaminantes, descripciones sobre su fauna y su flora, dinámica de sus aguas, entre muchos otros tópicos). Es necesario incrementar los planes de monitoreo en los tres sitios que contienen la mayoría de los estuarios del país, e involucrar nuevos focos de estudio, con el fin de generar bases de datos que permitan observar variaciones, a lo largo del tiempo, en los parámetros estudiados y por sobre todo, que sirvan como fuente de información en la toma de decisiones.

Hay que poner especial atención a la búsqueda de alternativas sostenibles en los métodos de cultivo o en la extracción de recursos de los estuarios, tal como lo puede ser la implementación de planes de manejo integrales, que respondan a las necesidades de las comunidades o mejoras en las técnicas de acuicultura que en los últimos tiempos han desplazado las prácticas tradicionales.

La protección y la conservación de los estuarios, junto con todos sus recursos, están directamente ligadas al empeño que los seres humanos coloquen en estas causas, por medio de políticas gubernamentales específicas y con el apoyo de las comunidades cercanas a las zonas costeras.

Referencias

- Acuña, J. A.; V. García y J. Mondragón. 1998. Comparación de algunos aspectos físico-químicos y calidad sanitaria del Estero de Puntarenas, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 46. Supl. 6: 1-10.
- Acuña, J. A.; J. A. Vargas, E. Gómez y J. García. 2004. Hidrocarburos de petróleo, disueltos y dispersos en cuatro ambientes costeros de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 52. Supl. 2: 43-50.
- Campana, O.; A. Rodríguez y J. Blasco. 2005. Biodisponibilidad de metales pesados en el Estuario de Río Guadalete (SO Península Ibérica). *Ciencias Marinas*, 31 (1B): 135-147.
- Campos, J. y A. Corrales. 1986. Preliminary results on the trophic dynamics of the Gulf of Nicoya, Costa Rica. *An. Inst.*

- Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 13 (2): 329-334.
- Canário, J; C. Vale y M. Caetano. 2003. Mercurio en sedimentos y aguas intersticiales de un sitio contaminado del estuario del Tajo. *Ciencias Marinas*, 29 (4): 535-545.
- Day, J. W; C. A. Hall; W. M Kemp y A. Yáñez-Arancibia. 1987. *Estuarine Ecology*; Wiley-Interscience Publication, New York. 219 p.
- De la Cruz, E y J. A. Vargas. 1987. Abundancia y distribución vertical de la meiofauna en la playa fangosa de Punta Morales, Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 35 (2): 363-367.
- Denyer, P y S. Kussmaul. 2000. *Geología de Costa Rica*; Editorial Tecnológica de Costa Rica, Cartago. 203 p.
- Dittel, A. I; C. E. Epifanio; y O. Lizano. 1991. Flux of crab larvae in mangrove creek in the Gulf of Nicoya, Costa Rica. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 32, 129-140.
- García, J; J. A. Acuña y J. A. Vargas. 2004. Metales traza en sedimentos de cuatro ambientes costeros de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 52. (Suppl. 2): 51-60.
- Gocke, K. J. Cortés; y M. Murillo. 2001. The annual cycle of primary productivity in a tropical estuary: The inner regions of the Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 49. Supl. 2: 289-306.
- Goldman, C. R. y A. J. Horne. 1983. *Limnology*; Mc Graw-Hill Book Company, New York. 337 p.
- Gross, M. G. 1972. *Oceanography a view of the earth*; Prentice-Hall, Inc, New Jersey 581 p.
- Horne, R. A. 1969. *Marine Chemistry*; Wiley-Interscience, New York. 568 p.
- Jiménez, J. A y R. Soto. 1985. Patrones regionales en la estructura y composición florística de los manglares de la Costa Pacífica de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 33 (1) 25-37.
- Jiménez, J. A. 1994. *Los manglares del Pacífico Centroamericano*. EFEUNA, Heredia. 352 p.
- Kormondy, E. J. 1996. *Concepts of Ecology* 4th edition; Prentice Hall, New Jersey. 378 p.
- Lara, P. A; A. Parra; M. Petrovic; D. Barceló y E. González. 2005. Distribución de contaminantes orgánicos en sedimentos costeros de la Bahía de Cádiz. *Ciencias Marinas*, 31 (1B): 203-212.
- Lizano, O. y J. A. Vargas. 1993. Distribución espacio-temporal de la salinidad y la temperatura en la parte interna del Golfo de Nicoya. *Tecnol. en Marcha* 12(2): 3-16.
- Martins, M, A. M. Ferreira y C. Vale. 2005. Composición de PCB en el material y los sedimentos de inundación del estuario del río Guadiana. *Ciencias Marinas*, 31 (1B): 285-291.
- MINAE/SINAC-UICN/ORMA. 1998. *Inventario de los humedales de Costa Rica*; UICN, San José. 380 p.
- Olausson, E. y I. Cato, Eds. 1980. "Chemistry and biogeochemistry of estuaries". Wiley-Interscience, Chichester. 452 p.
- Palacios, A; L. Hun y F. Vega. 1999. Ausencia de detección de enterovirus en bivalvos *Anadara tuberculosa* (Bivalvia: Arcidae) por contaminación química en el Pacífico de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 47 (3): 419-427.
- Programa Estado de la Nación, Informe XI, 2005.
- Rojas, J. R; M. Castro y J. F. Pizarro. 1994. Lista agregada de peces en tres zonas de manglar del Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Uniciencia*. 11 (1-2): 89-96.
- Silva, A. M y N. N. Carrillo. 2004. El manglar de Purruja, Golfito, Costa Rica: un modelo para su manejo. *Rev. Biol. Trop.* 52 (Supl 2): 195-201.
- Soto, R y L. F. Corrales. 1987. Variación de algunas características foliares de *Avicennia germinans* (L.) L. (Avicenniaceae) en un gradiente climático y de salinidad. *Rev. Biol. Trop.* 35 (2): 245-256.
- Sponberg, A. L. 2004. PCB concentrations in sediments from the Gulf of Nicoya estuary, Pacific coast of Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 52. (Suppl. 2): 11-22.
- Suman, D. O. 1994. *El Ecosistema de Manglar en América Latina y la Cuenca del Caribe: su Manejo y Conservación*, The Tinker Foundation, New York. 1-20 p.
- Sumich, L. J. 1976. *Biology of Marine Life*. Wm. C. Brown Company Publishers, Iowa. 548 pp.
- UNESCO. 1978. *Biogeochemistry of estuarine sediments*. Proceedings of a Unesco/SCOR workshop held in Melreux, Belgium. 29 November to 3 December 1976. Imprimerie Floch, Mayenne. 293 p.
- Vargas, J. A; H. K. Dean; D. Maurer y P. Orellana. 1985. Lista preliminar de invertebrados asociados a los sedimentos del Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Brenesia* 24: 327-342.
- Vargas, J. A. 1987. The benthic community of an intertidal mud flat in the Gulf of Nicoya, Costa Rica. Description of the community. *Rev. Biol. Trop.* 35(2): 299-316.
- Voorhis, A. D; C. E. Epifanio; D. Maurer; A. Dintel y J. A. Vargas. 1983. The estuarine character of the Gulf of Nicoya, an embayment on the Pacific coast of Central America. *Hydrobiologia*. 99: 225-237.
- Wolf, M; V. Koch; J. B. Chavarría y J. A. Vargas. 1998. A trophic flow model of the Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 46. Supl. 6: 63-79.

CAPITULO II

PLAYAS

Marco A. Quesada Alpízar³

Resumen: Costa Rica cuenta con más de 1200 km de costas con sustratos rocosos, arenosos y fangosos que juegan un importante papel dentro de las redes tróficas marino costeras y en la transición física y biológica que se da entre los sistemas terrestres y los marinos. El presente capítulo se fundamenta en información básica sobre los distintos ambientes de playa y discute la limitada información científica disponible sobre los ecosistemas costeros de Costa Rica. En general, se recomienda la protección de las playas del país de amenazas como la contaminación costera, la extracción de materiales y la construcción de infraestructura en la zona pública de estas.

Numerosas playas alrededor del mundo son protegidas como AMPs (Áreas Marinas Protegidas) dada su importancia para la crianza, reproducción y alimentación de gran variedad de especies de invertebrados, aves, reptiles y mamíferos. Así mismo, la vegetación que habita frente a la playa prospera bajo condiciones de estrés por las condiciones que ahí se dan y a las que están especialmente adaptadas. La vegetación en las playas juega un rol significativo en la estabilización de dunas, atrapando y manteniendo la arena que es transportada por el viento (Salm *et al.* 2000).

Costa Rica tiene gran cantidad de playas de tipo arenoso, rocoso y fangoso distribuidas a lo largo de sus más de 1200 Km de costa (Ver Anexo, Capítulo XVI, Figura 9). En general, una playa puede ser dividida en las zonas submareal (que se extiende hacia el mar desde la línea de marea baja), intermareal (desde la línea de marea baja hasta la línea de marea alta) y supramareal (playa arriba desde la línea de marea alta). Las playas arenosas y fangosas son, básicamente, depósitos costeros de sedimento y son áreas altamente dinámicas. Las playas se componen de los materiales que estén disponibles y son erosionados en el ámbito local. Así, por ejemplo, si la fuente primaria de sedimentos es un río, estos serán de carácter fino y generará una playa fangosa, como las observadas en algunas partes del Golfo de Nicoya. En otros casos, las playas están formadas en su mayor parte por los restos de organismos que habitan las zonas costeras, como moluscos y corales, por ejemplo. Sea cual sea el material que compone una playa, es importante tener en cuenta que estos no se mantienen estáticos en la playa sino que se mueven constantemente por la acción de las olas (Levington 1995, Thurman y Trujillo 1999).

Diferencias en la forma y posición de las playas reflejan la interacción entre los fenómenos de deposición (ganancia) y la erosión (pérdida) de arena. Sobre esto, es importante considerar que los ciclos de erosión y deposición en las playas pueden responder a fuerzas que actúan lejos de la playa en sí. De especial importancia son los bancos de arena de la costa y las corrientes, los sistemas de dunas tierra adentro, y los flujos de los ríos que llevan arena al mar (Salm *et al.* 2000).

³ Conservación Internacional, San José, Costa Rica, mquesada@conservation.org

Los organismos que, en general, habitan el fondo de los océanos se conocen como el bentos. Se estima que aproximadamente el 98% de todas las especies conocidas que habitan los océanos son benthicas. En cuanto a la productividad del bentos, se considera que esta se relaciona fuertemente a la productividad fotosintética de las aguas superficiales cercanas (Levington 1995, Thurman y Trujillo 1999).

Playas rocosas

Las playas rocosas se caracterizan por organismos que habitan en su superficie (epifauna) y que se encuentran ya sea permanentemente pegados al sustrato (e.g., algas) o organismos que se mueven sobre el sustrato (e.g., cangrejos). La biota de las playas rocosas se puede dividir claramente de acuerdo a la zona en la que se desarrolle: submareal, intermareal o supramareal. En general, la biodiversidad de las zonas rocosas es mediana si se le compara con otros ambientes benthicos. Ejemplos de organismos que se pueden encontrar en playas rocosas son crustáceos, como cangrejos e isópodos, y moluscos, como gastrópodos y cucarachas de mar. Además, las lagunas que se forman en la zona intermareal son ricas en especies de algas, equinodermos y otros invertebrados como gusanos, anémonas y cirripedios (Levington 1995, Thurman y Trujillo 1999).

En Punta Morales, Golfo de Nicoya, Díaz-Ferguson y Vargas-Zamora (2001) estudiaron la población del cangrejo porcelánido *Petrolisthes armatus* en la zona intermareal de una playa rocosa y se determinó que la especie se reproduce durante todo el año y presenta picos de abundancia que coinciden con los de otros crustáceos en el Golfo de Nicoya.

Playas cubiertas de sedimento

Las playas cubiertas por sedimento varían desde aquellas compuestas por piedras y cántaros (e.g., Isla del Coco), donde la energía de las olas es usualmente alta, a aquellas playas fangosas ubicadas por lo general en bahías protegidas (e.g., Cocorocas, Golfo de Nicoya). Sin embargo, las playas cubiertas por sedimentos con las que las personas están más familiarizadas son las playas arenosas (e.g., mayoría de playas de Guanacaste y Caribe sur), donde la energía de las olas es usualmente moderada. En general, a medida que la energía de la playa disminuye, también lo hace el tamaño de las partículas de sedimento que allí se encuentran lo que, a su vez, aumenta la estabilidad de los sedimentos. Las playas de sedimentos suaves son en realidad una mezcla de partículas orgánicas e inorgánicas y agua que se acumula en los poros entre las partículas. Los organismos que habitan estos sedimentos son afectados por las variaciones que se observan en estos factores (Levington 1995, Thurman y Trujillo 1999).

En general, los organismos que habitan playas cubiertas por sedimento se distinguen por la habilidad de enterrarse en la playa (infauna). La mayoría de las playas cubiertas por sedimentos tienen una zonación similar a la discutida anteriormente para el caso de las playas rocosas. En general y al igual que en playas rocosas, la mayor biomasa y número de organismos se observa cerca de la línea de marea baja y ambas disminuyen hacia la línea de marea alta. Esta zonación es más desarrollada en playas de pendiente pronunciada y sedimentos gruesos que en playas de poca pendiente y sedimentos finos.

La vida en playas cubiertas por sedimentos requiere de adaptaciones muy distintas de lo que se puede observar en playas rocosas. Las playas arenosas tienen por lo general una menor diversidad de organismos que una playa rocosa, aunque el número de individuos encontrados puede ser igual de alta. Debido a que el enterrarse parece ser la mejor y más común adaptación en playas de sedimento, la vida está en su mayor parte oculta debajo de la arena o el fango y es mucho menos obvia que en otros ambientes. Al estar enterrados, estos organismos encuentran ambientes relativamente más estables que en la superficie, donde los cambios en la humedad y temperatura a lo largo del día pueden ser fuertes (Levington 1995, Thurman y Trujillo 1999).

Entre estos organismos, los métodos más comunes de alimentación son la alimentación de materia en suspensión (filtradores, como almejas, algunos poliquetos) y la alimentación de materia depositada (e.g., detritívoros como pepinos de mar, algunos poliquetos y cangrejos). Además, están los organismos carnívoros.

Playas arenosas

En este tipo de playas no existen tantos organismos sésiles, como en las playas rocosas, debido a que el sustrato es menos estable y no permite que las criaturas se fijen. En cambio, la mayor parte

de los organismos se encuentra enterrados en la arena. Ejemplos de estos organismos son moluscos bivalvos como almejas, gusanos segmentados (i.e., anélidos), crustáceos (e.g., cangrejos, isópodos) y equinodermos (e.g., estrellas y pepinos de mar). Además, existe gran variedad de organismos pequeños (0.1-2 mm) que viven entre los espacios que existen entre las partículas de sedimento. Esta fauna está compuesta principalmente por poliquetos, moluscos, artrópodos y nemátodos. Estos organismos, como es de esperar, son altamente susceptibles al daño mecánico producido por el paso de vehículos y animales en la playa (Levington 1995, Thurman y Trujillo 1999).

Dexter (1974) estudió la infauna de playas arenosas en 13 playas del Pacífico y Caribe de Costa Rica: Playa Bonita (Limón), Playa Aeropuerto (Limón), Cahuita (norte y sur), Puerto Viejo, Playita Blanca (Coco, Guanacaste), Tamarindo, Sámara, Puntarenas (La Punta), Boca de Barranca, Jacó, Cocal (Quepos) y Espadilla (Quepos).

En general, la autora determinó que las playas del Pacífico presentan mayores densidades y números de especies que las del Caribe. Estas últimas presentaron sedimentos mas gruesos que las del Pacífico. Además, se determinó que los grupos dominantes fueron crustáceos (43-55 %), anélidos (24-25 %) y moluscos (9-19%). Entre los principales factores físicos que pueden explicar las diferencias observadas entre ambas costas se encuentran los distintos patrones de marea y las características del sedimento en cada playa (Dexter 1974).

Por otra parte, en la zona del Caribe, Cortés (1991) hace una síntesis de la información biológica existente para el refugio nacional Gandoca-Manzanillo. Este refugio cuenta con extensas playas arenosas compuestas de material mineral (magnetita) y carbonatos (fragmentos de coral, conchas, foraminíferos y material fósil). Entre la fauna que se encuentra en estas playas destacan organismos como cangrejos (*Ocypode quadratus*, *O. aldicens*, *Gecarcinus lateralis* y *Cardisoma guanhumi*) y bivalvos (*Donax denticulatus* y *D. striatus*). Además, cabe destacar la anidación de tortugas baula (*Dermochelys coriacea*) y verde (*Chelonia mydas*) en las playas que se encuentran entre Punta Mona y el Río Sixaola. En general, Cortés (1991) recomienda ampliar el estudio de las playas de la región.

En el Pacífico, Willis y Cortés (2001) estudiaron los moluscos en el Parque Nacional Manuel Antonio y reportan 74 especies (63 de gastrópodos, 9 de bivalvos y dos de quitones). Lo anterior sube la lista de moluscos para el Parque Nacional a un total de 97 especies, de las cuales 69 son reportes nuevos para el área. De estas, 32 especies fueron halladas en litoral rocoso intermareal. Al menos una especie comestible, *Siphonaria gigas*, fue hallada en altas abundancias por primera vez en este estudio, lo que parece deberse a la protección brindada por el parque a los ambientes costeros.

Playas fangosas

Las playas fangosas, con sus sedimentos finos y suaves pendientes están habitadas por organismos como cangrejos, nemátodos, poliquetos, moluscos y crustáceos. Estas son quizás, las playas que han recibido un poco mas de atención por la comunidad científica nacional. (Lo anterior es válido si se dejan de lado las in Troeng 2005, com. persvestigaciones realizadas sobre anidación de tortugas marinas en playas nacionales. Ver capítulo sobre tortugas en este informe.).

En Costa Rica, los estudios en playas se concentran en las playas fangosas del Golfo de Nicoya (De la Cruz y Vargas 1987; Maurer *et al.* 1987, 1988; Vargas 1987, 1988a, b, 1989, 1996), uno de los estuarios tropicales mejor estudiados del mundo (Vargas 1996). Además, existen estudios sistemáticos sobre organismos bentónicos en el Pacífico de Costa Rica, en particular sobre poliquetos (Dean 2001 a, b) y sipuncúlidos (Dean 2001 c).

En general, los estudios anteriormente señalados describen la ecología y diversidad de la fauna asociada a playas fangosas en el Golfo de Nicoya así como sus patrones de variación temporal (fases de época seca y lluviosa, respectivamente) (Vargas 1988a, 1989, 1996). Entre otras cosas, se ha determinado que playas fangosas como las estudiadas en el Golfo de Nicoya juegan un importante papel dentro de los sistemas marinos y se estima que la producción primaria de las microalgas en estos sistemas podría incluso exceder la de los bosques de manglar. Las investigaciones realizadas hasta la fecha, aunque escasas, resaltan la importancia ecológica que las playas fangosas tienen dentro de los ecosistemas marinos contiguos y son de hecho, cruciales para la supervivencia de muchas especies (Vargas 1996). Finalmente, se han realizado estudios sobre varias especies de moluscos costeros de importancia comercial, entre los que destacan:

- El estudio de la biometría de almejas (*Modiolus capax*) en playa Ocotol, Guanacaste (Cabrera *et al.* 1995).
- El estudio de la morfometría de la ostra (*Pinctada mazatlanica*) en Isla Pájaros, golfo de Nicoya (Solano *et al.* 1995).
- Estudio sobre el crecimiento y ciclo reproductivo de la almeja verde, *Polymesoda radiata*, en la desembocadura del río Bebedero, Guanacaste y recomiendan una talla mínima de 30mm para la comercialización de esta especie (Ruiz-Campos *et al.* 1998).
- Estudio del crecimiento y madurez sexual del ostión (*Saccostrea palmula*) en Punta Morales, Puntarenas (Cabrera *et al.* 2001).

Recomendaciones

Al proteger playas, se debe de tener en consideración que la estabilización de las playas es un proceso difícil debido a las fuerzas naturales que allí operan. Por esto, es recomendable no intervenir con trabajos de ingeniería en las zonas de playa. La extracción de arena de alguna parte de la playa (playa seca, playa húmeda, barrera o una zona costera sumergida) puede resultar en la erosión y retroceso del frente de la playa. Además, las excavaciones de arena en la playa para construcción pueden resultar en la destrucción de sistemas protegidos de arrecifes coralinos, mientras que la construcción de diques marítimos puede agotar o eliminar una playa. Así mismo, actividades como la minería de arena de los ríos, las represas y las medidas de control de inundaciones pueden robar a una playa suministros críticos de material. Esto podría minimizar el volumen de material depositado y resultar en la erosión a la playa.

Al tratar de manejar los ambientes de playa, es importante considerar aspectos como la protección de especies y de hábitats, la protección contra la erosión, el control de visitantes y su seguridad, las facilidades e interpretación a visitantes y los límites de la playa.

Las playas en general, son uno de los ambientes marinos que menos atención han recibido en Costa Rica. Sin embargo, es de sobra conocido que son ambientes frágiles y de gran importancia para los ecosistemas marinos debido a su diversidad, productividad y a que representan la zona de transición entre los ambientes marinos y terrestres. En resumen, se recomienda mejorar los programas de limpieza de playas, evitar su contaminación y prohibir i) el tránsito de vehículos sobre la playa, ii) la extracción de materiales y iii) la construcción de infraestructura dentro de la zona pública.

Referencias

- Cabrera, J., R.A. Cruz, Y. Solano y M. Protti. 1995. Biometría de *Modiolus capax* (Bivalvia: Mytilidae) en Playa Ocotol, Guanacaste, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 43(1-3): 173-176.
- Cabrera, J., M. Protti, M. Urriola y O. Sáenz. 2001. Crecimiento y madurez sexual de una población de *Saccostrea palmula* (Mollusca: Bivalvia), Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 49(3-4): 877-882.
- Cortés, J. 1991. Ambientes y organismos marinos del refugio nacional Gandoca-Manzanillo, Limón, Costa Rica. *Geoistmo V* (1 y 2): 61-68.
- De la Cruz, E. y J.A. Vargas. 1987. Abundancia y distribución vertical de la meiofauna en la playa fangosa de Punta Morales, Golfo de Nicoya. *Rev. Biol. Trop.* 35(2): 363-67.
- Dean, H.K. 2001a. Some Nereididae (Annelida: Polychaeta) from the Pacific Coast of Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 49 (2): 37-67.
- Dean, H.K. 2001b. Capitellidae (Annelida: Polychaeta) from the Pacific Coast of Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 49 (2): 69-84.
- Dean, H.K. 2001c. Marine Biodiversity of Costa Rica: the phyla Sipuncula and Echiura. *Rev. Biol. Trop.* 49 (2): 85-90.
- Dexter, D.M. 1974. Sandy beach fauna of the Pacific and Atlantic coasts of Costa Rica and Colombia. *Rev. Biol. Trop.* 22: 51-66.
- Díaz-Ferguson, E y J.A. Vargas-Zamora. 2001. Abundance of *Petrolisthes armatus* (Crustacea: Porcellanidae) on a tropical estuarine intertidal rocky beach, Gulf of Nicoya estuary, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 49(2): 97-101.
- Levington, J.S. 1995. Benthic Life Habitats, pp. 245-267. In J.S. Levington (ed.) *Marine Biology: Function, biodiversity, ecology*. Oxford Univ. Press, UK.
- Maurer, D., H. Dean y J. Vargas. 1987. Soft-bottom invertebrate communities from the Gulf of Nicoya, Costa Rica. *Mem.Vo.Simp.Biol.Mar.Univ.Autón. Baja California sur*: 135-141.
- Maurer, D., J. Vargas y H. Dean. 1988. Polychaetous annelids from the Gulf of Nicoya, Costa Rica. *Int. Rev.ges.*

- Hydrobiol. 73(1): 43-59.
- Ruiz-Campos, E., J. Cabrera, R.A. Cruz y J.A. Palacios. 1998. Crecimiento y ciclo reproductivo de *Polymesoda radiata* (Bivalvia: Corbiculidae) en Costa Rica.
- Salm, R.V., Clark, J. y Siirila, E. 2000. Marine and coastal protected areas: a guide for planners and managers. IUCN. Washington D.C. 371 pp.
- Solano, Y., J. Cabrera, M. Protti y R.A. Cruz. 1995. Relaciones morfométricas de *Pinctada mazatlanica* (Bivalvia: Pteriidae) en Puntarenas, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 43(1-3): 177-180.
- Thurman, H. y A. Trujillo. 1999. Essentials of Oceanography. Sixth ed. Prentice Hall, New Jersey, US. 527 p.
- Vargas, J.A. 1987. The benthic community of an intertidal mudflat in the Gulf of Nicoya, Costa Rica. Description of the community. Rev. Biol. Trop. 35(2):229-316.
- Vargas, J.A. 1988a. Community structure of macrobenthos and the results of macropredator exclusion on a tropical mudflat. Rev. Biol. Trop. 36: 287-308.
- Vargas, J.A. 1988b. A survey of the meiofauna of an Eastern Tropical Pacific intertidal mudflat. Rev. Biol. Trop. 36(2B): 541-544.
- Vargas, J.A. 1989. A three year survey of the macrofauna of an intertidal mudflat in the Gulf of Nicoya, Costa Rica. In: Magno, O., M. Converse, D. Miner, L.T. Tobin and D. Clark (eds.). American Society of Civil Engineers, New York. Proceedings of the 6th Symposium on Coastal and Ocean Management. Vol. 2. pp. 1905-1991.
- Vargas, J.A. 1996. Ecological dynamics of a tropical intertidal mudflat community, pp. 355-371. In K.F. Nordstrom y C.T. Roman (eds.) Estuarine Shores: Evolution, Environments and Human alterations. Wiley.
- Willis, S. y J. Cortés. 2001. Mollusks of Manuel Antonio National Park, Pacific Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 49(2): 25-36.

CAPITULO III

MANGLARES

Priscilla Zamora Trejos⁴

Definición del Ecosistema

Los manglares son asociaciones vegetales que se ubican en la zona costera o en las orillas de ríos y son influenciadas por el mar y el agua dulce. Son reconocidas por presentar especies de árboles y plantas con adaptaciones especiales que les permiten tolerar la falta de oxígeno, altos niveles de salinidad y distintos patrones de inundación. Tales adaptaciones les permiten colonizar suelos reducidos, inundados y salinos sujetos a cambios geomorfológicos. La combinación de estas adaptaciones morfológicas y fisiológicas no tiene parangón alguno con ninguna otra especie vegetal, por lo que son consideradas únicas y exclusivas de los manglares (Tomlinson 1986).

En este ecosistema de transición convergen un gran número de organismos terrestres y marinos, y un mosaico de otros hábitats como son los playones de fango, las playas arenosas y las albinas, lo que lo convierte en uno de los ecosistemas de mayor diversidad del planeta.

Características del Ecosistema

Los manglares se distribuyen a lo largo de todo el planeta y se ubican exclusivamente en las zonas tropicales y subtropicales. Su mayor desarrollo estructural se encuentra en las zonas tropicales (Duke 1992). En el continente Americano los encontramos en ambas costas: el 70% de ellos se ubican en la costa Atlántica-Caribe y el 30% restante en el Pacífico.

En las costas Atlántica-Caribe se ubican desde los 32° N en Isla Bermuda hasta los 28,30° S en Brasil, y en el Pacífico su distribución es desde el Golfo de Baja California en 28°54 N hasta los 3°30 S en Perú (Yáñez-Arancibia y Lara-Domínguez 1999). En el continente, es en la zona de convergencia intertropical (ZCI) donde se encuentran los manglares más desarrollados, pues allí convergen altos niveles de precipitación y regímenes meso y macromareales que permiten que la vegetación dominante en los manglares alcance gran tamaño y desarrollo estructural.

Los Manglares de Costa Rica

Ubicación General

La costa Pacífica costarricense tiene más 1160 km extensión y se caracteriza por poseer numerosos accidentes geográficos, entre ellos los golfos, deltas, ensenadas y bahías, formaciones que favorecen

⁴ Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR), Universidad de Costa Rica, San José, 2060, Costa Rica.

el desarrollo de los manglares. Por otra parte la costa Caribe, con apenas 212 Km de extensión, no presenta tantas irregularidades y son pocos los manglares que se han desarrollado en la misma (Figura 6 del Atlas en Anexo). En total, son más de 80 manglares los que se encuentran en Costa Rica (Bravo y Ocampo 1993) (111 manglares según Malavassi *et al.* 1986) lo que hasta hace poco representaba un total de 41 002 ha (Pizarro y Angulo 1993). De ellas el 99% se concentra en el Pacífico y el 1% restante en el Caribe. Costa Rica posee aproximadamente el 0,002% de los manglares del planeta. Actualmente, por observaciones personales se reporta un total de 127 manglares (Figura 6 del Atlas en Anexo).

En el Pacífico existen manglares desde Bahía Salinas hasta el Golfo Dulce, con numerosas formaciones de manglar localizadas en el Golfo de Nicoya y la más extensa del país ubicada en el delta de los ríos Térraba y Sierpe. Jiménez y Soto (1985) dividen a los manglares del Pacífico costarricense según su localización en tres regiones climáticas: Pacífico Norte, Pacífico Central y Pacífico Sur.

El Pacífico Norte se extiende desde la frontera con Nicaragua hasta el Norte de Tivives y se destacan dos subregiones importantes: zona norte de Tamarindo y parte interna del Golfo de Nicoya, y la otra subregión que se ubica en la parte sur de la Península de Nicoya hasta el sur de la Ciudad de Puntarenas. Algunos de los manglares más importantes descritos para la región son: Puerto Soley, Santa Rosa, Estero Panamá, Tamarindo y Pochote (Zamora-Trejos y Cortés en prep.). En el sector interno del Golfo de Nicoya se ubican manglares como los de Isla Chira, Tempisque-Bebedero, Jicaral, y Punta Morales.

El Pacífico Central es considerado por Jiménez y Soto (1985) como una zona de transición, y en ella se encuentra el manglar de Tivives, uno de los manglares más estudiados del Pacífico costarricense (Zamora-Trejos y Cortés en prep). En el Pacífico Sur se ubican entre otros, los manglares de Golfito y el manglar de Térraba-Sierpe. Este último es el más extenso del país, con un área mayor a 16 000 ha lo que representa casi el 40% de la totalidad de los manglares de Costa Rica (Chong 1988).

Por otra parte, en el Caribe costarricense se reporta la existencia de tres manglares: Moin, Cahuita y Gandoca (Malavassi *et al.* 1986), siendo esta última la formación de manglar más importante.

Características Particulares del Ecosistema en Costa Rica:

En la costa Pacífica, el número de especies tradicionalmente reconocidas como manglares son 7 (4 familias): *Rhizophora mangle* (Mangle gateador o caballero), *R. Racemosa* (Mangle rojo), *R. harrisonii*, *Avicennia germinans* (Mangle negro o Palo de sal), *A. bicolor*, *Laguncularia racemosa* (mangle blanco o mangle mariquita) y *Pelliciera rhizophorae* (Mangle Piñuela) (Jiménez y Soto 1985, Jiménez 1987). En general a este tipo de vegetación se le denomina vegetación nuclear y su distribución está restringida a zonas con influencia del agua de mar (Soto y Jiménez 1985, Simberloff 1991). Por lo que estas representan a las especies que presentan adaptaciones especiales para vivir en ambientes salobres y con influencia de la marea. Adaptaciones que se hacen patentes en el aspecto de sus raíces, hojas y propágulos. En Costa Rica existen más de 20 especies con este tipo de adaptaciones, las cuales pueden ser árboles, arbustos, helechos y hierbas (Jiménez y Soto 1985). Alrededor de estas especies se encuentra otro tipo de vegetación denominada vegetación marginal, la cual no es exclusiva de los ecosistemas de manglar, tal como las epífitas, lianas y helechos (Jiménez y Soto 1985). Otro tipo de especies que se encuentran en estos ecosistemas representan a la vegetación marginal facultativa. Estas son aproximadamente 19 especies y sólo ocasionalmente se encuentran asociadas al manglar, por lo que no presentan ninguna característica propia de la vegetación de este ambiente costero (Jiménez y Soto 1985). También pueden ser árboles, arbustos, hierbas, lianas o palmas.

Al igual que para el resto de los manglares del mundo, la distribución y el desarrollo estructural de las especies de manglar en Costa Rica se encuentra íntimamente ligada a las características hidrológicas, pluviales, edáficas, de salinidad y geomorfológicas de la zona costera donde habitan (Pool *et al.* 1977, Soto y Jiménez 1982, Soto y Corrales 1987, Jiménez 1988b, Jiménez 1990, Jiménez y Sauter 1991).

En la subregión del Pacífico Norte costarricense se presenta el clima típico de la zona de Guanacaste, con una estación seca y muy prolongada y una precipitación de entre 1500 a 2000 mm anuales (Pizarro y Angulo 1993). En esta subregión se ubican manglares poco desarrollados pero con características muy particulares como lo son los manglares de Bahía Salinas. Estos manglares deben de sobrevivir en condiciones de aridez y altos niveles de salinidad en el suelo. La altura promedio de los árboles es de 17,33 m (Soto y Jiménez 1982). En las zonas más áridas la altura máxima de A.

germinans es de 5 m (Soto y Jiménez 1982), y existen individuos adultos que llegan a medir menos de 50 cm de altura. En estas zonas el número promedio de especies de manglar que se pueden encontrar es de 3 especies, aunque en general es posible hallar todas las especies de manglar del país, excepto *P. rhizophorae*. Estas, junto con las especies de la vegetación marginal, suman un total de 33 encontradas en este sector (Jiménez y Soto 1985).

Más hacia el sur está la zona del Golfo de Nicoya. Esta región favorece la formación de manglares debido a que ofrece protección contra el oleaje y condiciones hidrológicas locales caracterizadas por la presencia de agua dulce y corrientes de aguas superficiales. La escorrentía de agua dulce proviene principalmente de los ríos que desembocan en la zona, como el río Tempisque (Delgado y Hensel 2001). Así mismo, la gran cantidad de sedimentos limo-arcillosos que son depositados a través de estos ríos en la zona costera favorecen a las formaciones de manglar (Pizarro y Angulo 1993). El Golfo de Nicoya presenta más de 20 manglares que cubren aproximadamente 112 Km de la línea de costa (Bravo y Ocampo 1993, Pizarro y Angulo 1993), lo cual representa alrededor de 15 176 ha de bosque de manglar (Jiménez 1994). La vegetación dominante en la zona está representada por *R. mangle*, *R. racemosa*, *A. germinans* y *A. bicolor*. El tamaño promedio de los árboles no es muy diferente a los de la subregión ubicada más hacia el norte. Al igual que en el caso anterior, en aquellos sitios donde la salinidad del suelo es muy alta (e.g., salitrales), los árboles crecen en forma de arbustos muy pequeños. Adicionalmente, esta es la zona que presenta menor desarrollo estructural de toda la costa Pacífica del país (Jiménez y Soto 1985).

En la parte interna del golfo encontramos quizás la extensión más importante de rodal de *L. racemosa* del país. Esta se ubica en la formación Tempisque-Bebedero (Delgado *et al.* 2001). Así mismo, se observa la especie *P. rhizophorae* la cual es típica de sitios con amplia escorrentía de agua dulce.

El Pacífico Central presenta una estación seca moderada y una precipitación anual que va desde los 1637 mm en Tivives hasta 2995 mm en Parrita (Jiménez y Soto 1985). Esta zona además presenta ríos con caudales mayores a los del Pacífico Norte los cuales, con excepción del río Tempisque, tienden a secarse durante la estación seca (Jiménez y Soto 1985). Los manglares de la zona, representados principalmente por el manglar de Tivives y el de Damas, presentan alturas superiores a la de la mayoría de los manglares del Pacífico Norte (Jiménez y Soto 1985, Jiménez 1988a). En general esta zona representa el límite norte de la distribución de muchas especies de manglar restringidas a formaciones más diversas de la región lluviosa de la costa Pacífica (Jiménez y Soto 1985), por lo que se pueden encontrar todas las especies de manglar presentes en el país. Al sumar todas las especies de vegetación nuclear y marginal, son más de 40 las especies las que se presentan en este sector (Jiménez y Soto 1985, Jiménez 1988a).

El Pacífico Sur, por otra parte, se caracteriza por tener una precipitación anual que va desde los 3676 mm en Palmar Norte hasta los 4256 mm en Golfito (Jiménez y Soto 1985), siendo la zona con mayor pluviosidad. Adicionalmente, sus ríos presentan caudales permanentes durante todo el año por lo que, a diferencia de los manglares anteriores, las salinidades del suelo son menores que las del agua de mar y no aumentan tierra adentro (Jiménez y Soto 1985). Este es un factor importante que hace que esta zona presente los mayores desarrollos estructurales y los mangles más altos (*R. racemosa*), alcanzando tamaños de hasta 30 m de altura (Chong 1988). Debido a que no existen marcados gradientes de salinidad, en estos manglares no existe realmente un patrón definido en la distribución de las especies (Jiménez y Soto 1985). En cuanto a la diversidad de especies típicas de manglar, esta es un tanto distinta de las dos regiones anteriores ya que *P. rhizophorae* tiende a formar bosques muy desarrollados, situación que no se observa en ningún otro manglar del Pacífico Norte o Central (Jiménez 1984). Además *A. bicolor*, especie de zonas más secas, es poco común en los manglares del Pacífico Sur (Jiménez 1984, Chong 1988). La vegetación típica tiende a mezclarse con la vegetación marginal y el número de especies de la vegetación marginal facultativa es casi el doble de la observada en el Pacífico Norte (Jiménez y Soto 1985). El manglar que mejor representa estas condiciones es el de Terraba-Sierpe. Este es el más estudiado de la zona (Zamora-Trejos y Cortés en prep), principalmente debido a su importancia como humedal RAMSAR y por ser el más extenso del país con 17 736 ha (Pizarro y Angulo 1993).

En el Caribe costarricense la precipitación oscila entre los 2500 y los 3100 mm anuales (Herrera 1985). En él se han reconocido tres formaciones de manglar, aunque para algunos la formación de Cahuita no se incluye dentro de las áreas de manglar (Bravo y Ocampo 1993). La más extensa e im-

portante es la de la Laguna de Gandoca, ubicada en el Refugio de Vida Silvestre Gandoca Manzanillo. La otra, menos extensa, se ubica en Moín, Limón. Estas dos formaciones son distintas, pues la de Gandoca Manzanillo se caracteriza por rodear a un sistema lagunar, mientras que la de Moín es más bien una formación riverina (Fonseca *et al.* submitted). En el caso particular de la riqueza de especies de manglar, se ha registrado la presencia de 3 especies típicas de manglar: *R. mangle*, *A. germinans* y *L. racemosa* (Pool *et al.* 1977, Coll *et al.* 2001). Estas especies se encuentran rodeadas por algunas otras plantas características de la vegetación marginal como lo son *Conocarpus erectus* y los helechos *Acrostichum aureum* y *Acrostichum danaefolium* (Coll *et al.* 2001), especies también presentes en los manglares del Pacífico. En el caso particular del manglar de Moín, el bosque está dominado por *Pterocarpus officinalis* (Pool *et al.* 1977), una especie considerada como vegetación marginal facultativa en los bosques de manglar del Pacífico (Soto y Jiménez 1985). Pool *et al.* (1977) reportó a su vez que el manglar de Moín se encontraba entonces con un mayor desarrollo estructural que los manglares del Pacífico Norte de Costa Rica.

El manglar de Gandoca, está protegido por el Refugio Nacional de Vida Silvestre Gandoca-Manzanillo, Caribe de Costa Rica, y se ha monitoreado desde 1999 por medio del protocolo del programa Productividad Marino Costera del Caribe (CARICOMP). La especie dominante es el mangle rojo *Rhizophora mangle*. El tamaño promedio de los árboles en Gandoca es superior al de los manglares del Pacífico Norte y pueden alcanzar tamaños de hasta 15 m. El pico de productividad y producción de flores a lo largo de los años se dio en julio. La productividad del manglar disminuyó desde el 2001 y la temperatura del agua aparentemente aumentó. La biomasa (14 kg/m^2) y densidad (9 árboles por 100 m^2) en Gandoca son relativamente bajas comparados con otros manglares dentro del Programa CARICOMP, mientras que la productividad encontrada para julio en Costa Rica ($4 \text{ g/m}^2/\text{día}$) es intermedia, similar a lo que se encontró en la mayoría de los sitios CARICOMP (Fonseca *et al.* submitted).

La fauna de los manglares de Costa Rica, al igual que para el resto de Centroamérica y el mundo, es un elemento fundamental presente en estos ecosistemas. Lo anterior debido a que son los elementos faunísticos los que hacen que los manglares sean reconocidos como uno de los ecosistemas más biodiversos del planeta.

Los diferentes ambientes que ofrece el manglar y las condiciones especiales presentes en los gradientes de salinidad y convergencia tierra-río-océano, hacen de este ecosistema uno de los más ricos en fauna del planeta. Los grupos más estudiados han sido los moluscos, crustáceos y los peces, esto debido a su gran importancia comercial. Pues la mayoría de los productos pesqueros económicamente importantes se reproducen, crecen o se alimentan en estas zonas.

Los manglares de Costa Rica poseen una importante diversidad de moluscos. Estos moluscos de manglar, se caracterizan por habitar tanto en los manglares como en zonas asociadas a estos, incluyendo los estuarios y los playones arenosos, fangosos y rocosos (Cruz 1999). Son organismos que viven dentro del sustrato bajo el lodo, arena, conchas o cerca de las raíces del mangle. En su mayoría se alimentan de la materia orgánica en suspensión o del plancton. A su vez, son importante alimento para otras especies como los cangrejos, monos, pizotes, mapaches y peces. La mayoría de los moluscos estudiados representan a los moluscos de importancia comercial, como el ostión de manglar *Crassostrea rhizophorae*. Este lo encontramos en poblaciones naturales únicamente en el manglar de Gandoca Manzanillo (Cortés 1991), a pesar de que se ha comprobado que estas pueden crecer en otros manglares como el de Punta Morales en el Golfo de Nicoya (Quesada 1987). La piangua (*A. tuberculosa* y *A. similis*) se encuentra presente en casi todos los manglares del Pacífico costarricense y es una de las especies de mayor importancia comercial del país. Estas se ubican principalmente en la zona externa del bosque de manglar, donde la especie que predomina es el mangle rojo (*R. mangle*, *R. racemosa*) (Cruz 1999). Estos organismos son residentes permanentes del manglar y todo su ciclo de vida lo llevan a cabo asociados a este ecosistema (Cruz 1984, Ampie y Cruz 1989). Otra especie importante de molusco bivalvo es el mejillón. Es un habitante de la zona intermareal que ocupa principalmente la orilla de los canales que dan hacia el manglar (Sibaja 1986) pero que puede llegar a habitar sedimentos en mar abierto (Cruz 1999). Su reproducción podría estar regulada por la salinidad y temperatura, pues los cambios en estos valores pueden regular el desove en la especie (Sibaja 1986).

La almeja *P. asperima* es otro habitante de los manglares y se encuentra principalmente ubicada en la zona entre mareas, con densidades altas en sustratos heterogéneos con una combinación de conchuela, arena y lodo, entremezclado con las raíces finas de mangle (Palacios *et al.* 1986).

La chucheca (*Grandiarca grandis*), es otro bivalvo que antes se encontraba en grandes cantidades en los manglares del país, sin embargo actualmente sus poblaciones se encuentran muy disminuidas (Cruz 1999). Esta especie se encuentra principalmente en los playones limo-arenosos de la zona estuarina de los manglares (Cruz 1999). Otras especies de moluscos estudiados que se encuentran en los manglares de Costa Rica son los bivalvos *Polymesoda inflata* (Baez 1985), *Anadara grandis* (Cruz 1987a), los caracoles *Crepidula marginalis* (Cruz y Giusti 1990), *Littorina fasciata* (Suárez y Castaing 1984) y *Cerithidea montagnei* (Suárez y Castaing 1984), entre más de 80 otras especies (Jiménez 1994).

Los crustáceos corresponden a otro grupo de gran importancia en los manglares. Estos son herbívoros de las hojas de mangle y consumen los detritos que los mangles u otros animales asociados al ecosistema producen, por lo que son un eslabón importante en la red trófica (Robertson *et al.* 1992). Dependen del manglar para su alimentación (Dittel *et al.* 1997), reproducción (Dittel *et al.* 1991) y de las hojas de mangle para ser exportados hacia el mar abierto (Wehrmann y Dittel 1990). Además, son depredadores importantes de propágulos de mangle, por lo que influyen en el establecimiento y distribución de algunas especies (Delgado *et al.* 2001).

Un análisis que se hizo sobre la diversidad de crustáceos en la costa Pacífica de Costa Rica relaciona la alta biomasa de crustáceos encontrada en la zona costera con la presencia de grandes extensiones de manglar (Jesse 1996). Solo para el sistema de Térraba-Sierpe se reportaron más de 36 especies de cangrejos y camarones, representantes de 12 familias (Echeverría *et al.* 2003).

Sobre otros invertebrados es poco lo se conoce, y grupos como el de los insectos, no han sido estudiados en los manglares de Costa Rica. Muchos grupos de insectos pueden ser herbívoros importantes que consumen grandes cantidades de hojas de especies como *L. racemosa* y *A. germinans* (obs. pers.). Además, constituyen la base alimenticia de muchas especies de mamíferos, aves, reptiles y, en algunos casos, hasta de peces (Jiménez 1999b). Podrían ser importantes polinizadores de especies de mangle como *P. rhizophorae* (Jiménez 1994) y se ha reportado que existe una asociación entre las hormigas Azteca y *P. rhizophorae* (Collins *et al.* 1977). Basta además con observar las diferentes formaciones de manglar para notar que miles de termitas construyen sus nidos entre las especies del mangle rojo y, además, ciertas avispas y abejas son habitantes comunes de estas formaciones costeras.

Los peces son un grupo muy estudiado en los manglares debido a su importancia comercial. Al igual que para los crustáceos, los manglares son una importante fuente de alimentación, reproducción (Ramírez *et al.* 1989, 1990, López y Arias 1987) y refugio para los peces. La gran mayoría de las especies de peces (71.9%) (Szelistowski 1990) se encuentran en los manglares en estadios juveniles, ya que los utilizan como sitios de crianza debido, entre otras razones, a la protección que estos le brindan contra depredadores. Sólo para el manglar de Punta Morales, Szelistowski (1990) reportó más de 120 especies de peces, las cuales se agrupan en diferentes categorías tróficas: planctívoros, detritívoros, carnívoros bénticos, carnívoros, pelágicos y otras categorías de carnívoros. Adicionalmente, los manglares también proveen de hojas como sustrato para que las larvas o pequeños juveniles de peces se adhieran a estos durante sus primeros días de desarrollo (Szelistowski 1990). En manglares como el de Tivives, Colorado de Abangares y Bebedero se reportaron 38, 48 y 37 especies de peces respectivamente. Entre ellas destacan varias especies de tiburón, mantarayas, jureles, robalos, pargos, roncadores y lisas (Rojas *et al.* 1994).

En el Caribe la presencia de peces en la Laguna de Gandoca ha sido también objeto de estudio. Destaca la presencia del sábalo *Megalops atlanticus*, pues aquí se encuentra uno de los principales criaderos de la especie (Chacón 1993).

Al igual que en el resto de los manglares del planeta, las aves son otro grupo muy biodiverso en los manglares de Costa Rica (Jiménez 1994). La avifauna de los manglares cumple diversos papeles tróficos, pues ésta se alimenta de insectos, moluscos, cangrejos, camarones, peces, carroña, néctar, semillas y frutas que son proporcionadas por el ecosistema de manglar (Pereira 1990, Jiménez 1994). Los manglares son también importantes sitios de anidación para múltiples especies (Barrantes 1998b), principalmente de la reinita de manglar *Dendroica petechia xanthoera*, la cual es exclusiva de los manglares (Barrantes 1998a), entre otras. Adicionalmente, los manglares son refugio de especies migratorias. Inclusive en algunos casos los manglares alojan más aves migratorias que muchos otros hábitats terrestres. Es posible que por su amplia distribución geográfica en el geotrópico y su particular respuesta a los factores hidrográficos, los manglares alojan movimientos migratorios a gran escala más

que otros hábitats neotropicales (Lefevre y Poulin 1996). Inclusive se ha observado que en algunos casos los manglares podrían estar cumpliendo un rol complementario, dado que las aves se mueven entre ellos según la disponibilidad de alimento. Pues la abundancia de alimento para las aves insectívoras varía en los manglares dependiendo de las condiciones hidrográficas, de precipitación, del rango de mareas y de los patrones de inundación (Lefevre y Poulin 1996).

Algunas de las especies de aves que se encuentran en los manglares son la lapa roja (*Ara macao*), colibrí de manglar (*Amazilia boucardi*), la lora nuca amarilla (*Amazona auropalliata*), el pájaro estaca (*Nyctibius griseus*), la espátula rosada (*Ajaia ajaja*), la garza tigre (*Tigrisoma* spp.), el chocuaco (*Cochlearis cochlearius*), los martín pescador (*Ceryle* spp., *Chloroceryle* spp.), diversas aves rapaces como el gavilán cangrejero (*Buteogallus auracinus*) y el halcón peregrino (*Falco peregrinus*), entre muchas otras.

En Costa Rica Warkentin y Hernández (1996) mencionan la importancia de conservar los sitios de manglar, pues aquellas especies que presentan una alta fidelidad al sitio son muy vulnerables a la pérdida de hábitat y sus poblaciones podrían disminuir a causa de ello. La estrecha relación que existe entre los manglares y las aves ha sido reconocida internacionalmente en nuestro país al incluir al Humedal Nacional Térraba-Sierpe dentro de la lista de sitios RAMSAR.

Los mamíferos son también un grupo importante que habita en los manglares costarricenses, entre ellos podemos mencionar los monos cariblanca (*Cebus capucinus*), congo (*Allouata palliata*) y ardilla (*Samiri oesterdi*). Estos se alimentan de muchos de los productos del manglar, como bivalvos, insectos y los azúcares que se encuentran en los propágulos de *P. rhizophorae* (Jiménez 1994). En el caso particular del mono ardilla, su distribución es muy limitada. De hecho, de los manglares de la costa Pacífica, sólo es observado en Térraba-Sierpe. En este mismo manglar se han observado otras especies de mamíferos como el perezoso de tres dedos (*Bradypus variegatus*), así como los mapaches (*Procyon* spp.) y los pizotes (*Nasua narica*), quienes se alimentan de moluscos del manglar. Otras especies menos comunes que también habitan en estas zonas son el serafín de platanar (*Cyclopes didactylus*), el tolumuco (*Eira barbara*), el perro de agua (*Lutria* sp.), y en algunos pocos casos el manigordo (*Felis pardalis*) (Martín 1988). A pesar de que se reconocen varias poblaciones de diversas especies de mamíferos que habitan en los manglares (Jiménez 1999a), este grupo ha sido muy poco estudiado.

Sobre los anfibios y reptiles de los manglares de Costa Rica la información existente es sumamente escasa. Se conoce de la presencia de importantes poblaciones de cocodrilos y caimanes asociados a las áreas de manglar (Bolaños *et al.* 1996-1997). Así como se han observado iguanas y garrobos que habitan en estos ecosistemas (Pizarro y Angulo 1993) y varios tipos de culebras, entre ellas la boa (*Boa constrictor*), las bejuquillo y corales verdaderas y corales falsas, así como una importante población de la rara especie de boa (*Corallus* sp.) que habita en el manglar de Térraba-Sierpe (obs. pers.).

En cuanto a los anfibios que habitan en el manglar no existe ningún estudio hasta la fecha que se haya desarrollado en los manglares de Costa Rica, aunque por observaciones personales se conoce que estos habitan este ecosistema.

Aparte del evidente papel ecológico que los manglares cumplen al ser hábitats de cuantiosas especies, estos cumplen una función fundamental como transportadores de carbono y nutrientes desde la tierra firme hasta el océano y viceversa. De esta forma contribuyen en el sostén de las cadenas alimenticias de la zona costera en general. Adicionalmente, por contener una importante cantidad de biomasa, estos no solo transportan nutrientes, si no también son una fuente importante de nutrientes y carbono (Twilley y Day 1999).

Su ubicación entre la tierra y el mar les confiere un papel especial como zonas de “amortiguamiento”, ya que estos ecosistemas protegen a la zona costera tanto contra la erosión como contra huracanes (Lacerda y Schaeffer Novelli 1999). A su vez, esta misma ubicación y su compleja estructura hacen que estos sean ecosistemas “filtros” pues retienen una gran cantidad de sedimentos que podrían poner en riesgo la calidad de los otros sistemas costeros. Al hacer esto, los manglares también son importantes formadores de tierra, la cual colonizan y extienden de esta forma los límites de la zona costera.

Importancia en Costa Rica

Los manglares son sistemas vivos que cumplen tanto un papel ecológico como económico ya que son fundamentales para el sostén de las poblaciones naturales y humanas asociadas a la zona costera. Anteriormente se han mencionado varios de los beneficios que brindan los manglares al resto de los organismos y sistemas que los rodean. Entre ellos, cabe destacar nuevamente, el papel que cumplen

como sitios de reproducción y crianza para camarones, cangrejos y peces, así como sitios de anidamiento para las aves. Es por ello que estos son catalogados como hábitats críticos (Jiménez *et al.* 1985, Anónimo 2001), pues en ellos se llevan a cabo procesos que garantizan la permanencia de las especies. Así mismo, son importantes sitios de alimentación tanto para la fauna marina como para los mamíferos, reptiles e insectos.

Adicionalmente, los manglares de Costa Rica son hábitats de especies raras, amenazadas o en peligro de extinción (Anónimo 1997), como la lapa roja (*Ara macao*) en el Pacífico Central y Sur, la espátula rosada (*A. ajaja*), la tangara hormiguera (*Habia atrimaxillaris*), el caimán (*Caiman crocodylus*), la boa (*Corallus* sp.), los monos cariblanca, congo y ardilla. Además es el único hábitat de ciertas especies como la reinita de manglar (*Dendroica petechia xanthoera*).

Al ser sitios tan biodiversos, los manglares también representan una fuente importante de recursos genéticos, lo que en un futuro podría ser valioso para la producción de fármacos (Anónimo 2001). Adicionalmente, los manglares son uno de los ecosistemas más productivos del planeta. En el caso particular de Costa Rica, las formaciones de manglar del Golfo de Nicoya podrían estar contribuyendo a que este sistema estuarino sea uno de los más productivos del mundo (Córdoba Muñoz 1998).

La importancia económica de este ecosistema es sumamente alta. Actualmente existen más de 14 000 pescadores artesanales nacionales que subsisten a partir de los recursos que extraen del manglar (Anónimo 2001). En 1995 solo en el Golfo de Nicoya se capturaba un promedio mensual de 13 290.17 kg de camarón blanco de forma artesanal y 8 048.0 kg de forma industrial (Araya 1995). Camarones que en su mayoría dependen de los manglares para completar su ciclo de vida (Dittel *et al.* 1997). La camaronicultura es además una actividad económica importante que se realiza alrededor de los manglares. Específicamente para el Pacífico Norte se calcula que existen 977 ha dedicadas a la camaronicultura, actividad para la cual cientos de hectáreas de manglar fueron taladas en el pasado (Solórzano *et al.* 1991).

Como bien se mencionó anteriormente, los moluscos de manglar son uno de los recursos más importantes que habitan en este ecosistema. Existen datos de INCOPECA que mencionan que en 1996 la extracción de pianguas fue de 653 434 kg. Si se considera que el precio promedio por kilo de piangua era de 837.39 colones, se puede estimar que el ingreso obtenido por la extracción de pianguas para ese año fue de 54 millones de colones (Barrantes y Castro 1999).

En los manglares habitan estadios juveniles de especies de importancia comercial como los bagres (*Arius* sp.), sardinas (*Melaniris guatemalensis*, *Opisthonema* sp.), mojarras (*Eucinostomus gracillis*, *Gerres cinereus* y *Dipterus peruvianus*), especies catalogadas como primera grande o primera pequeña como los robalos (*Centroponus* sp.), las corvinas (*Cynoscion* sp.) y las cabrillas (*Ephinephelus* sp.). También deben incluirse otras especies consideradas como de muy alto valor comercial, como los pargos (*Lutjanus* sp.). Sólo para el Golfo de Nicoya, sector donde se ubica la segunda formación de manglar más grande del país, se estimó que si las pesquerías se hubieran manejado de forma óptima hubieran generado \$2 millones de dólares en renta anual (Solórzano *et al.* 1991). Sin embargo, la excesiva presión pesquera ha llevado a un enorme disminución en la disponibilidad del recurso (Solórzano *et al.* 1991).

La madera de mangle es otro recurso que se extrae de los manglares. A partir de ella se ha elaborado carbón de primera calidad, tal y como en su momento lo hizo Coopemangle (Chong 1988, Lahmann 1999) y como lo hacen otras comunidades costeras (Pizarro y Angulo 1993). Adicionalmente, de la corteza del mangle rojo (*Rhizophora* sp.) se extraen taninos. Solórzano *et al.* (1991) calcularon que para el Golfo de Nicoya, un manejo sustentable podría producir cerca de 11.5 millones de kg de corteza cada 35 años. Es difícil de medir el beneficio que los manglares costarricenses brindan en ese sentido a la zona costera, pero basta con observar lo que ha ocurrido en los demás países costeros del orbe. En el caso del país vecino Honduras se dice que en Barra de Santiago el manglar protegió a más de 5 mil habitantes del lugar contra un desastre mayor cuando el Huracán Mitch azotó esa zona costera (Jovel 2005). Hoy en día el mundo sufre también las pérdidas causadas por el Huracán Katrina en la zona de Nueva Orleans en los E.E.U.U. Ante eso, el reconocido experto Dr. Robert Twilley, asegura que los daños ocurridos hubieran sido menores si Louisiana no hubiera perdido un tercio de sus humedales costeros (Leahy 2005).

La lista de los beneficios que brindan los manglares tanto a los habitantes de las zonas costeras como para los que habitan tierra adentro son enormes y día con día nos damos cuenta cuan importantes son estos ecosistemas, y como cada vez más dependemos de ellos para sobrevivir.

Usos

Antes de que los humanos nos percatáramos de la importancia de los manglares, estos eran vistos como criaderos de mosquitos y zonas de poca importancia (Lugo y Snedaker 1974). Por esta razón, muchos de los manglares del planeta fueron talados y rellenados para ser sustituidos por tierras de cultivo o por construcciones. Sin embargo, con el paso del tiempo las distintas poblaciones se han ido percatando de la importancia y el beneficio que estos manglares les brindan.

Tradicionalmente en Costa Rica los manglares han sido utilizados de diferentes formas, algunas de ellas desarrolladas con mayor intensidad en ciertos sitios. La extracción de la piangua y de las almejas del manglar es una de las actividades más antiguas que se realizan en estas zonas. En el Pacífico Norte, principalmente en la zona del Golfo de Nicoya, “pianguar” (como le llaman los locales) es una actividad muy común. Las principales especies que se extraen son *A. tuberculosa* y *A. similis*. Estos organismos crecen en la base de las raíces o ñangas de los árboles de *Rhizophora* y más de 150 recolectores extraen entre 200-300 pianguas del manglar día a día (Solórzano *et al.* 1991). En el Pacífico Central también se practica esta actividad tal y como se hacía en el Estero de Puntarenas, sin embargo, debido a los altos niveles de contaminación presentes en el estero esta no es recomendada (Araya y Rodríguez 1984). En el Pacífico Sur, también es común la extracción de pianguas tal y como ocurre en el Térraba-Sierpe (Pizarro y Angulo 1993) o en el Manglar de Purruja en el Golfo Dulce. En este último más del 84% de la población que vive en las zonas aledañas al manglar dependen de este recurso (Silva y Carrillo 2004). Sin embargo, la extracción desmedida de pianguas alcanzó un nivel tal que las poblaciones se vieron disminuidas. Sin embargo, se ha logrado instaurar a tiempo un modelo de manejo que ha probado ser muy efectivo (Silva y Carrillo 2004).

La producción de sal es una actividad que se ha desarrollado principalmente en el Pacífico Norte, en la subregión más árida. Esta actividad se basa en la construcción de estanques para la producción de sal. Esta es quizás una de las actividades más destructivas que se desarrollan en los manglares, debido al cambio irreversible del hábitat por tala directa. Solo en el Golfo de Nicoya se destinan 656 ha a la producción de sal (Jiménez 1999b). Además se estima que en Pacífico Norte entre 1964-1989 hubo una pérdida de 1097 ha de manglar, de las cuales entre 344-583 ha fueron destinadas para la producción de sal (Pizarro *et al.* 2004).

La producción de camarón en estanques o camaricultura, es otro uso importante que se hace de los manglares. La actividad requiere la construcción de muros para evitar la penetración del agua y la construcción de estanques (Pizarro *et al.* 1993). Producto de ello, sólo en el Pacífico Norte se destruyeron más de 450 ha de bosque (Solórzano *et al.* 1991). Poco tiempo después la actividad fracasó y muchas de las camaroneras fueron abandonadas (Tejada 1991). Solo aquellas que se establecieron en albinas fueron exitosas y siguen operando (Tejada 1991). Actualmente, el cultivo de camarones sigue siendo una actividad importante a nivel semi-industrial y a nivel artesanal (Solórzano *et al.* 1991, Jiménez 1999b).

De los árboles de *Avicennia* y *Rhizophora* se obtiene la madera para la producción de carbón, esta actividad se ha desarrollado principalmente en los manglares del Pacífico Sur, aunque de una forma más artesanal también se practica en los demás manglares del Pacífico. Esta actividad sin el manejo adecuado puede también causar serios problemas en la integridad del ecosistema, pues significa la tala directa del mismo. Sin embargo existen casos ejemplares en el manejo de esta, tal y como es el caso de la experiencia de Coopemangle, la cual funcionó en el manglar de Térraba-Sierpe cuando esta era todavía una Reserva Forestal (Marín 1991, Lahman 1999).

La extracción de la corteza de mangle para la producción de taninos es otro de los usos tradicionales que se le han dado a los manglares. Los taninos se extraen principalmente de la corteza de *Rhizophora* spp. Esta actividad, al igual que las carboneras, se ha desarrollado principalmente en el Pacífico Sur, aunque en el Golfo de Nicoya también se practicaba de forma artesanal. De hecho, la extracción de taninos fue una de las actividades económicas más importantes practicadas durante los años 1950-1970, tanto en el Golfo de Nicoya como en el delta del Térraba-Sierpe (Solórzano 1991). A pesar de que esta podría haber sido una actividad rentable, la falta de demanda en el mercado hizo que se perdiera el interés por producir taninos, pues la mayoría de las curtidoras utilizan productos químicos o extractos de corteza en polvo para curtir sus cueros (Pizarro y Angulo 1993). Otros usos no comerciales que se realizan en los manglares es la tala de árboles para la construcción de casas y

cercas (Pizarro *et al.* 1993).

Los manglares son sitios de gran belleza escénica, por lo que la recreación y el turismo es otro uso que se les ha dado. Cada vez se observan más empresas de turismo que ofrecen dentro de sus paquetes, visitas o recorridos por los canales que forman los manglares. Los principales manglares en donde se desarrolla esta actividad se localizan en el río Tempisque, en el manglar de Guacalillo (Río Tárcoles) y en el Pacífico Sur en Terraba-Sierpe (Franco Matos 1999).

En algunos casos los manglares son utilizados como medios de transporte para llegar hacia otros destinos, tal y como ocurre en el manglar de Terraba-Sierpe (Pizarro *et al.* 2004).

Los habitantes de la zona costera que viven cerca de los manglares también utilizan estas zonas para pescar camarón, cangrejos (particularmente jaibas) y peces en los canales de los manglares. Aunque esta es una práctica prohibida, es muy común observar a los lugareños caminar a diario hacia los manglares con sus atarrayas o líneas de pesca. Algunos también utilizan redes agalleras para capturar grandes cantidades de peces. La mayoría de ellos realizan estas actividades para el consumo diario, o venden el producto en el comercio local. Esta práctica, así como la caza de mamíferos y reptiles, es una actividad principalmente de subsistencia que realizan los habitantes locales (Pizarro y Angulo 1993).

La apicultura es otra actividad que se ha realizado en los manglares. Sin embargo, a diferencia lo que se da en otros países, en Costa Rica esta no ha sido una actividad comunmente realizada.

Amenazas

La destrucción de los ecosistemas de manglar ocurre a nivel mundial. Valiela *et al.* (2001) aseguran que al menos el 35% de las áreas de bosques de manglar se han perdido en las últimas dos décadas, lo que supera las pérdidas reportadas para otros ambientes amenazados como el bosque tropical lluvioso y los arrecifes de coral.

Según el Banco Mundial y la Sociedad Internacional de los Ecosistemas de Manglar (ISME), las principales causas de la pérdida de los manglares son las actividades antropogénicas (Macintosh y Ashton 2004). Así mismo, en el Caribe la destrucción de los manglares ha avanzado a pasos agigantados. Ellison y Farnsworth (1996) mencionan que en total, en la región, hay una pérdida anual del 1% y que este valor es mayor en los manglares de tierra firme (1.7%). Adicionalmente, clasifican a las perturbaciones humanas en cuatro grupos: extracción, contaminación, reclamación de tierras y cambio climático.

La situación de los manglares del Pacífico de Costa Rica no es muy diferente, estos también se han degenerando y destruido con el paso de los años. Para el Golfo de Nicoya se ha calculado un 6,7% de pérdida de cobertura desde 1964 hasta 1989 (Solórzano *et al.* 1991). En 1986, 13 de 35 manglares descritos se catalogaron como degradados o muy alterados, el resto presentaban algún grado de alteración o se estaban recuperando, y del total solamente el de Guacalillo se consideraba casi virgen (Malavassi *et al.* 1986). En el Caribe aparentemente el manglar de Moín y Cahuita fueron deforestados en algún momento pero no está documentado este proceso aún (Fonseca *et al.* submitted).

¿Cuáles son las actividades que amenazan a la salud de los manglares? Sin duda alguna la acuicultura, principalmente de camarón, es una de ellas. Más de la mitad de la pérdida de cobertura de manglares a nivel mundial se asocia con esta actividad (Valiela *et al.* 2001) y en muchos países asiáticos casi el 100% de la culpa se le atribuye a la explotación desmedida de este recurso (Shahadat Hossain *et al.* 2001). Macintosh y Ashton (2004) clasifican a esta actividad como una amenaza alta, y que va en aumento en los manglares de Centro y Sur América. Para la UICN la escala del efecto por el desarrollo de esta actividad está entre los 100-10 000 ha (Anónimo 1983). En Costa Rica, el manglar del estero Chomes ha sido devastado en un 80% y la principal causa se atribuye un proyecto de acuicultura instaurado en antiguas salinas (Malavassi *et al.* 1986).

La acuicultura se ha convertido en una amenaza para los ecosistemas de manglar ya que el desarrollo de esta significa la tala de áreas de manglar (Valiela *et al.* 2001), la contaminación de las aguas (Basse y Roldán 1986), la acidificación de los suelos (Webber y Webber 1978), cambios en el régimen hídrico por construcción de diques y drenaje del manglar (Basse y Roldán 1986), cambios en la cadena trófica, la extracción de poslarvas y la propagación de enfermedades y la aniquilación de la fauna.

La contaminación por desechos orgánicos (Pizarro *et al.* 1993), pesticidas, hidrocarburos y por desechos sólidos, pone en peligro la estabilidad de los manglares costarricenses. El estero de Puntarenas es un ejemplo claro de ello (Acuña *et al.* 1998). En un estudio realizado por Araya y Rodríguez (1984),

se encontraron valores de coliformes y estreptococos fecales mucho mayores que los recomendados en estándares internacionales. El nivel de contaminación era tal que se concluyó que el agua del estero era sanitariamente inaceptable para la crianza de bivalvos.

Otro ejemplo de manglares claramente alterados es el de Chacarita, el cual se vio gravemente afectado por basureros municipales y la contaminación por sustancias orgánicas procedentes del cultivo de caña (Malavassi *et al.* 1986). Similar es el caso del manglar de Flamingo en donde la cantidad de desechos sólidos es evidente (obs. pers.). La contaminación es considerada como uno de los principales responsables de la pérdida de biodiversidad en manglares, pues esta altera la calidad del agua lo cual resulta ser tóxico para la flora y la fauna que los habitan (Sneadeker *et al.* 1981, Lamparelli *et al.* 1997, Macintosh y Ashton 2004).

El avance en la frontera agrícola y, en general, el cambio del uso del suelo son también problemas inminentes. La expansión de las áreas de pastoreo y el desarrollo agrícola se han convertido en importantes amenazas de muchos manglares del Pacífico Sur (Pizarro *et al.* 2004). Además, son cada vez más los manglares que limitan con zonas dedicadas al pastoreo o a la agricultura y se corre el riesgo de que la frontera agrícola se siga expandiendo en perjuicio de los manglares colindantes. En el pasado grandes extensiones de los manglares del Pacífico fueron alterados significativamente por este tipo de actividades, dando lugar a la degradación y desaparición de decenas de hectáreas de manglar (Malavassi *et al.* 1986, Asch y Solano 1991).

El desarrollo urbano o industrial es clasificado como una amenaza de media a alta, la cual amenaza cada día más con alterar la armonía de los ecosistemas de manglar (Macintosh y Aston 2004). Un ejemplo claro de ello es el manglar de Mata de Limón, Puntarenas (Granados Zúñiga y Castaing Riba 1986) en donde gran parte de su destrucción se atribuye a la construcción de carreteras y del Puerto de Caldera (Malavassi *et al.* 1986). Esta causó cambios importantes en la topografía, los ritmos de mareas y flujos normales del manglar, lo cual a su vez trajo como consecuencia la muerte de muchos organismos, entre ellos peces y bivalvos. En manglares más extensos, como el de Ciénaga Grande de Santa Marta (Colombia), la construcción de una carretera alteró drásticamente el flujo normal de agua dulce hacia el manglar, lo cual conllevó a la pérdida de más del 70% de este (Cardona y Botero 1998, Perdomo *et al.* 1999).

La construcción de casas cerca de las áreas de manglar es también una amenaza. Principalmente porque estas se construyen con madera que es obtenida de los manglares, y no existe una planificación clara, sobre todo en lo que respecta al manejo de los desechos. Tal es el caso de manglares como los de Chacarita, Bejuco, Zapote, Estero Negro, Río Savegre y otros (Malavassi *et al.* 1986).

Los cambios en la parte alta de la cuenca de los ríos que irrigan a los manglares son otra grave causa de la pérdida de estos ecosistemas. Sin embargo, debido a que esto no ocurre in situ se ha pasado por alto la gravedad de sus consecuencias. Después de todo, la estabilidad y desarrollo de los manglares depende de la estabilidad de sus fuentes de agua dulce (Lugo y Snedaker 1974, Jiménez y Soto 1985, Delgado y Hensel 2001).

Así mismo, el cambio en la cantidad de sedimentos arrastrados por los ríos hasta los manglares es un elemento de cuidado puesto que está asociado a actividades como deforestación y la construcción de represas. Al aumentar la tasa de sedimentación, tanto las raíces de los mangles como algunos organismos (e.g., bivalvos) se podrían sofocar y morir. Por el contrario, al disminuir la cantidad de sedimentos que son acarreados por los ríos, se da una pérdida de terreno, es decir la muerte de los árboles de manglar y como consecuencia, de los organismos que dependen de ellos (Lugo y Snedaker 1974, Jiménez *et al.* 1985, Cardona y Botero 1998).

El cambio en la cobertura del suelo hacia terrenos agrícolas, puede significar además un aumento en la erosión, un aumento en la cantidad de pesticidas o plaguicidas y la alteración del flujo de agua dulce que llega hasta los manglares. En Costa Rica varios manglares han sido afectados por este tipo de disturbios. Entre ellos, se puede citar el caso del manglar de Térraba-Sierpe, cuya cuenca se encuentra erosionada en un 63% y cuya descarga de sedimentos afecta a grupos como peces y moluscos (Chong 1988).

La falta de claridad en la legislación que regula la protección y aprovechamiento de los manglares es una importante amenaza para estos ecosistemas. Al ser muy amplia, crea conflictos administrativos y genera una carencia de legislación técnica específica (González 1999). Además existen serios problemas de competencia administrativa, principalmente entre instituciones como el INCOPECA,

MINAE y la Dirección General Forestal (González 1999). Adicionalmente, existe incongruencia entre lo que dice la ley y lo que ocurre en la realidad (Pizarro *et al.* 2004). Prueba de ello es que aún se observa en los manglares del país la extracción de peces y camarones con distintas artes de pesca ilegales como lo son las atarrayas y las redes agalleras. También persisten la tala ilegal de mangle en muchas zonas del país.

Ante muchas de estas amenazas, resulta importante considerar la situación de pobreza de muchas de las comunidades ubicadas alrededor de los manglares, ya que su supervivencia a menudo depende de los recursos del manglar (Pizarro *et al.* 1993).

El calentamiento global amenaza también con disminuir las poblaciones de manglar que existen en el planeta. Lo anterior se debe a que el calentamiento global traerá como consecuencia el calentamiento del suelo, la alteración de los patrones climáticos y el aumento en el nivel de mar (Ellison *et al.* 1996). Al igual que el calentamiento global, otra amenaza potencial sobre los manglares son los huracanes. Esta amenaza natural puede acabar con grandes extensiones de manglar, tal y como se ha observado en Florida (Doyle *et al.* 1995) y en República Dominicana (Sherman y Fahey 2001).

Una amenaza que no se puede pasar por el alto la constituyen los vacíos de información que persisten sobre el estado pasado y presente de los manglares de Costa Rica (Zamora y Cortés. en prep.(a) (b)). Hasta la fecha, se conoce únicamente la estructura del bosque de los manglares de: Puerto Soley (Soto y Jiménez 1982, Jiménez y Soto 1985), Santa Rosa (Pool *et al.* 1977), Pochote (Jiménez y Soto 1985), Tamarindo (Jiménez y Soto 1985), Jicaral (Jiménez y Soto 1985), Tempisque-Bebedero (Delgado y Hensel 2001), Tivives (Soto y Corrales 1987, Jiménez 1988a,b, Delgado *et al.* 1999), Puntarenas (Jiménez y Soto 1985), Damas-Quepos (Jiménez y Soto 1985), Moin (Pool *et al.* 1977) y Gandoca (Coll 2001). Sin embargo, para la mayoría de estos sitios no existen datos actualizados.

Del mismo modo, es mínimo lo que se conoce sobre la fauna que habita en los manglares y sus patrones ecológicos. Únicamente, hay información disponible sobre peces para los manglares de Punta Morales (Ramírez 1989, 1990), Pochote (López y Arias 1987) y Tivives, Colorado y Bebedero (Rojas *et al.* 1994). Sobre los bivalvos y en especial las pianguas se conocen más datos, sobre todo relacionados con su biología reproductiva y de crecimiento. En este aspecto se han estudiado los manglares de Colorado-Abangares (Palacios *et al.* 1986, Cruz 1987a), Jicaral (Cruz 1984, Sibaja 1986, Ampie y Cruz 1989), Pochote (Baez 1985), Tambor, Puerto Jesús, Damas, Boca Barranca y Chomes (Castaing 1980), Punta Morales (Cruz y Palacios 1983, Cruz 1984) y Purruja (Silva y Bonilla 2001). Sobre los crustáceos la información existente también es escasa. Su diversidad y ecología han sido únicamente estudiadas en el manglar de Terraba Sierpe (Echeverría *et al.* 2003), Punta Morales (Wehrtmann y Dittel 1990, Dittel *et al.* 1991) y Estero Panamá (Cabrera *et al.* 1994).

En cuanto a las aves, aparte de lista de especies que se presentan para distintos manglares, es muy poco lo que se conoce. Este grupo ha sido estudiado en detalle únicamente para los manglares de Guacalillo (Araúz 1992), Tivives (Warkentin y Hernández 1996), Chomes (Barrantes 1988) y Terraba-Sierpe (González en prep.).

Sobre mamíferos y reptiles la información que hay es aún más escasa. Sobre reptiles solo se conocen aspectos someros de la estructura poblacional de cocodrilidos de Jicaral y Punta Morales (Bolaños 1996-1997), mientras que de mamíferos solo se cuenta con listas de especies y, en el caso del manglar de Santa Rosa, sobre la presencia de roedores (Bonoff y Janzen 1980) y en Manuel Antonio sobre el comportamiento del pizote (Carrillo y Vaughan 1993). Para estos grupos no existen datos poblacionales, reproductivos ni sobre aspectos ecológicos.

Sobre otros organismos asociados a los manglares se han estudiado algunos grupos de gastrópodos y otros crustáceos, principalmente en los manglares de Punta Morales (Perry 1988), Mata Limón (Suárez y Castaing 1984) y Colorado-Abangares (Cruz 1987 b).

Sobre aspectos químicos del agua también existe muy poca información (Macintosh y Ashton 2004). Aspectos específicos como la salinidad, la concentración de oxígeno y la productividad solo han sido estudiados en manglares como los de Punta Morales (Gocke *et al.* 1981, Córdoba 1988) y Puntarenas (Acuña *et al.* 1988).

Existe también un profundo desconocimiento sobre los regímenes mareales, hidrográficos y de sedimentación en los distintos manglares. Básicamente estos datos solo existen para algunos sectores del Golfo de Nicoya (Brenes y León 1995), el manglar de Mata de Limón (Güel *et al.* 2000) y el manglar del Terraba-Sierpe (Pizarro en prep.). Lo anterior resulta preocupante pues esta información es clave

para la toma de decisiones (Macintosh y Aston 2004).

Resulta claro, por lo tanto, que existen considerables vacíos de información sobre temas fundamentales como regímenes hidrológicos, sedimentación, niveles de contaminación, estructura de edades de las distintas poblaciones, patrones de crecimiento y otros. Todo esto, si no es considerado en su momento, resulta en una grave amenaza para el adecuado manejo de los manglares.

Conclusiones y Recomendaciones

Debido a los altos índices de deforestación que han venido ocurriendo en el país en las últimas décadas solo existen hoy en día dos manglares que muestran claramente la conexión bosque-manglar-océano. Estos son los manglares ubicados en el Parque Nacional Corcovado y en la Laguna del Refugio de Vida Silvestre Gandoca-Manzanillo. En el resto del país el paisaje es diferente: los manglares suelen estar rodeados de caseríos, salinas, pastizales o de zonas agrícolas. Por esta razón, los manglares se han convertido en el último refugio para muchos organismos que han perdido sus hábitats naturales.

En base a lo anterior, resulta fundamental que el país acate documentos como el Código de Conducta para la Gestión y Uso Sostenible de Ecosistemas de Manglar (Macintosh y Ashton 2004). Los principios de este código fueron desarrollados mediante distintos talleres realizados en las diferentes regiones del planeta, entre ellas América Latina. Por ello, el código se ajusta bastante bien a las condiciones especiales de las distintas regiones. Una de las sugerencias más importantes que brinda este documento se refiere a la toma de decisiones basadas en el conocimiento. Al respecto menciona que “todas las decisiones referentes a las acciones de desarrollo deberán ser formuladas con base a un amplio cimiento de conocimientos que deberían incluir evaluaciones a escala de paisaje o regiones sobre la capacidad de los recursos”. Dados los vacíos de información existentes, se recomienda estimular la investigación que vaya orientada a llenar estos vacíos. Además, se recomienda aumentar el nivel de precaución en todas aquellas decisiones que afectan a los manglares, y observar experiencias documentadas en manglares costarricenses o de otros países, con el fin de extraer lecciones.

Otro documento de consulta de suma importancia es “El Uso de los Manglares en el Pacífico de Centroamérica: Usos tradicionales y potenciales” (Jiménez 1999). Este instrumento complementa y refuerza las sugerencias hechas por la Sociedad Internacional de Manglares y el Banco Mundial en el Código de Ética. En este, Jiménez (1999) enfatiza en la importancia de realizar el manejo de manglares en 3 niveles de complejidad: a nivel regional, a nivel del área y a nivel de sitio. Los manglares son ecosistemas de tal complejidad y heterogeneidad que su manejo óptimo se debe dar en varias escalas de trabajo.

Además, Pizarro *et al.* (2004) plantean los procedimientos a seguir para el manejo de los manglares de Costa Rica. Estas recomendaciones están basadas en el estado del conocimiento que se tiene sobre los manglares de Costa Rica y en la legislación actual que regula las actividades que en estos se realizan.

Adicionalmente, se recomienda el estudio de casos exitosos sobre manejo de manglares que existen en el país (e.g., Térraba-Sierpe) (Lahmann 1999, Cordero y Solano 2000). También se debe prestar atención a sitios en donde no ha habido prácticamente ningún control o manejo adecuado, y hoy en día los manglares se encuentran muy deteriorados (e.g., Puerto Soley, Jicaral, Lepanto, Estero Chomes, Chacarita, Mata Limón, Estero Zapote, Estero Palo, Estero Damas, Estero Negro (Boca Río Naranjo), Boca Río Savegre y Moín. Es imperante conocer cuáles fueron los factores que causaron su deterioro con el fin de aplicar esas lecciones a los esfuerzos de manejo que se hacen hoy en día.

El país cuenta con varios esfuerzos por mejorar el manejo de los ecosistemas de manglar. Ejemplo de ellos son publicaciones como la Guía de Procedimiento para el Uso Manejo Adecuado de los Humedales de Costa Rica (Aguilar 1996), Manejo Productivo de Manglares en América Central (Ammour *et al.* 1999) o las Memorias del Taller Conservación y Manejo de Humedales y Zonas Costeras en América Central (Anónimo 1999). Es importante revisar estos documentos en detalle y prestar atención a sus recomendaciones.

En un país rodeado por océanos, Pacífico y Caribe, con más de 1228 km de costa, podemos decir que la supervivencia y el bienestar de los pobladores de la zona costera, de las pesquerías en general y de los y las costarricenses depende en gran parte de la estabilidad de los manglares. Estos han demostrado ser sitios altamente biodiversos, con características únicas y especiales e inigualables, en los cuales se realizan más de 10 distintas actividades productivas. Adicionalmente, por ser un ecosistema

de transición mar-tierra se convierte también en una barrera que protege contra la erosión costera y del embate de fenómenos naturales como los son los huracanes.

Agradecimientos

Al CIMAR por permitirme hacer uso de la base de datos y los artículos que poseen sobre los **MANGLARES DE COSTA RICA**. Sin su cooperación esta vasta recopilación de artículos no hubiera sido posible.

Referencias

- Acuña, J.A., V. García y J. Mondragón. 1998. Comparación de algunos aspectos físico-químicos y calidad sanitaria del Estero de Puntarenas, Costa Rica. *Rev.Bio.Trop.* 46 (Supl.6):1-10
- Aguilar R., Gretel. 1996. Guía de procedimientos para el manejo de humedales de Costa Rica. UICN, Costa Rica. 70 p.
- Ammour, T., A. Imbach, D. Suman y N. Windevoxel. 1999. Manejo productivo de manglares en América Central. Serie Técnica. Reuniones técnicas, n°7. CATIE; UICN - ORMA. Programa de Humedales; Universidad de Miami. Rosenthal School of Marine and Atmospheric Science. 358 p.
- Ampie, C.L. y R.A. Cruz. 1989. Tamaño y madurez sexual de *Anadara tuberculosa* (Bivalvia: Arcidae) en Costa Rica. *Brenesia* 31:21-24.
- Anónimo. 1983. Working group on mangrove ecosystems. Global status of mangrove ecosystems. Paper number 3.
- Anónimo. 1997. Decreto 26435-MINAE. La Gaceta, 3 de diciembre.
- Anónimo. 1999. Memorias del taller Conservación y Manejo de Humedales y Zonas Costeras en América Central: Metodologías y Prioridades. IV Congreso de la Sociedad Mesoamericana para la Biología y Conservación. Guatemala 5-8 junio. 214 p.
- Anónimo. 2001. Política de Humedales de Costa Rica. MINAE, UICN. San José. 27 p.
- Anónimo. 2002. Proyecto para contribuir en la eliminación del trabajo infantil en la extracción de moluscos y actividades pesqueras en el Golfo de Nicoya. Una sistematización de su experiencia. Programa Internacional para la Erradicación del Trabajo Infantil; Organización Internacional del Trabajo (IPEC-OIT/ FUNDDEFA). 112 p (<http://www.ipec.oit.or.cr/ipec/comunicacion/publicaciones/CR/Moluscos%20CR.pdf>)
- Araúz, J. 1992. Diversidad de aves estuarinas del río Grande de Tárcoles. 80-92 p. In: Motte, M., L., Marineros y J., Rau. (eds). *Aportes al Conocimiento de la Vida Silvestre en el Caso de la Reserva Biológica Carara y la Reserva de Manglares de Guacalillo, CR: Proyecto Integrado de Investigación y Extensión, IV Promoción PRMVS. UNA, Programa Regional de Maestría en Manejo de Vida Silvestre. Heredia, Costa Rica.*
- Araya, H. 1995. La pesca artesanal sobre peneidos juveniles en el Golfo de Nicoya, Costa Rica.311-320. In: Zamarro, J. (ed.). *Ecosistema de Manglares en el Pacífico Centroamericano y sus Recursos de Post-Larvas de Camarones Peneidos. Simposium San Salvador 8-11 noviembre.*
- Araya, G. y S. Rodríguez. Relación entre la contaminación del agua de los manglares y los bivalvos del Estero de Puntarenas. Tesis de Licenciatura. Universidad de Costa Rica. 65 p.
- Asch, C. y O. Solano. 1991. Clasificación y perspectivas de manejo de los humedales de Térraba-Sierpe. Tesis, UNA. Heredia. 176 p.
- Baez, A.L. 1985. Evaluación de algunos aspectos de la biología del molusco *Polymesoda inflata* (Philippi, 1851) (Bivalvia Corbiculidae). Manglar de Pochote, Puntarenas - Costa Rica. Universidad de Costa Rica. Tesis Licenciatura en Biología. 74 p.
- Barrantes, G. 1998a. Biología y comportamiento de *Dendroica petechia xanthotera* (Aves: Parulidae). *Brenesia* 49-50:61-69.
- Barrantes, G. 1998b. Reproductive activity of birds in a mangrove swamp in Northwest Costa Rica. *Revista Biología Tropical* 46(4):1163-1166.
- Barrantes, G. y E. Castro. 1999. Aportes de la biodiversidad silvestre de las áreas de conservación a la economía nacional. INBIO, Costa Rica. 55 p.
- Basse, G. y C.A. Roldán. 1986. Los manglares: importancia y posibilidades de manejo. *Biocenosis* 3(2): 27-30.
- Bolaños, J.R., J. Sánchez y L. Piedra. 1996-1997. Inventario y estructura poblacional de crocodílidos en tres zona de Costa Rica. *Revista Biología Tropical* 44(3) / 45(1):283-287.
- Bonoff, M.B. y D.H. Janzen. 1980. Small rodents in eleven habitats in Santa Rosa National Park, Costa Rica. *Brenesia* 17:163-174.
- Bravo, J. y L. Ocampo. 1993. Mapa de Humedales de Costa Rica. Escala 1:750 000. Universidad Nacional.

- Brenes, C y S. León. 1995. Hidrografía del Golfo de Nicoya, Costa Rica. 39-47 p. In: Zamorro J (ed.). Actas del Simposium: Ecosistemas de Manglares en el Pacífico Centroamericano y sus Recursos de Post-Larvas de Camarones Peneidos.
- Cabrera, J., F. Vives y Y. Solano. 1994. Tamaños y proporción sexual de *Ucides Occidentalis* (Crustacea: Gecarcinidae) en un manglar de Costa Rica. *Uniciencia* 11:97-99.
- Cardona, P. y L. Botero. 1998. Soil characteristics and vegetation structure in a heavily deteriorated mangrove forest in the Caribbean coast of Colombia. *Biotropica* 30(1):24-34.
- Carrillo, E. y C. Vaughan. 1993. Variación en el comportamiento de *Procyon* spp. (Carnivora: Procyonidae) por la presencia de turistas en un área silvestre de Costa Rica. *Revista Biología Tropical* 41 (3): 843-848.
- Castaing, A., J.M. Jiménez, C.R. Villalobos. 1980. Observaciones sobre la ecología de manglares de la costa Pacífica de Costa Rica y su relación con la distribución del molusco *Geloina inflata* (Philippi) (Pelecypoda:Corbiculidae). *Revista Biología Tropical* 28(2):323-339.
- Castaing R. A., J.A. Granados Z. 1990. Regeneración natural en una zona deforestada del manglar de Mata de Limón, Puntarenas, Costa Rica. *Tecnología en Marcha* 10(3): 3-10.
- Chacón, D. 1993. Aspectos biométricos de una población de sábalo *Megalops atlanticus* (Pisces: Megalopidae). *Rev.Bio. Trop.* 41:13-18.
- Chong, P.W. 1988. Propuesta de Manejo Forestal, Planeamiento e Utilización Integrada en la Reserva de Térraba Sierpe, Costa Rica. Informe Técnico Preparado para el Gobierno de Costa Rica. Organización para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas (FAO), Roma. 170 p.
- Coll, M., A.C. Fonseca y J. Cortés. 2001. El manglar y otras asociaciones vegetales de la laguna de Gandoca, Limón, Costa Rica. *Rev.Biol.Trop.* 49 Suppl 2:321-329.
- Collins, J.P., R.C. Berkelhammer y M. Mesler. 1977. Notes on the natural history of the mangrove *Pelliciera rhizophorae*. *Brenesia* 10-11:17-29.
- Cordero, P. y F. Solano (eds). 2000. El manglar más grande de Costa Rica: experiencias de la UICN en el Proyecto DANIDA-MANGLARES de Térraba-Sierpe. UICN, Costa Rica. 40 p.
- Córdoba Muñoz, R. 1998. Primary productivity in the water column of Estero Morales, a mangrove system in the Gulf of Nicoya, Costa Rica. *Rev.Biol.Trop.* 46 Suppl.6:257-262.
- Cortés, J. 1991. Ambientes y organismos marinos del Refugio Nacional de Vida Silvestre Gandoca-Manzanillo, Limón, Costa Rica. Informe presentado a la Comisión de Consolidación del Refugio Gandoca-Manzanillo. CIMAR-UCR, Costa Rica. 45 p.
- Cruz, R.A. 1984. Algunos aspectos reproductivos y variación mensual del índice de condición de *Anadara similis* (Pelecypoda:Arcidae) de Jicaral, Puntarenas, Costa Rica. *Brenesia* 22:95-105.
- Cruz, R.A. 1987a. The reproductive cycle of the mangrove cockle *Anadara grandis* (Bilvalvia:Arcidae) in Costa Rica. *Brenesia* 27 : 1-8.
- Cruz, R.A. 1987b. Caracteres generales, edad y crecimiento de *Littorina fasciata* (Mollusca: Gastropoda). *Brenesia* 27 : 13-22.
- Cruz, R.A. 1999. Moluscos de manglar: especies de importancia comercial con posibilidades de manejo. In: Ammour T , Imbach A, Suman D, Windevoxhel N (eds). *Manejo Productivo de Manglares en América Central. Serie Técnica No.7, CATIE, Costa Rica.* 252-261 p.
- Cruz R.A. y A.V. Giusti. 1990. Desarrollo intracapsular de *Crepidula marginalis* (Gastropoda: Calyptraeidae). *Revista Biología Tropical* 38 (2A) : 289-293
- Cruz, R.A. y J.A. Palacios. 1983. Biometría del molusco *Anadara tuberculosa* (Pelecypoda:Arcidae) en Punta Morales, Puntarenas, Costa Rica. *Revista Biología Tropical* 31(2):175-179
- Delgado, P., J.A. Jiménez y D. Justic. 1999. Population dynamics of mangrove *Avicennia bicolor* on the Pacific coast of Costa Rica. *Wetlands Ecology and Management* 7(3):113-120.
- Delgado, P. y Hensel, P.F. 2001. Estructura y Distribución de la Comunidad de Manglar en el Sistema Estuarino Tempisque-Bebedero. En *Respuesta a Patrones Locales de Hidrología y Sedimentación.* 92-94 p. In Pizarro F , Gómez C. y Córdoba R. *Humedales de Centroamérica: Síntesis de Veintisiete Estudios e Iniciativas sobre Educación, Investigación, Manejo y Conservación de Humedales y Zonas Costeras.* UICN/ORMA.
- Delgado, P., P.F. Hensel, J.A. Jiménez y J.W. Day. 2001. The importance of propagule establishment and physical factors in a mangrove distributional patterns in a Costa Rican estuary. *Aquatic Botany* 71:157-178.
- Dittel, A.I., C.E. Epifanio, L.A. Cifuentes y D.L. Kirchman. 1997. Carbon and nitrogen sources for shrimp postlarvae fed natural diets from a tropical mangrove system. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 45:629-637.
- Dittel A.I y C.E. Epifanio. 1990. Seasonal and tidal abundance of crab larvae in a tropical mangrove system, Gulf of Nicoya, Costa Rica. *Marine Ecology Progress Series* 65(1) : 25-34.

- Dittel A.I., C.E. Epifanio y O. Lizano. 1991. Flux of Crab Larvae in a Mangrove Creek in the Gulf of Nicoya, Costa Rica. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 32:129-140.
- Doyle, T.W., T.J. Smith III y M.B. Roblee. 1995. Wind damage effects of hurricane Andrew on mangrove communities along the southwest coast of Florida, USA. *Journal of Coastal Research*. 21:159-168.
- Duke, N.C. 1992. Mangrove floristics and biogeography. 63-100 p. In: Robertson, A.L. y D.M. Alongi. *Coastal and Estuarine Studies: Tropical Mangrove Ecosystems*. American Geophysical Union, Washington.
- Echeverría, S., I.S. Wehrmann y R. Vargas. 2003. Diversidad taxonómica de los decápodos en el manglar Térraba-Sierpe, Puntarenas, Costa Rica. X Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar. 22-26 Setiembre 2003, San José, Costa Rica.
- Ellison, A.M. y E.J. Farnsworth. 1996. Anthropogenic disturbance of Caribbean mangrove ecosystems: Past impacts, present trends, and future predictions. *Biotropica* 28(4a):549-565.
- Fonseca, A.C., J. Cortés y P. Zamora. Submitted. Monitoreo del manglar de Gandoca, Costa Rica (sitio CARICOMP).
- Franco Matos, E. 1999. Turismo en manglares de Costa Rica: una alternativa para mejorar. 159-169 p. In: Ammour, T., A. Imbach, D. Suman y N. Widevoxlhel (eds.). *Manejo Productivo de Manglares en América Central*. Serie Técnica N°7, CATIE, CR.
- Gocke, K., M. Vittola y G. Rojas. Oxygen consumption patterns in a mangrove. *Revista Biología Tropical* 29(1):143-154.
- Granados Zúñiga, J.A. y A. Castaing Riba. La inminente destrucción del manglar de Mata de Limón, Costa Rica. *Biocenosis* 2(3-4):51-52.
- Güel, V.D., D. Pineda y D.M. Salas. 2000. Procesos Hidrogeomorfológicos de Transporte y Sedimentación en el Sistema Lagunar de Mata de Limón. Memoria de Práctica Dirigida, para optar por el título de Licenciatura en Geografía, Universidad de Costa Rica, San Pedro. 136 p.
- Herrera, W. 1985. Clima de Costa Rica. In: Gómez, D.C. (ed). *Vegetación y Clima de Costa Rica*. Vol 2. EUNED, Costa Rica. 118 p.
- Jesse, S. 1996. Demersal crustacean assemblages along the Pacific coast of Costa Rica: a quantitative and multivariate assessment based on the Victor Hensen Costa Rica Expedition (1993-1994). *Rev.Bio.Trop.* 44 Suppl 3: 115-134.
- Jiménez, J.A. 1984. A hypothesis to explain the reduced distribution of the Mangrove Pelliciera rhizophorae Tr. y Pl. *Biotropica* 16(4): 304-308.
- Jiménez, J.A. 1987. A clarification of the existence of Rhizophora species along the Pacific Coast of Central America. *Brenesia* 26 (25):25-32.
- Jiménez, J.A. 1988a. Dynamics and dispersion patterns of two mangrove populations on the Pacific Coast of Costa Rica. Dissertation Submitted to the Faculty of the University of Miami in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy. Florida. 176 p.
- Jiménez, J.A. 1988b. The dynamics of Rhizophora racemos Meyer, forests on the Pacific Coast of Costa Rica. *Brenesia* 30: 1-12.
- Jiménez, J.A. 1990. The structure and function of dry weather mangroves on the Pacific coast of Central America, with emphasis on Avicennia bicolor forests. *Estuaries* 13(2):182-192.
- Jiménez, J.A. 1994. Los Manglares del Pacífico Centroamericano. EFUNA, Heredia, Costa Rica. 352 p.
- Jiménez, J.A. 1999a. Ambiente, distribución y características estructurales de los manglares del Pacífico Centroamericano: contrastes climáticos . 51-70 p. In: Yáñez-Arancibia, A. y A.L. Lara-Domínguez (eds). *Ecosistemas de manglar en América tropical*. Instituto de Ecología, A.C. México, UICN/ORMA, Costa Rica, NOAA/NMFS Silver Spring MD USA.
- Jiménez, J.A. 1999b. El manejo de los manglares en el Pacífico de Centroamérica. Usos Tradicionales y potenciales. 257-290 p. In: Yáñez-Arancibia, A. y A.L. Lara-Domínguez (eds). *Ecosistemas de manglar en América tropical*. Instituto de Ecología, A.C. México, UICN/ORMA, Costa Rica, NOAA/NMFS Silver Spring MD USA.
- Jiménez, J.A., A.E. Lugo y G. Cintrón. 1985. Tree mortality in mangrove forests. *Biotropica* 17(3):177-185.
- Jiménez, J.A. y Sauter, K. 1991. Structure and dynamics of mangrove forests along a flooding gradient. *Estuaries* 14(1): 49-56.
- Jiménez, J.A. y R. Soto. 1985. Patrones regionales en la estructura y composición florística de los manglares de la Costa Pacífica de Costa Rica. *Rev.Biol.Trop.* 33(1):25-37.
- Jovel, R. 2005. Barrera Natural Manglares frenan desastres. *El Diario Hoy*, 10 enero. Nacionales. (<http://www.elsalvador.com/noticias/2005/01/10/nacional/nac11.asp>)
- Lacerda, L.D. y Y. Schaeffer Novelli. 1999. Mangroves of Latin America: The need for conservation and sustainable utilization. 5-8 p. In: Yáñez-Arancibia, A. y A.L. Lara- Domínguez (eds). *Ecosistemas de manglar en América*

- tropical. Instituto de Ecología, A.C. México, UICN/ORMA, Costa Rica, NOAA/NMFS Silver Spring MD USA.
- Lahmann, E.J. 1999. La Reserva Forestal de Térraba Sierpe, Costa Rica: Un ejemplo de uso adecuado del manglar. In: Yáñez A. y A.L. Lara-Domínguez (eds.). Ecosistemas de Manglar en América Tropical. Instituto de Ecología, A.C. México, UICN/ORMA, Costa Rica, NOAA/NMFS Silver Spring MD, EEUU.
- Lamaparelli Conde, F. Oliveira Rodriguez y D. Orgler de Moura. 1991. Long-term assesment of an oil spill in a mangrove forest in São Paulo, Brazil. 191-203. In: Kjerfve, B., L. Drude de Lacerda y E.H. Salif Diop (eds.). Mangrove ecosystem studies in Latin America and Africa. UNESCO, Francia.
- Leahly, S. 2005. Kathrina es solo una muestra del cambio climático. IPS Inter Press Service. (<http://colombia.indymedia.org/news/2005/09/30330.php>).
- Lefevre, G. y B. Poulin. 1996. Seasonal abundance of migrant birds and food resources in Panamanian mangrove forests. *Wilson Bull.* 108(4):748-759.
- López, M.I. y C. Arias. 1987. Distribución del ictioplancton en el Estuario de Pochote, Bahía Ballena, Pacífico de Costa Rica. *Revista Biología Tropical* 35(1):121-126.
- Lugo, A.E. y S.C. Snedaker. 1974. The ecology of mangroves. *Annual Review of Ecology and Systematics* 5:39-64.
- Macintosh, D. y A.C. Ashton. 2004. Principios para un código de conducta para la gestión y uso sostenible de ecosistemas de manglar. Banco Mundial, ISME, cenTer Aarhus. 118p.
- Malavassi, L., R.M. Alfaro, W.Murillo y G. Herrera. Evaluación del recurso biológico del manglar de Tivives. Fundación de Parques Nacionales, Programa de Patrimonio Natural de Costa Rica. 48 p.
- Marín, M.E. 1991. Estudio de Caso Sobre el Uso Actual de la Reserva Forestal Térraba - Sierpe y Evaluación de la Rentabilidad de un Proyecto de Maricultura y Silvicultura para Coopemangle. CATIE. Tesis Magister Scientiae. Turrialba, CR. 154 p.
- Martín, I. 1988. Reserva forestal Térraba-Sierpe: Información básica. Informe preparado ara el Gobierno de Costa Rica. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. TCP-COS-6652. Costa Rica. 140 p.
- Medina, E., H. Fonseca, F. Barboza y M. Francisco. 2001. Natural and man induced changes in a tidal channel mangrove system under tropical semi-arid climate at the entrance of the Maracaibo lake (Western Venezuela). *Wetlands Ecology and Management* 9: 233-243.
- Ortiz, L. 2004. Mujeres asumen desarrollo costero. *Campus Año XVI N°45, Actualidad.* Oficina de Comunicación, Universidad Nacional. Costa Rica. 3 p.
- Palacios, J.A., J.A. Rodríguez, R.A. Cruz y J. Bolaños. 1986. Estudio sobre la biología de *Protothaca asperrima* (Pelecypoda: Veneridae) I Distribución y Cuantificación. *Brenesia* 25-26:1-11
- Perdonomo, L., I. Ensminger, L.F. Espinosa, C. Ester, M. Wallner-Kersanack y M.L. Schnetter. 1999. The Mangrove Ecosystem of the Ciénaga Grande de Santa Marta (Colombia): Observations on Regeneration and Trace Metals in Sediment. *Marine Pollution Bulletin* 37:393-403.
- Perry, D. 1988. Effects of associated fauna on growth and productivity in the red mangrove. *Ecology* 69(4):1064-1075.
- Pizarro, F. y H. Angulo. 1993. Diagnóstico de los manglares de la costa Pacífica de Costa Rica. CATIE, UNA, Costa Rica. 82 p.
- Pizarro, F., L. Piedra, J. Bravo, J. Asch y C. Asch. 2004. Manual de Procedimientos para el Manejo de los Manglares de Costa Rica. EFUNA, Costa Rica. 130 p.
- Pereira, A.I. 1990. Ecología de la alimentación de los correlimos (Aves:Scolopacidae) de una playa fangosa del Golfo de Nicoya, Costa Rica. Tesis de Maestría, Universidad de Costa Rica. San José. 86 p.
- Pool, D.J., S.C. Snedaker y A.E. Lugo. 1977. Structure of mangrove forests in Florida, Puerto Rico, Mexico, and Costa Rica. *Biotropica* 9(3):195-212.
- Ramírez, A.R., W.A. Szelistowski y M.I. López. 1989. Spawning pattern and larval recruitment in Gulf of Nicoya anchovies (Pisces: Engraulidae). *Revista Biología Tropical* 37(1):55-62.
- Ramírez, A.R., W.A. Szelistowski y M.I. López. 1990. Composition and abundance of ichthyoplankton in a Gulf of Nicoya mangrove estuary. *Revista Biología Tropical* 38 (2B) : 463-466.
- Robertson, A.I., D.M. Alongi y K.G. Boto. 1992. Food chains and carbon fluxes. 293-326 p. In: Robertson , A.I. y D.M. Alongi (eds.). *Coastal and Estuarine Studies: Tropical Mangrove Ecosystems.* American Geophysical Union, Washington.
- Rojas, R., J.F. Pizarro y M. Castro. 1994. Diversidad y abundancia íctica en tres áreas de manglar en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Rev.Bio.Trop.* 42:663-672.
- Sibaja, W.G. 1986. Madurez sexual en el mejillón chora *Mytella guyanensis* Lamark, 1819 (Bivalvia: Mytilidae) del manglar en Jicaral, Puntarenas, Costa Rica. *Rev.Bio.Trop.* 34:151-155.

- Simberloff, D.S. 1991. Mangroves (Mangles, Mangroves). 276-279 p. In: Janzen, D.H. (ed.). Costa Rica Natural History. Editorial de la Universidad de Costa Rica, San José.
- Silva, A.M. y R. Bonilla. 2001. Abundancia y morfometría de *Anadara tuberculosa* y *A. similis* (Mollusca: Bivalvia) en el Manglar de Purruja, Golfo Dulce, Costa Rica. *Revista Biología Tropical* 49 (Suppl. 2): 315-320.
- Silva, A.M. y N.N. Carrillo. 2004. El manglar de Purruja, Golfito, Costa Rica: un modelo para su manejo. *Rev.Bio.Trop.* 52 Suppl. 2:195-201.
- Shahadat Hossain, Md., C. Kwei Lin y M. Zakir Hussain. 2001. Goodbye Chakaria Sunderban: the oldest mangrove forest. *SWS Bulletin*: 19-22.
- Sherman, R.E. y T.J. Fahey. 2001. Hurricane impacts on mangrove forests in Dominican Republic: Damage patterns and early recovery. *Biotropica* 33(3):393-408.
- Snedaker, S., J.A. Jiménez y M.S. Brown. 1981. Anomalous aerial roots in *Avicennia germinans* (L.) L. in Florida and Costa Rica. *Bulletin of marine science* 31(2):467-470
- Solórzano, R., R.De Camino, R. Woodward, J. Tosi, V. Watson, A. Vásquez, C. Villalobos, J.A. Jiménez, R. Repetto y W. Cruz. 1991. Accounts Overdue: Natural resource depreciation in Costa Rica. World Resources Institute. Washington D.C. 110p.
- Soto, R. y J.A. Jiménez. 1982. Análisis fisionómico estructural del manglar de Puerto Soley, La Cruz, Guanacaste, Costa Rica. *Rev.Biol.Trop.* 30:161-168.
- Soto, R. y L.F. Corrales. 1987. Variación de algunas características foliares de *Avicennia germinans* (L.)L. (Avicenniaceae) en un gradiente climático de salinidad.
- Suárez E y A. Castaing. 1984. Distribución arbórea de los gastrópodos *Cerithidea montagnei* (Mollusca: Potamidae) y *Littorina* spp. (Mollusca: Littorinidae) en el manglar de Mata de Limón, Costa Rica. *Uniciencia* 1(1):47-54.
- Tejada R, J.C. 1991. Caracterización del cultivo comercial del camarón de manglar *Penaeus* spp. y su impacto en los ecosistemas de manglar. Análisis de tres estudios de caso: Honduras, Costa Rica y Panamá. Tesis Maestría. CATIE, Costa Rica. 226 p.
- Tomlinson, P.B. 1986. *The Botany of Mangroves*. Cambridge University Press, Cambridge. 413 p.
- Twilley, R. y J. Day. 1999. The productivity and nutrient cycling of mangrove ecosystems. 127-152 p. In: Yáñez-Arancibia, A. y A.L. Lara-Domínguez (eds). *Ecosistemas de manglar en América tropical*. Instituto de Ecología, A.C. México, UICN/ORMA, Costa Rica, NOAA/NMFS Silver Spring MD USA.
- Valiela, I., J.L. Bowen y J.K. York. 2001. Mangrove forests: one of the world's threatened major tropical environments. *BioScience* 51(10):807-815.
- Webber, R.J. y H.H. Webber. 1978. Management of acidity in mangrove site aquaculture. *Rev.Bio.Trop.* 26 (Supl. 1):45-51.
- Wehrtmann, I.S. y A.I. Dittel. 1990. Utilization of floating mangrove leaves as a transport mechanisms of estuarine organisms, with emphasis on decapod Crustacea. *Mar.Ecol.Prog.Ser.* 60:67-73.
- Yáñez-Arancibia, A. y A.L. Lara-Domínguez. 1999. Los manglares de América Latina en la encrucijada. 9-16 p. In: Yáñez-Arancibia, A. y A.L. Lara-Domínguez (eds). *Ecosistemas de manglar en América tropical*. Instituto de Ecología, A.C. México, UICN/ORMA, Costa Rica, NOAA/NMFS Silver Spring MD USA.

CAPITULO IV

PASTOS MARINOS

Vanessa Nielsen Muñoz⁵

Resumen: Los pastos marinos son importantes componentes ecológicos y económicos de los ecosistemas costeros del mundo. Se han identificado varias adaptaciones particulares que les permite sobrevivir en la vecindad de los ambientes coralinos y manglares: la habilidad de crecer mientras están completamente sumergidos, la adaptación de sobrevivir en alta y a menudo variable salinidad, un sistema de anclaje que resiste los movimientos del agua, la habilidad de competir con otras especies en un ambiente marino y un mecanismo de polinización submarina. Tienen la capacidad de filtrar nutrientes y contaminantes de las aguas, colonizar y estabilizar los sedimentos, actuar como atenuadores de la acción de las olas y proveer cierta protección contra la erosión de las costas. Los pastos forman extensas praderas que son fuente de alimento y proveen refugio para muchas especies, tal como peces, moluscos, crustáceos, etc. Se consideran buenos indicadores para el monitoreo de la salud del ecosistema y son importantes en proyectos de restauración y conservación. A pesar de la importancia de este ecosistema (son uno de los hábitats costeros más productivos del mundo), los pastos marinos han disminuido o han sido totalmente destruidos en muchos sitios. La expansión humana continúa en todo el mundo y de manera desproporcionada en las áreas costeras, por lo que se hace necesario tomar acciones para el mejoramiento de las áreas marinas protegidas como instrumentos para solventar la seria problemática actual. La disminución global en la abundancia de los pastos marinos y sus organismos asociados, es producida principalmente por actividades antropogénicas tales como la sedimentación causada por la deforestación y la excesiva producción de nutrientes en las aguas costeras, además de la contaminación por el uso de plaguicidas. Factores naturales como el aumento de la temperatura del agua y la radiación solar, están también afectando intensamente a este ecosistema, debido a su ubicación en aguas someras. Hay pocos estudios ecológicos sobre los pastos marinos de Costa Rica, se requieren evaluaciones rápidas para determinar su ubicación, el estado actual y las medidas de protección para estas poblaciones. En el Caribe existe un programa de monitoreo de pastos marinos desde 1999 siguiendo el protocolo CARICOMP (Caribbean Coastal and Marine Productivity). La productividad (2.7 ± 1.15 g/m²/d; n=74) en Costa Rica resultó intermedia, comparada con otros sitios del Caribe, la biomasa total resultó de intermedia a alta (822.8 ± 391.84 g/m²; n=32), y la densidad promedio resultó mayor (1184 ± 335.5 plántulas/m²). La productividad y biomasa de los pastos se está viendo afectada por las

⁵ Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR), Universidad de Costa Rica, San José, 2060, Costa Rica, vnielsen@cariari.ucr.ac.cr

temperaturas máximas que aumentaron casi 10°C de 1999 a 2005. La actividad por botes, nadadores y la alta carga de nutrientes proveniente de la contaminación local por aguas negras, la deforestación y las actividades agrícolas en tierras costeras y riverinas son fuentes potenciales de impacto en estos pastos marinos. Se necesita generar más información básica de este ecosistema en el Caribe, pues es útil para una comunidad que depende directa o indirectamente del ecoturismo y la pesca. Se recomienda establecer y fortalecer los planes de monitoreo existentes para determinar la salud del ecosistema, lo que permitirá un manejo adecuado. Esta información es necesaria como instrumento para concientizar a las personas encargadas de ejecutar planes de acción específicos para la conservación y el manejo de los recursos naturales y enfocar las prioridades a nivel internacional. Se deben establecer políticas de fortalecimiento para proteger lo que ya está declarado y lo que aún falta, ya que para los pastos marinos del Caribe de Costa Rica todavía no se han realizado sondeos ecológicos rápidos para determinar la presencia y distribución de las especies a lo largo de la costa.

La información recopilada y analizada sobre los hábitats marino-costeros de Costa Rica, permitirá un mejor entendimiento y un amplio conocimiento de su importancia, lo que se espera contribuya con la protección de un ecosistema valioso y único en Costa Rica.

Introducción

Los pastos marinos son plantas con flor que están adaptadas a los ambientes marinos poco profundos de la mayoría de los continentes. Son importantes componentes ecológicos y económicos de los ecosistemas costeros del mundo. Se les considera un grupo funcional de 60 plantas marinas con flor que se encuentran sumergidas. El 75 % de los pastos marinos son dioicos (flores masculinas y femeninas en plantas separadas), crecen en la vecindad de los ambientes coralinos y manglares, hábitat con los cuales están ecológicamente relacionados. (Wycott y Les 1996). Se han identificado varias adaptaciones particulares que les permite a los pastos marinos sobrevivir en este nicho: 1) la habilidad de crecer mientras están completamente sumergidos, 2) la adaptación de sobrevivir en alta y a menudo variable salinidad, 3) un sistema de anclaje que resiste los movimientos del agua, 4) la habilidad de competir con otras especies en un ambiente marino y 5) un mecanismo de polinización submarina. El polen es mucilaginoso y flotante bajo la superficie del agua (Pettitt *et al.* 1981). Tienen la capacidad de filtrar nutrientes y contaminantes de las aguas, colonizar y estabilizar los sedimentos, actuar como atenuadores de la acción de las olas y proveer cierta protección contra la erosión de las costas (Short y Coles 2001, Green y Short 2003). Presentan una de las tasas de producción más altas en el mundo, forman un ecosistema único y valioso que se caracterizan por tener altos requerimientos lumínicos que los limitan a las aguas someras (generalmente menos de 30 m) de las costas marinas, incluyendo estuarios (Fonseca *et al.* 1988).

Los pastos forman extensas praderas que son fuente de alimento, sitios de crianza para los grandes océanos, proveen refugio y hábitat para muchas especies, tal como peces, moluscos, crustáceos, etc. Muchas especies de peces e invertebrados, incluyendo caballitos de mar, camarones y moluscos, utilizan los pastos en algún momento de su ciclo de vida, a menudo como sitios de reproducción o como juveniles. Los pastos marinos son la base de complejas cadenas alimenticias. Proveen alimento a cerca de 100 especies de peces, aves marinas, manatíes, y tortugas marinas; algunas de las cuales están amenazadas y son de gran interés público (Short y Coles 2001, Green y Short 2003). Harlin (1980) reporta una lista de 450 especies de algas epifitas (algas que viven sobre las hojas). En New South Wales, Australia se han encontrado 248 especies de artrópodos, 197 de moluscos, 171 de poliquetos y 15 especies de equinodermos. En Costa Rica, desde el 2002 se desarrolla un proyecto denominado: "Estudio taxonómico sobre la biodiversidad de macro-crustáceos asociados a microalgas y pastos marinos en el Caribe de Costa Rica" con el que se pretende identificar parte de la fauna asociada a los pastos marinos del Parque Nacional Cahuita.

Los pastos marinos se consideran como buenos bioindicadores para el monitoreo de la salud del ecosistema (Wood y Lavery 2001) y son importantes componentes en proyectos de restauración (Short y Wyllie-Echeverría 1996, Short y Neckles 1999) y conservación (Jagtap *et al.* 2003, Paynter *et al.* 2001). Algunos de los principales programas de monitoreo se realizan en la zona costera del Caribe (CARICOMP), en Florida y Australia (Zieman 1997, Kirkman y Kirkman 2000, Fourqurean *et al.* 2002, Fourqurean y Rutten 2003).

A pesar de la importancia de este ecosistema y que hay extensas praderas en todos los continentes

excepto en Antártica, los pastos marinos han disminuido o han sido totalmente destruidos en muchos sitios (Green y Short 2003). La expansión humana continúa aumentando en todo el mundo, en particular en las áreas costeras, por lo que se hace necesario tomar acciones para utilizar las áreas marinas protegidas como posibles herramientas para solventar la seria problemática actual. Es importante, ahora más que nunca, avanzar el nivel de conocimiento que tenemos sobre los recursos costeros y los hábitats marinos críticos.

Los pastos marinos es uno de los ecosistemas marinos de mayor amplitud, probablemente el de mayor tamaño en las aguas poco profundas del mundo, ya que se estima que comprenden una cobertura global de 177 000 km² (Green y Short 2003). El uso directo de los pastos marinos por el hombre es limitado, sin embargo, contribuyen al mantenimiento de importantes pesquerías costeras alrededor del mundo debido a que se encuentran en lugares fácilmente accesibles, poco profundos y funcionan como sitios de refugio para múltiples especies (Green y Short 2003).

Hay pocos estudios sobre el valor económico directo de los pastos marinos. Sin embargo, se ha estimado que el valor global anual del servicio que prestan las praderas de pastos marinos-algas es de US \$19 004 por hectárea por año. Con una estimación de área total para estos ecosistemas combinados de 2 000 000 km², se calcula un valor global anual de US \$3 801 000 000 000 (US \$3.8 billones). Lo anterior se basa casi completamente en el papel que estos ecosistemas juegan en el reciclaje de nutrientes, que es solo uno de los muchos valores del ecosistema (Green y Short 2003).

En los últimos años, el número total de áreas marinas protegidas alrededor del mundo ha incrementado de menos de 500 en 1960, a más de 4000 en el 2001 (Datos de UNEP-WCMC, <http://unep-wcmc.org>). Sin embargo, no existen áreas marinas protegidas (AMPs) que hayan sido establecidas exclusivamente para la protección de los pastos marinos. No obstante, estos hábitats a menudo son identificados como claves al diseñar AMPs. De hecho, se estima que alrededor del mundo hay 247 AMPs localizadas, en 72 países, que incluyen pastos marinos. Sin embargo, la vasta mayoría de estos sitios no proveen una clara protección de los pastos marinos, su inclusión como AMP ha sido de manera fortuita (Green y Short 2003).

En la región del Caribe y el Golfo de México se han reportado un total de 9 especies, es una región de moderada diversidad. La especie dominante en la mayor parte de esta región es la “hierba de tortuga” (*Thalassia testudinum*), junto con *Syringodium* filiforme y, en menor abundancia, especies de los géneros *Halodule* y *Halophila*. Los pastos marinos forman áreas mono-específicas (una sola especie) o áreas de especies mezcladas, conocidas como praderas y forman un único ecosistema marino o biotopo. Para el Caribe de Costa Rica se han informado cuatro especies: *Thalassia testudinum*, *Syringodium filiforme*, *Halophila decipiens* y *Halodule wrightii*, mientras que en el Pacífico se encuentran únicamente dos: *Halophila bailionii* y *Ruppia maritima* (Dawson 1962, Wellington 1972, 1973, Cortés 2001).

El género *Thalassia* (Familia Hydrocharitaceae) comprende dos especies geográficamente separadas que son morfológicamente similares, parecen estar íntimamente relacionadas y que derivaron quizá de una población ancestral común (Pettitt *et al.* 1981, Kuo y den Hartog 2001). Se trata de *T. testudinum* Banks ex König, que se encuentra en el Caribe y el Golfo de México (den Hartog 1970) y *T. hemprichii* (Ehrenberg) Ascherson en la región Indo-Pacífica (Short *et al.* 2001). En Costa Rica *T. testudinum* se encuentra solamente en la costa del Caribe, principalmente en el Parque Nacional Cahuita y el Refugio de Vida Silvestre Gandoca-Manzanillo. A pesar de que en Costa Rica hay relativamente pocas especies, el ecosistema tiene una compleja estructura física y una alta productividad que permite el mantenimiento de una biomasa considerable y diversidad de especies asociadas.

Este capítulo presenta el estatus de los pastos marinos de Costa Rica, un ecosistema de gran importancia, poco estudiado y que está siendo fuertemente amenazado principalmente por actividades antropogénicas. Hay pocos estudios ecológicos sobre los pastos marinos del Caribe y el Pacífico de Costa Rica (Figura 5 del Atlas en Anexo). Wellington (1972) se refiere a la comunidad de *Thalassia* mediante una descripción ecológica del ambiente marino del Parque Nacional Cahuita. La laguna costera del Parque Nacional Cahuita tiene un área aproximada de 250 ha, de las cuales las praderas de pastos marinos cubren 20 hectáreas. Este sitio se vio afectado por el terremoto de Limón en la década de 1990 y un año después de este evento, *Thalassia* había repoblado completamente la laguna. Posteriormente poblaciones de algas y otras especies de pastos marinos volvieron a alcanzar los niveles anteriores al terremoto (Cortés 2004 en Linton y Fisher 2004). Desde 1999 se están monitoreando los pastos de Cahuita, específicamente en los alrededores de la desembocadura del río Peresojo. La

productividad ($2.7 \pm 1.15 \text{ g/m}^2/\text{d}$; $n=74$) resultó intermedia, comparada con otros sitios del Caribe, y la densidad promedio es de 725 plántulas/ m^2 , en la región Caribe, mientras que en Costa Rica resultó mayor (1184 ± 335.5 plántulas/ m^2). También se informan resultados sobre biomasa, tasa de recambio y dimensiones de las plántulas. En Cahuita la productividad del pasto es significativamente menor comparado con los seis años previos, y la biomasa disminuyó en el tiempo. Ambos parámetros se están viendo afectados por las temperaturas máximas que aumentaron casi 10°C de 1999 a 2005. La actividad por botes, nadadores y la alta carga de nutrientes proveniente de la contaminación local por aguas negras, la deforestación y las actividades agrícolas en tierras costeras y riverinas son fuentes potenciales de impacto en los pastos marinos de Cahuita (Fonseca *et al.* submitted). En la costa Pacífica de Costa Rica las poblaciones son pequeñas y aisladas. Se requieren evaluaciones rápidas para determinar su ubicación, el estado actual y las medidas de protección para estas poblaciones.

Hay varios estudios sobre la floración de *T. testudinum* en Florida, las Islas Vírgenes (EUA) y Texas (Grey y Moffler 1978, Lewis y Phillips 1980, Phillips *et al.* 1981, Moffler *et al.* 1981, Zieman 1982). En Costa Rica desde el 2003 se están realizando estudios sobre la floración de esta especie (Nielsen y Cortés, en prep.).

Lechos de *Thalassia* en el Refugio Nacional de Vida Silvestre Gandoca-Manzanillo. Dentro del refugio Gandoca-Manzanillo se encuentran grandes áreas cubiertas por pastos marinos, principalmente el pasto de tortuga, *Thalassia testudinum* y en menor proporción, el pasto de manatí, *Syringodium filiforme*. Los lechos de *Thalassia*, como se les llama generalmente a estas áreas de pastos marinos, son más abundantes en las zonas protegidas de los arrecifes. En el refugio, dichos lechos se encuentran detrás de las crestas arrecifales de Punta Uva, de Manzanillo y de Punta Mona (Cortés 1991).

Los lechos de *Thalassia* son ecosistemas marinos importantes debido a su alta productividad biológica. Estas plantas son comidas directamente por un gran número de organismos, y el detritus que producen forma la base de varias cadenas alimentarias importantes de los arrecifes. En estas áreas también se lleva a cabo un reciclaje activo de nutrimentos, fundamental para la existencia de los mismos pastos y el de los arrecifes aledaños. Asociado a estos pastos marinos se encuentra una gran cantidad de organismos, algunos de ellos de importancia comercial. Otros organismos utilizan los lechos de *Thalassia* como sitio de reproducción o crianza temprana, como la langosta *Panulirus argus* (Cortés 1991).

Amenazas

Los pastos marinos están fuertemente vinculados y compiten con arrecifes coralinos y manglares como uno de los hábitat costeros más productivos del mundo, por lo que la pérdida de pastos marinos es un factor que contribuye con la degradación de los océanos del mundo (Short y Coles 2001). En el Parque Nacional Cahuita se ha visto un incremento en el número de turistas. A sí mismo, la siembra banano y cítricos ha conducido al daño de los ecosistemas costeros. Lo anterior se debe al incremento en la descarga de sedimentos y aguas servidas, y la contaminación por pesticidas y fertilizantes (Cortés 2004 en Linton y Fisher 2004, Fonseca *et al.* submitted).

A) Factores antropogénicos

Se ha reportado una disminución global en la abundancia de los pastos marinos y sus organismos asociados, principalmente por actividades antropogénicas (Kemp 2000). La pérdida de pastos marinos se ha atribuido principalmente a la sedimentación causada por la deforestación (Kirkman y Walker 1989, Shepherd *et al.* 1989, Fortes 1995) y la excesiva descarga de nutrientes en aguas costeras (Short y Wyllie-Echeverría 1996). La sedimentación, está asociada con una reducción en la disponibilidad de luz y un incremento de la cantidad de nutrientes que entran al sistema (Malmer y Grip 1994, Mitchell *et al.* 1997). Ambos factores afectan negativamente el crecimiento de los pastos marinos (Giesen *et al.* 1990, Duarte 1991, Sand-Jensen y Borum 1991). El incremento en la sedimentación está asociado con una disminución en la penetración de luz solar en el agua, un estímulo para el crecimiento de fitoplancton y crecimiento de epífitas por el aumento de nutrientes asociado (Bach 1997). También ha sido identificado como la causa principal del deterioro de los ecosistemas de pastos marinos del sureste de Asia (Fortes 1988, 1995). Las principales amenazas de este ecosistema en Costa Rica son las mismas que a nivel mundial. En el Parque Nacional Cahuita, las corrientes fluyen desde el noroeste hacia el sureste, con pequeños remolinos en la dirección opuesta que transportan sedimentos terríge-

nos asociados a fertilizantes y pesticidas derivados de las tierras deforestadas a lo largo de ríos y costas (Cortés 1994).

Varios países han dado una alta prioridad a la conservación de ecosistemas de pastos marinos, y han implementado programas de rehabilitación desde 1945 en algunas áreas (Thorhaug 1986). En este sentido es más factible tomar acciones inmediatas de conservación y manejo específicas para este ecosistema, debido a que la recuperación es una ardua labor. Una de las razones principales radica en que la tasa de crecimiento que presentan algunas poblaciones es lenta. Tal es el caso de *T. testudinum*, cuyas praderas tomarían décadas, incluso cientos de años en llegar a ser como las que existen en la actualidad (Fonseca *et al.* 1988).

Contaminación

El uso de plaguicidas en la región Caribe es intenso y extenso, sin embargo existen pocos estudios sobre la distribución e impacto de estos compuestos en las zonas costeras. Por las características de las corrientes marinas de dirección sur-sureste en el Caribe, es probable que concentraciones importantes de plaguicidas sean acarreadas a lo largo de la costa y depositadas en zonas de alta sedimentación (IRET 2001). Readman *et al.* (1992) reportaron dos organofosforados en sedimentos recolectados a menos de 2 m de profundidad en las bocas de los ríos Suerte, Parismina, Pacuare y Banano, en concentraciones de 1,2 a 34,2 microgramos por kilogramo de peso seco de clorpirifos y de 0,2 a 1,2 microgramos por kilogramo de peso seco de Paration (Abarca y Ruepert 1992). También se encontró clorpirifos en una muestra de pepino de mar del arrecife coralino del Parque Nacional Cahuita en concentraciones de 8 microgramos por kilogramo de peso seco (Rojas *et al.* 1998). De la Cruz *et al.* (1998), reportó la presencia de plaguicidas en el 49% de las muestras de agua recolectadas de 1995 a 1997 en el sistema de canales Suerte-Tortuguero y en el 14% de las muestras colectadas en la boca del Tortuguero; el nematocida Cadusafos fue encontrado en muestras de agua de mar.

Frente a Limón, las concentraciones de hidrocarburos disueltos y dispersos en la columna de agua se pueden asociar con fuentes puntuales de descarga como los muelles de Moín y Limón y Cieneguita. La concentración más alta detectada de hidrocarburos disueltos y dispersos fue de 4,35 microgramos por litro de equivalentes de Criseno en el Muelle de Moín. Este valor fue explicado por el autor como el resultado de la influencia que ejerce el Río Moín en la distribución de la carga de contaminantes derivados del petróleo. El promedio de la concentración de hidrocarburos en la región de 1996 a 1997 fue de 0,19 a 1,94 microgramos por litro de equivalentes de Criseno (Acuña *et al.* 1998, Acuña *et al.* 2004). Los niveles de hidrocarburos disueltos y dispersos en el agua reportados por Acuña *et al.* (1998), están muy por debajo de los 10 microgramos por litro que es la norma internacional de contaminación. Sin embargo, es importante recalcar que las concentraciones de hidrocarburos disueltos y dispersos encontradas, superan los promedios anuales de 1988 y 1989 reportados para la región. Se puede decir que esta zona sufre una contaminación crónica de estos compuestos, arrastrados por las corrientes marinas.

B) Factores naturales

La organización biológica de las praderas de pastos marinos depende de complejas combinaciones de características físicas, químicas y biológicas que varían a través del tiempo. En el año 2005 se registraron las temperaturas del agua más altas de los últimos cinco años en los pastos marinos del Parque Nacional Cahuita, alcanzando valores máximos de 40.48 °C en abril y mayo (época seca). Esta situación es alarmante debido a que las aguas permanecen calientes por períodos prolongados y que la temperatura no logra bajar de 30 °C durante algunos días de estos meses. Esto ocasiona un estrés muy alto en las plantas de esta localidad durante esta época del año, en la cual se dan las mareas más bajas del año y no hay descarga de agua fría de un pequeño afluente del Río Perezoso. Por otro lado esta localidad se caracteriza por una poca influencia de mareas y oleaje en comparación con otros lechos de pastos marinos del Parque Nacional Cahuita (Fonseca *et al.* submitted).

Las perturbaciones naturales, tal como el aumento de la temperatura del mar y la radiación solar, están afectando intensamente a este ecosistema, debido a su ubicación en aguas someras. Es necesario contar con equipo especializado para medir la radiación solar o la fotosíntesis de la vegetación sumergida en el agua del mar y demostrar tales aseveraciones. Sin embargo, es posible observar que la situación es preocupante, sobre todo para los organismos sésiles que componen este ecosistema.

Tal es el caso de un coral pequeño, llamado “coral rosa” (*Manicina areolata*) que vive en los lechos de pastos marinos de la localidad de Perezoso (Parque Nacional Cahuita). Estos corales sufrieron una alta mortalidad con las altas temperaturas en lo que va del año 2005. En esta localidad se contabilizaron 522 “corales rosa” severamente dañados. Otras especies de corales que también se vieron seriamente afectadas en esta zona fueron: el “coral lechuga” (*Agaricia agaricites*) y el “coral de fuego” (*Millepora complanata*). En el caso de los pastos marinos, no es factible medir a simple vista el impacto de un efecto natural de esta magnitud, por lo que son necesarios estudios fisiológicos.

En el Parque Nacional Cahuita (localidad Perezoso) la productividad de los pastos marinos fue significativamente baja en marzo del 2005 ($1.03 \pm 0.34 \text{ g/m}^2/\text{día}$), aparentemente debido a las altas temperaturas registradas ese año (la temperatura máxima fue de $39.88 \text{ }^\circ\text{C}$). La biomasa también ha disminuido con el tiempo de $1128.8 \pm 254.4 \text{ g/m}^2$ en marzo de 1999 a $651.3 \pm 349.2 \text{ g/m}^2$ en marzo del 2005. La productividad y biomasa de los pastos marinos esta siendo afectada por las temperaturas que han aumentado al menos $10 \text{ }^\circ\text{C}$ entre 1999 y el 2005, con una correlación significativamente inversa (>0.7) (Fonseca *et al.* submitted.). La mayor influencia de la temperatura en pastos marinos es fisiológica, relacionada con la tolerancia individual de las especies y la temperatura óptima máxima para fotosíntesis, respiración y crecimiento (Short *et al.* 2001).

Otro fenómeno natural que esta produciendo perturbaciones en los pastos marinos son los períodos de exposición directa al sol, situación que se da en particular durante la época seca, que coincide con las mareas más bajas del año. El evidente incremento de la radiación ultravioleta es probablemente resultado del cambio climático que puede estar en un rango de inhibición de la actividad fotosintética, situación que es más crítica en los trópicos. El cambio climático también afectará a los pastos marinos, debido a que la modificación de la salinidad incidirá en la distribución, germinación de semillas, formación de propágulos, fotosíntesis, crecimiento y biomasa (Short y Neckles 1999).

C) Vacíos de información

La mayoría del conocimiento sobre el ecosistema de los pastos marinos del mundo esta basado en estudios de sitios específicos, usualmente en países desarrollados. Es poco lo que se conoce sobre la importancia de los pastos marinos en el mantenimiento de la biodiversidad regional o global, la productividad y los recursos, en parte porque los pastos marinos han sido menospreciados y su distribución esta pobremente documentada. Como resultado, los pastos marinos raramente son incorporados específicamente en los planes de manejo costero y son vulnerables a la degradación (Green y Short 2003).

En Costa Rica el ecosistema de los pastos marinos es poco conocido y son necesarios estudios sobre los aspectos básicos de la biología, historia natural y ecología de las especies que lo componen. Hay poca información sobre la extensión de los lechos y la distribución de las especies.

Recomendaciones

Se considera necesario generar información básica sobre los lechos de pastos marinos del Caribe de Costa Rica, únicos en el país y de gran valor para una comunidad que depende directa o indirectamente del ecoturismo y la pesca. Se recomienda establecer y fortalecer planes de monitoreo para determinar la salud del ecosistema, lo que permitirá un manejo adecuado. Esta información también es necesaria como instrumento para concientizar a las personas encargadas de ejecutar planes de acción específicos para la conservación y el manejo de los recursos naturales y enfocar las prioridades a nivel internacional (Short y Coles 2001).

Costa Rica forma parte de uno de los principales programas de monitoreo de los ecosistemas marinos del Caribe (CARICOMP, Caribbean Coastal Marine Productivity Program). En nuestro país esta a cargo de investigadores del Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR) de la Universidad de Costa Rica, quienes desde 1999 trabajan en el Parque Nacional Cahuita (Fonseca *et al.* submitted). A pesar de la importancia de este programa a nivel regional, la disponibilidad de un fondo permanente para este tipo de iniciativas a largo plazo no ha sido posible, por lo que se sugiere incluir esta actividad dentro de las prioridades de investigación y conservación de Costa Rica.

En vista de que no se cuenta con el equipo apropiado para validar la información recopilada, se considera necesario dar la alerta sobre el problema que presenta este ecosistema. Se debe aplicar el principio precautorio para la conservación de áreas sensibles y para las que existe poca información científica, como en el caso de este ecosistema.

Se deben establecer políticas que fortalezcan la protección de los lechos de pastos marinos, ya que para los lechos del Caribe de Costa Rica todavía no se han realizado sondeos ecológicos rápidos para determinar la presencia y distribución de las especies a lo largo de la costa. Al avanzar en estos estudios, se podrá incluir a aquellas poblaciones que se encuentran fuera de las áreas protegidas, ya que son las que se encuentran más amenazadas por la influencia humana.

Para la costa Pacífica de Costa Rica también se recomienda ejecutar evaluaciones rápidas para ubicar las poblaciones de pastos marinos, determinar su estado actual y las medidas de protección necesarias.

El aumento en el conocimiento sobre los ecosistemas de los pastos marinos es necesario para proteger este recurso y a la vez poder influenciar la percepción pública y el interés político. A su vez, los científicos deben involucrarse en comités con políticos, legisladores, desarrolladores proyectos y administradores de entidades del gobierno para sugerir las pautas de un manejo integrado del ecosistema de los pastos marinos. Idealmente, los ecosistemas de pastos marinos deben obtener el estatus que ostentan los ecosistemas de arrecifes coralinos y manglares, en lo que respecta a la creación de mapas globales, estimaciones globales de pérdida, conocimiento del impacto humano en el ecosistema, monitoreo regular de su estatus y un plan global de acción para revertir el proceso de degradación que esta sufriendo este ecosistema (Green y Short 2003).

La información recopilada y analizada sobre los hábitat marino-costeros de Costa Rica, permitirá un mejor entendimiento y un amplio conocimiento de su importancia, lo que se espera contribuya con la protección de un ecosistema valioso y único en Costa Rica.

En la primera década del nuevo milenio, claramente es tiempo de tocar el tema de la ecología de los pastos marinos desde una perspectiva global e integradora y entender el rol que juega cada país (Short y Coles 2001). El cambio climático representa una nueva amenaza, cuyo impacto en pastos marinos no ha sido ampliamente estudiado. Es por esta razón que es importante que los proyectos de investigación sobre los pastos marinos del Caribe que están empezando a detectar los efectos dañinos de la radiación solar en los pastos marinos, reciban el apoyo del gobierno, de organizaciones no gubernamentales y de las comunidades cercanas a las áreas de conservación del Caribe de Costa Rica.

Finalmente, resulta urgente tomar acciones inmediatas para resolver el problema de la sedimentación debida a la deforestación, la contaminación por pesticidas y fertilizantes de las plantaciones alejadas al Parque Nacional Cahuita. Este es el mayor problema que enfrentan los ecosistemas marinos del Caribe y que no se ha podido resolver en la última década en Costa Rica.

Referencias

- Abarca, L. y C. Ruepert. 1992. Plaguicidas encontrados en el Valle de la Estrella: estudio preliminar. *Tecnología en Marcha* 12, no. 3. p. 31-38.
- Acuña, J.A., V. García y J. Mondragón. 1998. Comparación de algunos aspectos físico-químicos y calidad sanitaria del Estero de Puntarenas, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 46 (Suppl. 6): 1-10.
- Acuña-González, J., J.A. Vargas-Zamora, E. Gómez-Ramírez y J. García-Céspedes. 2004. Hidrocarburos de petróleo, disueltos y dispersos en cuatro ambientes costeros de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 52 (Suppl. 2): 43-50.
- Cortés, J. 1994. A reef under siltation stress: a decade of degradation: 240-246. In: R.N. Ginsburg (compiler), *Proc. Colloquium on Global Aspects of Coral Reefs: Health, Hazards and History, 1993*. RSMAS, Univ. Miami, Miami, Florida.
- Cortés, J. 2001. Requiem for an eastern Pacific seagrass bed. *Rev. Biol. Trop.* 49(Suppl.2): 273-278.
- Cortés, J. 1991. Ambientes y organismos marinos del refugio nacional de vida silvestre Gandoca-Manzanillo, Limón, Costa Rica. *Revista Geoistmo* 5, no 1 y 2, pp. 61-68.
- Dawson, E.Y. 1962. Additions to the marine flora of Costa Rica and Nicaragua. *Pacific Nat.* 3: 375-395.
- den Hartog, C. 1970. *The Seagrasses of the World*. Verhand. Koninkl. Neder. Aka. Wetenschap., Afd. Nat., Tweede Reeks 59: 275 p.
- De la Cruz E., L. Castillo, P.H. Polk, K. Delbeke, R. Blust, C. Heip y A. Merck. 1998. Study of the fate and impact of organic and inorganic pollutants in the Costa Rican Coastal zone. Final report, Joint research European Union Project No. ERB CII-CT94-0076. 1998.
- Duarte, C.M. 1991. Seagrass depth limits and nutrient contents in two contrasting tropical intertidal seagrass beds in South Sulawesi, Indonesia. *Aquat. Bot.* 40: 363-377.
- Fonseca, M.S., W.J. Kenworthy y G.W. Thayer. 1988. Restoration and management of seagrass systems: A review. pp.

- 353-368. In: D.D. Hook *et al.* (eds.). The Ecology and Management of Wetlands. Vol. 2. Management, use and value of wetlands. Timber Press, Portland, Oregon.
- Fonseca, A., V. Nielsen y J. Cortés. Submitted. Monitoreo de pastos marinos en Perezoso, sitio CARICOMP en Cahuita, Costa Rica.
- Fortes, M.D. 1988. Mangrove and seagrass beds of East Asia: habitats under stress. *Ambio* 17:207-213.
- Fortes, M.D. 1995. Seagrasses of East Asia: Environmental and Management Perspectives. RCU/EAS Technical Report Series. No. 6. United Nations Environment Programme, Bangkok.
- Fourqurean J.W., M.J. Durako, M.O. Hall y L.N. Hefty. 2002. Seagrass distribution in south Florida: a multi-agency coordinated monitoring program. In The Everglades, Florida Bay, and coral reefs of the Florida Keys. An Ecosystem Sourcebook. Porter J.W. y K.G. Porter (eds). CRC Press LLC, Florida pp. 497-522.
- Fourqurean, J.W. y L.M. Rutten. 2003. Competing goals of spatial and temporal resolution: Monitoring seagrass communities on a regional scale. pp. 257-288. In: Busch, D.E. y J.C. Trexler (eds.). Monitoring Ecosystems. Interdisciplinary Approaches for Evaluating Ecoregional Initiatives. Island Press, Washington, D.C.
- Giesen, W.B.T.J., M.M van Katwijk y C. den Hartog. 1990. Eelgrass condition turbidity in the Dutch Wadden Sea. *Aquat. Bot.* 37:71-85.
- Green, E.P. y Short F.T. 2003. World atlas of seagrasses. Prepared by the UNEP World Conservation Monitoring Centre. University of California Press, Berkeley, USA.
- Grey, W.F. y M.D. Moffler. 1978. Flowering of the seagrass *Thalassia testudinum* (Hydrocharitaceae) in the Tampa Bay area, Florida. *Aquat. Bot.* 5: 251-259.
- Harlin, M.M. 1980. Seagrass epiphytes. In: Phillips R.C., McRoy P.C. (eds.). Handbook of seagrass biology: an ecosystem perspective. Garland STPM Press, New York, pp 117-131.
- IRET, 2001. Estudio preliminar de la calidad de aguas de pozos en zonas bananeras. Informe final, 18 de abril del, Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas (IRET), Universidad Nacional, Costa Rica.
- Jagtap, T.G., D.S. Komarpant y R.S. Rodrigues. 2003. Status of a seagrass ecosystem: an ecological sensitive wetland habitat from India. *Wetlands* 23: 161-170.
- Kemp, W.M. 2000. Seagrass ecology and management: an introduction. pp. 1-8. In: Bortone S.A. (ed.). Seagrass: Monitoring, Ecology, Physiology and Management. CRS, New York.
- Kirkman, H. y J. Kirkman 2000. Long-term seagrass meadow monitoring near Perth, Western Australia. *Aquat. Bot.* 67: 319-332.
- Kirkman, H. y D.I Walker, 1989. Regional studies-Western Australian seagrasses. pp. 157-181. In: Larkum, A.W.D., McComb, A.J. y Shepherd, S.A. (eds.). Biology of Seagrasses. Elsevier, Amsterdam.
- Kuo J. y C. den Hartog. 2001. Seagrass taxonomy and identification key. pp. 31-53. In: Short, F.T. y R.G. Coles (eds.). Global Seagrass Research Methods. Elsevier Science B.V., Amsterdam.
- Lewis, R.R.III y R.C. Phillips. 1980. Occurrence of seeds and seedlings of *Thalassia testudinum* Banks ex König in the Florida Keys (U.S.A.). *Aquat. Bot.* 9:377-380.
- Linton, D. y Fisher, T. (ed.). 2004. In Linton, D. y Fisher, T. (eds.) CARICOMP. Caribbean coastal marine productivity program: 1993-2003.
- Malmer, A y Grip, H. 1994. Converting tropical rainforest to forest plantation in Sabah, Malaysia. Part II. Effects on nutrient dynamics and net losses in streamwater. *Hydrological Processes* 8, 195-209.
- Mitchell, A.W., R.G.V. Bramley, y A.K.L. Johnson. 1997. Export of nutrients and suspended sediment during a cyclone-mediated flood event in the Herbert river catchment, Australia. *Marine and Freshwater Research* 48, 79-88.
- Moffler, M.D., M.J. Durako y W.F. Grey. 1981. Observations on the reproductive ecology of *Thalassia testudinum* (Hydrocharitaceae). *Aquat. Bot.* 10: 183-187.
- Paynter, C., J. Cortés y M. Engels. 2001. Biomass, productivity and density of the seagrass *Thalassia testudinum* at three sites in Cahuita National Park, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 49 (Suppl. 2): 265-272.
- Pettitt, J.M., S.C. Ducker y R.B. Knox. 1981. Submarine pollination. *Sci. Am.* 244: 134-143.
- Phillips, R.C., C. McMillan y K.W. Bridges. 1981. Phenology and reproductive physiology of *Thalassia testudinum* from the western tropical Atlantic. *Aquat. Bot.* 11: 263-277.
- Piedrahíta, Y.J. 1998. El arrecife coralino de Punta Cahuita: origen de un pueblo y un parque nacional, experiencias para el desarrollo sostenible. San José, Costa Rica. 153 p.
- Readman, J.W., L. Liang Wee Kwong, L.D. Mee, J. Bartocci, G. Nilve, J.A. Rodríguez-Solano and F. Gonzalez-Farias. 1992. Persistent organophosphorus pesticides in tropical marine environments. *Marine Poll. Bull.* 24(8) 398-402.
- Rojas, M., J. A. Acuña y O. M. Rodríguez. 1998. Metales traza en pepinos de mar *Holothuria mexicana* del Caribe de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 46 (Supl. 6): 215-220.

- Sand-Jensen, K. y J. Borum. 1991. Interactions among phytoplankton, periphyton and macrophytes in temperate freshwaters and estuaries. *Aquat. Bot.* 41:137-175.
- Shepherd, S.A., A.J. McComb, D.A. Bulthuis, V. Neverauskas, D.A. Steffensen y R. West. 1989. Decline of seagrasses. pp. 346-393. In: Larkum, A.W.D., A.J. McComb y S.A. Shepherd (eds.). *Biology of Seagrasses*. Elsevier, Amsterdam.
- Short, F.T. y A.H. Neckles. 1999. The effects of global climate change on seagrass. *Aquat. Bot.* 63: 169-196.
- Short, F.T. y S. Wyllie-Echeverría. 1996. Natural and human-induced disturbances of seagrass. *Env. Cons.* 17-27.
- Short, F.T. y R.G. Coles (eds.). 2001. *Global seagrass research methods*. Elsevier Science B.V. Amsterdam.
- Short, F.T., R.G. Coles y C. Pergent-Martini. 2001. Global seagrass distribution. pp. 5-30. In: Short, F.T. y R.G. Coles (eds.). *Global Seagrass Research Methods*. Elsevier Science B.V. Amsterdam.
- Thorhaug, A. 1986. Review of seagrass restoration efforts: marine research an review. *Ambio* 15:110-117.
- Wellington, G.M. 1972. Una descripción ecológica del ambiente marino y ambientes asociados en el Monumento Nacional Cahuita. Mimeografo. Subdirección de Parques Nacionales, Ministerio de Agricultura y Ganadería, San José, Costa Rica. 1-40 p.
- Wellington, G.M. 1973. Additions to the Atlantic benthic flora of Costa Rica. *Brenesia* 2: 17-20.
- Wood, N. y Lavery P. 2000. Monitoring seagrass ecosystem health. *Ecosystem Health* 6(2):134-148.
- Wycott, M. y D.H. Les. 1996. An integrated approach to the evolutionary study of seagrasses. pp. 71-78. In: J.J.S. Kuo, R. Phillips, D.I. Walker y H. Kirkman (eds). *Seagrass Biology: Proc. Int. Workshop, Rottnest Island, Western Australia, 25-29th January 1996*. Faculty of Science, University of Washington.
- Zieman, J.C. 1982. The ecology of the seagrasses of south Florida: a community profile. U.S. Fish and Wildlife Service, Office of Biological Services, Washington, D.C. FWS/OBS - 82/25. 158 pp.
- Zieman J., P. Penchaszadeh, J.R. Ramirez, D. Perez, D. Bone, J. Herrera-Silveira, R.D. Sanchez-Arguelles, D. Zuniza, B. Martínez, K. Bonair, P. Alcolado, R. Laydoo, J.R. Garcia, J. Garzón-Ferreira, G. Diaz, S.R. Smith, R. Varela, K. Koltz y J. Tschirky. 1997. Variation in ecological parameters of *Thalassia testudinum* across the CARICOMP Network. *Proc. 8th Int. Coral Reef Symp.* 1:663-668.

CAPITULO V

ARRECIFES Y COMUNIDADES CORALINAS

Juan José Alvarado⁶, Cindy Fernández y Vanessa Nielsen

Resumen: Los arrecifes coralinos son considerados como uno de los ecosistemas más ricos y diversos del mundo y aportan muchos beneficios a las comunidades en sus cercanías. En la actualidad, estos ambientes se encuentran bajo una seria de amenazas, ya sea de origen humano o natural. Costa Rica, posee una gran variedad de ambientes arrecifales. En total se pueden observar 59 especies de corales formadores de arrecifes (7.4% de la diversidad global), teniendo 36 especies en el Caribe (55% del total de especies del Caribe) y 23 en el Pacífico (62% del total de especies del Pacífico Oriental), con la singularidad de no tener especies en común entre ambas costas. El país se divide en diferentes zonas coralinas en base a su composición, diversidad y condiciones oceanográficas, que a su vez facilitan su análisis y estudio. En el Pacífico, la mayor riqueza de especies la presenta la Isla del Coco (17), seguida por Bahía Culebra (16), la Isla del Caño (15) y el Parque Nacional Marino Ballena (13). En esta costa se destaca la construcción de arrecifes, en su mayoría, por una sola especie, a diferencia del Caribe, que están compuestos por un mayor número de especies. Así mismo, en el Pacífico de Costa Rica se han observado ambientes coralinos únicos, que son poco comunes en otras partes del mundo, como lo son ciertos arrecifes en Bahía Culebra, Golfo de Nicoya y Golfo Dulce, que están compuestos en un alto número por especies poco comunes en la región. En Bahía Culebra se encuentran gran cantidad de ecosistemas coralinos con una diversidad de especies superior a otras localidades de la costa Pacífica de Costa Rica, y con una alta cobertura de coral vivo (entre 25 y 40%). En el Pacífico central y sur de Costa Rica, la cobertura de coral vivo es menor, siendo cercana al 10% en la mayor parte de sitios, lo que ha sido producto de que esta zona ha sido la más afectada por el calentamiento de las aguas

⁶ Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR), Universidad de Costa Rica, San José, 2060, Costa Rica, juanalva@biologia.ucr.ac.cr, cindy@biologia.ucr.ac.cr, vn Nielsen@cariari.ucr.ac.cr

por el fenómeno de El Niño en las últimas décadas. En el Caribe, solamente se observan arrecifes en la parte sur, desde Limón hasta Manzanillo, estos tienen una mayor extensión y se encuentran mejor desarrollados que los del Pacífico. El arrecife del Parque Nacional de Cahuita es el mejor desarrollado, presentando una barrera coralina de aproximadamente 5 km de largo, que protege una laguna arrecifal. La cobertura de coral vivo de este Parque se redujo de 40% a menos de 15% en menos de 10 años debido a la deforestación en la cuenca de ríos corriente arriba como el río La Estrella y la sedimentación producida y transportada por aguas de escorrentía y corrientes marinas. El Refugio de Vida Silvestre Gandoca-Manzanillo, está formado por una serie de arrecifes franjeantes que se extienden varios kilómetros fuera de la costa y los cuales han sido poco estudiados. Los arrecifes de Manzanillo están compuestos predominantemente por algas coralinas por lo cual la cobertura de coral vivo siempre ha sido menor al 10%. Dentro del actual Sistema de Áreas de Conservación, 16 áreas protegidas presentan en sus aguas arrecifes y comunidades coralinas, siendo Guanacaste, Osa y la Amistad Caribe las más importantes en cuanto a riqueza, diversidad y cantidad de estudios realizados en ellas. En el ámbito legal, los arrecifes y comunidades coralinas están protegidos por una serie de leyes nacionales (ley de Creación del Servicio de Parques Nacionales, ley de Conservación de la Vida Silvestre, la ley Orgánica del ambiente y la ley de Conservación de la Biodiversidad) y tratados intencionales (CITES y Ramsar). En estos momentos se tramita la creación de un decreto ejecutivo que busca la protección de estos ecosistemas en todo el país, brindando pautas para su conservación. En la actualidad, estos ecosistemas están bajo una serie de amenazas tanto naturales como antropogénicas que han causado un gran daño en la cobertura y diversidad coralina. Entre los problemas más graves que afectan a los arrecifes de Costa Rica podemos mencionar el calentamiento de las aguas por el fenómeno de El Niño, la alta sedimentación en el Caribe y el Pacífico sur, la sobrepesca y el acelerado desarrollo turístico en la costa. Se recomienda el desarrollo de programas de manejo de cuencas, programas de manejo de arrecifes (e.g. instalación de boyas para anclaje de botes), programas de monitoreo y la continuación de los ya existentes, la puesta en marcha de programas de restauración de los arrecifes (luego de prevenir o reducir impactos), realizar Evaluaciones Ecológicas Rápidas que cubran mayor área que las estaciones permanentes de monitoreo para tener mejor idea del estado de salud de estos ecosistemas, así como evaluar económicamente la gran mayoría de estos ecosistemas, y formular programas de educación ambiental que se incorporen a los planes educativos formales. Finalmente, se propone un mayor esfuerzo en la investigación de conectividad entre arrecifes, enfermedades de corales y una mayor exploración en ciertas zonas del Pacífico, como las Islas Murciélagos, la zona de Tamarindo, Cabo Blanco, el Parque Nacional Manuel Antonio y Corcovado y el sector de Moín, Portete y la isla Uvita en el Caribe.

Introducción

Los arrecifes de coral son considerados como uno de los ecosistemas más diversos y complejos que existen en el planeta. Estos aparecen en aguas someras, hasta una profundidad de 60 m y son construidos principalmente por corales escleractinios (Birkeland 1997, Karlson 1999). Los corales, al vivir en simbiosis con unas microalgas llamadas zooxantelas, se ubican en aguas claras, donde ellas realizan la fotosíntesis, y se realiza el intercambio de nutrientes y compuestos entre los corales y sus simbiontes. Este hecho va a determinar la distribución vertical de los corales que es dependiente de la profundidad de penetración de la luz. Por este mismo hecho, los arrecifes se desarrollan en aguas claras, donde la cantidad de material en suspensión es relativamente baja, ubicándolos en aguas poco turbias y de baja productividad. Los arrecifes coralinos se encuentran restringidos por la temperatura del agua y solamente aparecen en mares tropicales y subtropicales, donde la temperatura media más baja no sea inferior a los 20°C (Birkeland 1997, Karlson 1999).

Los arrecifes son los ecosistemas marinos más diversos que existen y a menudo han sido comparados con los bosques tropicales (Reaka-Kudla 1997). Estos ecosistemas poseen una gran importancia para los seres humanos por varias razones. Su valor se puede dividir en usos directos (extractivos y no extractivos), en usos indirectos y sin valor de uso (Spurgeon 1992). Entre los usos directos extractivos tenemos la pesquería, la industria de los acuarios, la industria farmacéutica y biotecnológica, y la construcción, mientras que entre los no extractivos tenemos el turismo (siendo uno de los mayores aportes financieros que poseen), la investigación científica, educación y sociales (valores culturales, tradicionales y espirituales). Dentro de los valores de no uso tenemos el apoyo que dan a las pesquerías al ser

sitios de anidación, reproducción y guardería de juveniles de diferentes especies de peces e invertebrados comerciales, extensión de la línea de costa, protección física de la energía de las olas, reducción de la erosión costera y soporte de la vida global. Este último punto es bastante importante, debido al continuo aumento en el calentamiento global, los arrecifes coralinos al estar involucrados en procesos biogeoquímicos en los niveles de carbono, pueden llegar a almacenar hasta el 4% del CO₂ antropogénico liberado. Finalmente, tenemos los valores de no uso los cuales son el valor de su propia existencia, y de la posibilidad de que otras generaciones puedan disfrutarlos (Spurgeon 1992).

A pesar de esta gran riqueza y ese gran beneficio que percibimos los seres humanos, los arrecifes coralinos del mundo están siendo destruidos a una velocidad alarmante. En los últimos años, la sedimentación, la contaminación, la pesca excesiva, el desarrollo costero acelerado y otros factores han destruido una décima parte de los arrecifes coralinos del mundo y han mermado gravemente casi un tercio de ellos. Se teme que esta cifra se duplique, y que la mayor parte de este deterioro se dé en los trópicos, donde se encuentra alrededor de la mitad de las costas del mundo, de las cuales un tercio tienen arrecifes coralinos. A este paso dentro de 50 años, casi tres cuartas partes de los arrecifes podrían quedar en ruinas (Chadwick 1999). La combinación de perturbaciones naturales, como El Niño (Wilkinson 2000), huracanes y tormentas (Brown 1997), la presencia de la estrella de mar Corona de Espinas (Brown 1997, Chadwick 2001) y de impactos por actividad humana, como la sedimentación (Chadwick 1999, Cortés y Risk 1985), pesca con explosivos y químicos (Simpson 2001), y la urbanización costera (Benchley 2002) son la causa de esta destrucción.

El objetivo del presente trabajo es hacer una breve sinopsis del estado de los arrecifes y comunidades coralinas de Costa Rica, para ambas costas, determinar cuales son los riesgos y problemas que presentan y proponer medidas estrategias para su conservación evidenciando las necesidades presentes. En una primera sección describiremos la diversidad y composición de los arrecifes coralinos en ambas costas del país por separado, para luego pasar a ver las diferentes amenazas que sufren estos ecosistemas en Costa Rica, y finalmente expondremos cuales son las necesidades y recomendaciones para su conservación. Este trabajo no pretende hacer una revisión de todos los trabajos que se han hecho sobre este tema en Costa Rica, sino más bien sintetizar la riqueza que tiene nuestro país y las dificultades que afronta los arrecifes coralinos en este momento.

1. Estado de los arrecifes coralinos de Costa Rica

Costa Rica al ubicarse en una zona tropical rodeada por dos océanos, posee una riqueza marina envidiable. Esta particularidad de encontrarse entre dos masas de agua a producido que las faunas y floras marinas a ambos lados presenten características y composiciones muy diferentes al estar aisladas y no recibir intercambio desde los últimos 3 millones años (Coates *et al.* 1992). En el caso de los corales formadores de arrecifes, Costa Rica posee un total de 59 especies (7.4% de la diversidad global), de las cuales 36 están presentes en el Caribe (55% del total de especies del Caribe) y 23 en el Pacífico (62% del total de especies del Pacífico Oriental), con la singularidad de no compartir especies en común entre ambas costas (Cortés 2003). Según el Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP, por sus siglas en inglés), Costa Rica posee un área arrecifal de 970 km², lo que representa un 0.34% de la cobertura de arrecifes del mundo, ubicando al país en el puesto 41 del ranking mundial (Spalding *et al.* 2001, <http://corals.unep.org/cru/atlaspr.htm>).

Solamente a nivel de género es que existe una similitud entre las dos costas al tener dos en común (Leptoseris y Porites). Así mismo, en el Caribe de Costa Rica se puede hallar tres especies de hidrocorales, el género Millepora con dos especies y Stylaster roseus; mientras que en el Pacífico podemos encontrar cinco especies pertenecientes a los géneros Pliobothrus, Errina y Stylaster con tres especies, de las cuales S. cocosensis es endémica para la Isla del Coco (Cortés y Guzmán 1985a, 1998, Cortés y Murillo 1985, Cairns 1991, Cortés 1992a, b, Cortés 1996-1997a, Cortés y Jiménez 2003a, b). Es por esta razón que vamos a analizar por separado cada costa, debido a las diferencias en su composición, que a su vez se ve reflejado en su ecología (Fig. 1).

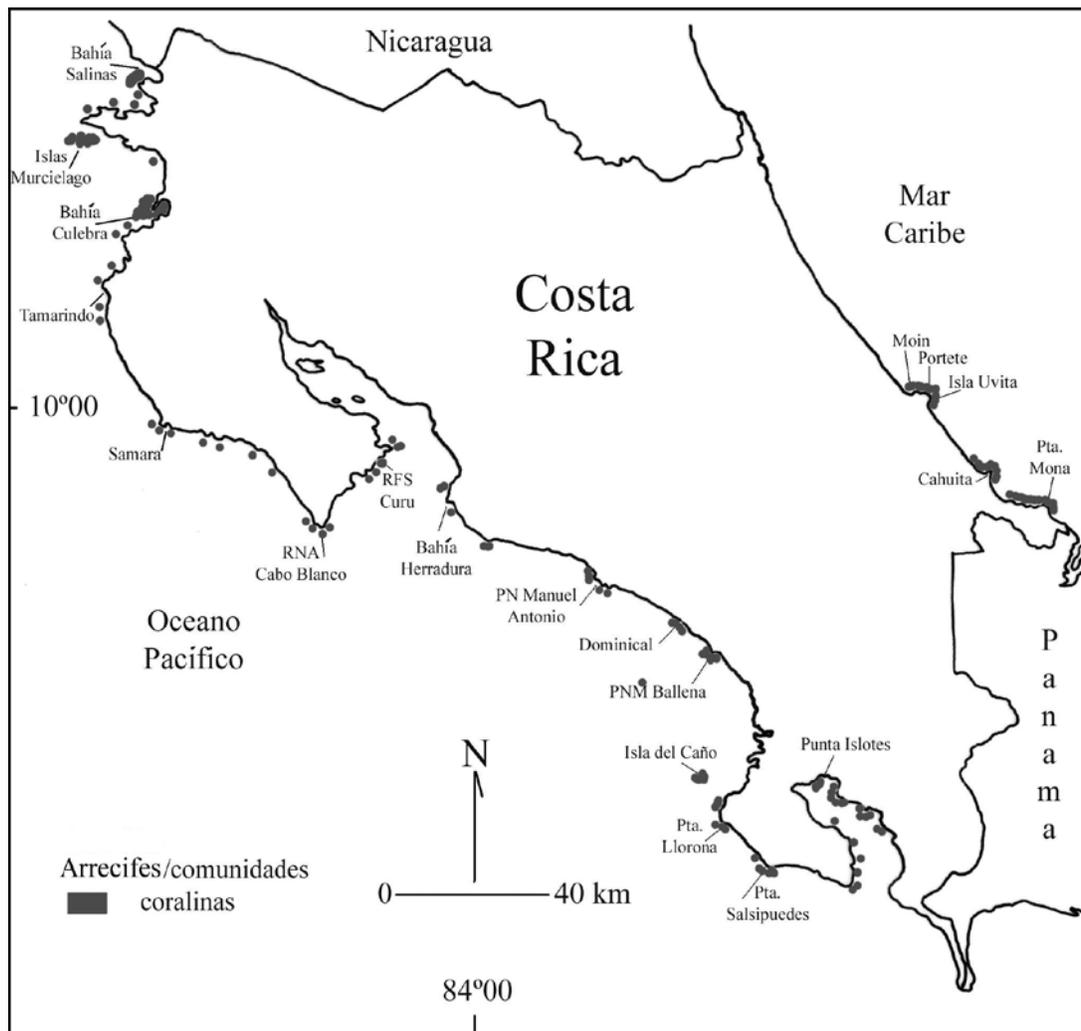


Figura 1. Localización de los arrecifes y comunidades coralinas de Costa Rica (basado en Cortés y Jiménez 2003a, b).

Pacífico:

La costa Pacífica de Costa Rica posee una extensión de 1 160 km y es bastante heterogénea, al estar conformada por varios golfos, bahías, costas rocosas e islas entre otros accidentes geomorfológicos (Cortés y Jiménez 2003a). Debido a esta particularidad, y la disposición del arco de montañas que atraviesan Costa Rica, la zona norte, central y sur difieren en el comportamiento de sus condiciones oceanográficas, lo que se ve reflejado en la composición y desarrollo coralino de la misma.

El Pacífico Norte (desde Bahía Salinas hasta Cabo Blanco) está influenciado por la entrada de los vientos alisios durante los meses de diciembre a abril, lo que produce un afloramiento estacional de las aguas (ver sección de afloramientos) (Glynn *et al.* 1983), siendo este más intenso conforme más nos acercamos a la frontera con Nicaragua. En las Islas Murciélago, en el Área de Conservación Guanacaste, Cortés (1996-1997b) informa de la presencia de uno de los arrecifes más grandes del país (2 000 m²) construidos por el coral *Pocillopora*. Sin embargo, la especie predominante en esta área de conservación es *Pavona gigantea*, la cual forma un arrecife de hasta 200 m² en un bajo, el cual es considerado por el autor como uno de los únicos arrecifes monoespecíficos formados por esta especie en el Pacífico Oriental. Así mismo, informa de un arrecife único para el país formado por el coral *Pocillopora eydouxi* (Cortés 1996-1997b). Cortés (1996-1997b) informa para la Isla de San Pedrito una cobertura de coral

vivo entre 4.8% y 80.9% para *Pocillopora damicornis* siendo máxima a 3 m de profundidad, mientras que para el coral *Psammocora stellata* mostró una cobertura de entre 4.8% y 47.6% siendo máxima a 11 m de profundidad.

La zona de Bahía Culebra, es la región que talvez esté mas estudiada en la sección norte de la costa pacífica de Costa Rica. Jiménez (1998, 2001) hace una descripción intensiva de la composición y distribución de las comunidades y arrecifes coralinos, informando la presencia de 16 especies de corales formadores de arrecifes, siendo una de las zonas más diversas del país. En esta zona predomina el coral *Pocillopora*, y es sumamente abundante en gran parte de la bahía. Así mismo, en esta zona se puede observar un arrecife conformado prácticamente solo por *Pavona clavus*, la población más grande del Pacífico Oriental de *Leptoseris papyracea*, la única población viva de *Cycloseris curvata* y talvez las poblaciones más grandes de *Psammocora stellata* y *P. superficialis* de Costa Rica. Jiménez (1998, 2001) encuentra una alta cobertura de coral vivo en los ambientes arrecifales de entre 19% y 43.9%, distinguiendo que el ambiente de arrecifes coralinos posee la máxima, mientras que las comunidades coralinas que crecen sobre arena y basalto poseen una cobertura menor (21.5% y 19.5%, respectivamente).

Hacia al sur de Bahía Culebra hasta la entrada del Golfo de Nicoya, se pueden observar pequeños parches arrecifales conformados por al menos siete especies de corales formadoras de arrecifes (Glynn *et al.* 1983, Cortés y Murillo 1985, Cortés y Guzmán 1998). En esta zona se destaca la presencia del coral *Porites rus*, único informe para esta especie para el Pacífico Oriental, para Playa Samara donde también se observa una rica fauna de octocorales (Cortés y Murillo 1985). En el Refugio de Fauna Silvestre Curú, recientemente se describió la presencia de dos pequeñas comunidades coralinas dominadas por el coral *Psammocora*, las cuales como mencionamos anteriormente no son muy comunes a lo largo de la costa pacífica (Bezy *et al.* en prensa).

El Pacífico Central se extiende desde el golfo de Nicoya, Punta Leona, hasta el manglar de Térraba-Sierpe, y en el podemos encontrar pocas formaciones coralinas (Glynn *et al.* 1983, Cortés y Murillo 1985). Cortés y Jiménez (2003a) informan la presencia de parches arrecifales formados por *Pocillopora* y *Porites* en el Parque Nacional Manuel Antonio, sin embargo en este parque no se han realizado mayores investigaciones en cuanto a la composición y distribución de los corales presentes en él, a excepción de los trabajos de Jiménez y Cortés (2001, 2003) los cuales se enfocan en el impacto del fenómeno de El Niño (tema tratado más adelante). Jiménez y Cortés (2001) informan una cobertura de coral vivo relativamente alta de 33.7%, en donde predomina el coral *Pocillopora*. De la misma manera, no hay otras inspecciones de la costa hasta Punta Dominical, en donde se hace mención de una cobertura de coral vivo de 24.8%, en donde predomina *Porites lobata*, y del efecto en los últimos años del fenómeno de El Niño (Jiménez y Cortés 2001, 2003).

Hacia el sur de Punta Dominical se encuentra el Parque Nacional Marino Ballena, en el cual podemos encontrar una serie de comunidades coralinas en las cuales predomina el coral *Porites lobata* (Alvarado 2004, Alvarado *et al.* 2005). Para este parque se han informado un total de 13 especies de corales formadores de arrecifes, siendo una de las zonas más ricas en especies del Pacífico central de Costa Rica (Cortés y Murillo 1985, Cortés 1996/97a, Alvarado 2004, Alvarado *et al.* 2005). Así mismo, en este parque se puede observar en las Rocas las Tres Hermanas uno de los arrecifes de *Porites lobata* más grande de la costa pacífica de Costa Rica (Alvarado *et al.* 2005). La cobertura coralina es relativamente baja en la mayor parte del Parque, rondando entre 0.5% y 10.8%, aunque en las Rocas las Tres Hermanas la cobertura de coral vivo alcanza un 38% (Alvarado 2004, Alvarado *et al.* 2005).

El Pacífico Sur, cubre la península de Osa y Golfo Dulce hasta Punta Burica. Cortés y Jiménez (1996) hacen la primera descripción de las comunidades coralinas del Parque Nacional Corcovado, conformadas principalmente por los corales *Pocillopora elegans*, *P. damicornis* y *Porites lobata*, e indican la importancia de la zona como reservorio de larvas para otras zonas del Pacífico. Cortés y Jiménez (1996) hayaron un arrecife de 250 m² construido por el coral *Pocillopora* en Punta Llorona, con una cobertura de coral vivo de casi 100% en 1994. En Pavones se exploró las Rocas Nicaragua y se encontraron gran cantidad de abanicos de mar (Fonseca y Breedy en prensa).

Los arrecifes coralinos de Golfo Dulce son de tipo franjeante o de parches continentales, lo cual contrasta con la mayoría de los arrecifes del Pacífico Oriental que son insulares (Cortés 1992c). Estos se pueden dividir en dos regiones: el golfo interno que comprende la vertiente norte del golfo entre Punta Adela y Rincón de Osa; y el golfo externo que comprende el área de Punta El Bajo y de Sándalo hacia la boca del Golfo (Cortés 1990, 1992c). Tanto en la parte interna como la externa la especie predo-

minante es *Porites lobata*. En la parte externa, se encuentra el cuarto arrecife conformado en un 100% por *Psammocora stellata* del país, el cual está rodeado por colonias de *P. lobata*. El golfo posee un total de ocho especies de corales formadoras de arrecifes, dentro de las que podemos destacar las colonias más grandes de *Pavona frondifera* encontradas en el Pacífico Oriental (Cortés 1990, 1992c). Del resto de la costa sur, hasta Punta Burica, no existe detalle de la presencia de formaciones arrecifales y todavía queda investigación por hacer en esta zona del país.

En el Golfo Dulce la cobertura de coral vivo fue de 29% a 46% a finales de los 80's (Cortés 1990b, Cortés y Guzmán 1998), pero se informó una cobertura menor al 10% desde finales de los 90's, debido a la sedimentación por deforestación de las cuencas y otros fenómenos naturales como el huracán César (Cortés 1990, 1992c, Fonseca *et al.* 2006). El balance estructural de estos arrecifes es muy delicado, la producción arrecifal neta es negativa (-0.3 a -2.05 kg/m²/a) tomando en cuenta que la fuente principal de carbonato de calcio es la baja cantidad de coral remanente, las tasas de bioacresión son bajas (12 a 5 kg/m²/a en Punta Islotes) y las tasas de bioerosión son altas (0 a 2 kg/m²/a). En otras palabras, en los arrecifes del Golfo Dulce la tasa de destrucción es mayor a la tasa de construcción, y se calcula que, en el caso de Punta Islotes, el arrecife podría destruirse completamente en 6 400 años (Fonseca 1999).

Debido a las particularidades e importancia de la Isla del Caño (15 km de la costa) y la Isla del Coco (mas de 500 km de la costa) (ver otras secciones) aquí hacemos un pequeño apartado para resumir el conocimiento de las estructuras coralinas de estas islas. En la Isla del Caño, se pueden observar cinco terrazas arrecifales, que poseen una dimensión entre 0.8 y 4.2 hectáreas. Estas terrazas están construidas principalmente por el coral *Pocillopora*, sin embargo el coral *P. lobata* es la especie predominante en la isla. Así mismo, en ella podemos encontrar un total de 15 especies de corales formadoras de arrecife (Guzmán 1988, Guzmán y Cortés 1989a, Cortés y Guzmán 1998), lo que la convierte en el segundo sitio más diverso luego de Bahía Culebra. Se estima que las colonias más grandes de la isla tienen entre 300 y 400 años de edad (Guzmán y Cortés 1989b). Guzmán y Cortés (2001) hacen un análisis de 15 años de cambios en los arrecifes de la Isla del Caño, y encuentran una disminución importante en la cobertura coralina asociada al calentamiento del agua como producto de los diferentes fenómenos de El Niño que han ocurrido. A mediados de los años ochenta, determinar una cobertura cercana al 40% para *Pocillopora* spp. y para *P. lobata*, sin embargo entre 1986 y 1998 están han disminuido notablemente ubicándose en la actualidad en un 9% para *Pocillopora* spp. y 18% para *P. lobata* (Guzmán y Cortés 2001).

Los arrecifes de Isla del Caño se vieron impactados por el fenómeno de El Niño 82-83, perdiendo más del 50% de su cobertura de coral vivo (Guzmán *et al.* 1987). Entre 1992 y 1996, la cobertura de coral vivo en Platanillo, en el lado norte de la isla disminuyó de 30 a 24% (Fonseca *et al.* 2006), sin embargo este sigue siendo considerado un arrecife constructivo con una producción neta positiva de 2.76 kg/m²/a, con tasas de bioerosión bajas 0.002 kg/m²/a (Fonseca 1999).

En la Isla del Coco, podemos observar un total de 17 especies de corales formadores de arrecifes (Cortés y Guzmán 1998), siendo la localidad con mayor diversidad de especies que posee Costa Rica en la costa pacífica. En ella podemos encontrar los corales *Pavona xarifae* y *Leptoseris scabra*, los cuales son los únicos informes que posee Costa Rica de estas especies (Cortés y Guzmán 1998). Las comunidades coralinas van desde 1 a 50 hectáreas, y están construidas por el coral *Porites lobata*, aunque se pueden observar extensas zonas con la presencia de los corales *Pavona* y *Gardineroseris* (Guzmán y Cortés 1992). La mayoría del coral de la Isla del Coco murió durante el fenómeno del Niño 82-83, quedando una cobertura entre 2.6 y 3.5% (Guzmán y Cortés 1992). En el 2002 la isla fue visitada de nuevo, y se encontró que algunos de los arrecifes se están recuperando con coberturas que alcanzan el 10% de coral vivo (Guzmán y Cortés en prensa, Cortés *et al.* en prep.). La Isla tiene una gran importancia para el Pacífico Oriental, ya que se ha considerado como la piedra angular en el encuentro de larvas de ambos extremos del océano Pacífico, debido a su localización e influencia que recibe por parte de las corrientes oceánicas superficiales (Glynn *et al.* 1996, Cortés y Jiménez 2003b).

Caribe:

En la costa Caribe de Costa Rica (200 km) podemos observar arrecifes coralinos solo en su parte sur, desde la Bahía de Moín hasta la frontera con Panamá, donde continúa un complejo sistema arrecifal en Bocas del Toro (Guzmán y Guevara 1998a, b, 1999, 2001, Spalding *et al.* 2001, Cortés y Jiménez 2003a). En esta zona se reconocen tres áreas de arrecifes coralinos: 1) entre Moín y Limón, 2) el Parque

Nacional Cahuita y 3) entre Puerto Viejo y Punta Mona (Cortés y Jiménez 2003a).

Entre la Bahía de Moín y Puerto Limón se pueden observar tres especies de hidrocorales, 18 especies de corales formadores de arrecife y 21 especies de octocorales (Cortés 1992b, Cortés y Guzmán 1985a, Guzmán y Cortés 1985). Cortés y Guzmán (1985b) hacen una descripción de las características del fondo y de las especies presentes en él, sin embargo no brindan ninguna información del porcentaje de cobertura coralina en esta zona. La Isla Uvita, que está separada por 1 km de distancia de Limón, contiene arrecifes muy bien desarrollados (Cortés y Guzmán 1985b). Los arrecifes de Isla Uvita se comenzaron a monitorear en el 2005 siguiendo el protocolo CARICOMP, mismo que se usa en Cahuita y Manzanillo, y se observó una cobertura de coral vivo muy baja, menor al 5%, pero una gran diversidad de esponjas (Fonseca y Cortés en prep.).

El Parque Nacional de Cahuita, es el único arrecife bien desarrollado de la costa Atlántica de Costa Rica (Cortés y Risk 1984), y es el sitio con la mayor diversidad de especies de corales formadores de arrecifes de Costa Rica, con 31 especies (Cortés y Guzmán 1985b). Así mismo, en él se pueden encontrar tres especies de hidrocorales (Cortés 1992b) y 19 especies de octocorales (Guzmán y Cortés 1985). Es un arrecife de tipo costero, en el cual se pueden observar una barrera arrecifal, de aproximadamente 5 km de largo y separada de la costa por entre 100 m y 2 km, una laguna interna, y un frente arrecifal (Cortés y Guzmán 1985b, Cortés y León 2002). El arrecife coralino de Cahuita, es el único de Costa Rica que ha recibido una valoración económica, en la cual determinan que los visitantes gastan 3.3 millones de dólares para visitar Cahuita cada año, lo que le da al Parque un valor aproximado de \$27.9 millones por año (Blair *et al.* 1996).

En el arrecife de Cahuita la cobertura de coral vivo disminuyó de 40% a principios de los años 80 a 10% a mediados de los 90 (Cortés 1994). A partir de 1999 este arrecife ha sido monitoreado por investigadores del CIMAR, siguiendo el protocolo CARICOMP. La cobertura de coral vivo aumentó un poco de 15% en 1999 a 17% en el 2004, sin embargo la cobertura por algas aumentó significativamente (Fonseca *et al.* en prep.) El porcentaje de enfermedades de colonias de coral mayores a 25 cm de diámetro utilizando el protocolo AGRRA se registró en 8% de ellas (Fonseca 2003). La proporción de colonias afectadas por enfermedades, daños y blanqueamiento utilizando el protocolo CARICOMP, disminuyó de 24% en el 2000 a 10% en el 2004, pero la diferencia no resultó significativa (Fonseca *et al.* en prep.). Las poblaciones del erizo *Diadema antillarum*, especie clave en los arrecifes del Caribe que se vio seriamente afectada a principios del 80's (Murillo y Cortés 1984) se encuentran en lenta recuperación (Alvarado *et al.* 2004, Fonseca *et al.* en prep.).

Entre Puerto Viejo y Punta Mona, se encuentra el Refugio de Vida Silvestre Gandoca-Manzanillo, donde existen plataformas coralinas fósiles y arrecifes marginales con algunos parches de fanerógamas marinas y extensas comunidades de algas (Soto y Ballantine 1986). Estudios realizados por Cortés y Guzmán (1985a, b) y por Cortés (1992b, d) indican la presencia de 29 especies de corales formadoras de arrecifes, tres hidrocorales y 19 de octocorales. Además, Cortés (1992a) indica la presencia del coral *Meandrina meandrites*, encontrada únicamente en el refugio y ausente en toda Centroamérica, excepto Panamá.

Fernández y Alvarado (2004) observaron un aumento en la cobertura de coral vivo en el arrecife de Punta Cocles, de 5% en 1983 (Cortés y Guzmán 1985a, b) a un 16% en el 2002 (Fernández y Alvarado 2004). De manera general para el Refugio de Vida Silvestre Gandoca-Manzanillo, Cortés (1992d) reporta una cobertura de coral vivo de entre 2% y 7%, siendo mayor en los arrecifes más profundos. Fonseca (2003), utilizando la metodología de evaluaciones ecológicas rápidas (AGGRA) en 1999, determinó que para el arrecife de Manzanillo la cobertura de coral vivo fue de 1.5% y que 15% de las colonias observadas presentaron enfermedades.

Áreas Marinas Protegidas y Legislación

El Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), está compuesto por un total de 105 áreas silvestres protegidas, de las cuales 23 colindan o poseen terreno en el mar, de ellas dos son exclusivamente marinas (Parque Nacional Marino Las Baulas y Parque Nacional Marino Ballena) (Ver Figura 10 del Atlas en Anexo). La extensión marina protegida es de 383 256 ha, lo que representa un 23% del total de área protegida en Costa Rica (García 1997), lo que constituye un 5.9% área total del país (terrestre y marina). De las 23 áreas protegidas, 16 presentan en sus aguas, en menor o mayor grado, desarrollo de arrecifes y comunidades coralinas (Cuadro 1). Estas 16 áreas, están conformadas por

Parques Nacionales, Reservas Biológicas, Refugios Nacionales de Vida Silvestres, Reservas Nacionales Absolutas, y Reservas Forestales, todas de carácter estatal y con diferentes características de manejo que permiten o no diferentes grados de actividades económicas. No se presenta ninguna información de aquellas reservas privadas que presentan arrecifes en sus límites, lo que probablemente ampliará este número, aunque no en mayor grado.

Las áreas de conservación de Guanacaste, Osa, Isla del Coco y La Amistad Caribe son las que presentan las mayores riquezas e importancia en cuanto a la conservación de los arrecifes coralinos de Costa Rica (Cuadro 1; ver secciones anteriores en este capítulo). Sin embargo, todavía quedan muchas zonas del país con un alto potencial para investigación y protección como lo son las áreas de Conservación Tempisque y Pacífico Central las cuales han recibido muy poca atención en comparación a las anteriores. Así mismo, cabe recalcar que hay zonas como Bahía Culebra que no se encuentran bajo ninguna categoría de manejo, y en la cual se observa uno de los mayores y mejores desarrollos coralinos del país, y la cual está sometida bajo una intensa presión de desarrollo turístico. Además, como se evidenció, en las secciones anteriores, hay parques o zonas protegidas que requieren una pronta evaluación del estatus de sus arrecifes como el caso de la Reserva Nacional Absoluta de Cabo Blanco o el Parque Nacional Manuel Antonio.

En Costa Rica los arrecifes coralinos están protegidos por una serie de leyes, decretos y convenios internacionales. La Convención sobre Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES), firmada en Washington en 1973, y ratificada por Costa Rica en 1974 tiene como objetivo proteger ciertas especies en peligro de extinción de la explotación excesiva mediante un sistema de importación y exportación. La convención reconoce tres clases de especies que están bajo amenaza, las cuales vienen especificadas en tres apéndices. Los corales duros, de fuego, y negros, se encuentran dentro del apéndice II, en el cual se incluyen a las especies que si bien no están amenazadas a tal grado como las que pertenecen al apéndice I (especies bajo un peligro de extinción mayor), pueden llegar a estarlo si no se toman medidas que restrinjan y condicionen su comercio internacional (Cajiao-Jiménez 2003).

Así mismo, como parte firmante de la Convención sobre los Humedales (Ramsar), realizada en 1971, la cual Costa Rica ratifica en 1991, nuestro país se compromete a la conservación y el uso racional de los humedales a través de la acción en el ámbito nacional y mediante la cooperación internacional, a fin de contribuir al logro de un desarrollo sostenible. En este sentido la convención define los humedales como: “los ecosistemas con dependencia de regímenes acuáticos naturales o artificiales, permanentes o temporales, lénticos o lóticos, dulces, salobres o salados, incluyendo las extensiones marinas o arrecifes de coral o, en su ausencia, hasta seis metros de profundidad en marea baja” (Cajiao-Jiménez 2003).

Dentro de las leyes nacionales, en el artículo 8 de la Ley de Creación del Servicio de Parques Nacionales, de 1977, queda prohibido a los visitantes de los parques nacionales la caza o captura de animales silvestres, recolecta o extracción de cualquiera de sus productos o despojos, recolectar o extraer corales, conchas, rocas o cualquier otro producto o desecho del mar. Así mismo, dentro de la Ley de Conservación de la Vida Silvestre, de 1992 en su artículo 7, se indica que es el Estado, a través del Sistema Nacional de Áreas de Conservación, el ente encargado de administrar, supervisar y proteger los humedales y que la creación y delimitación de los mismos se hará por decreto ejecutivo según criterios técnicos. En esta ley se brindan las pautas para los diferentes tipos de actividades que se pueden realizar en los humedales y bajo que condiciones. Además, esta ley establece el listado de las especies en población reducida y en peligro de extinción, de acuerdo a CITES.

La Ley Orgánica del Ambiente de 1995, pretende dotar, a los costarricenses y al Estado, de los instrumentos necesarios para conseguir un ambiente sano y ecológicamente equilibrado. Esta ley define como un recurso marino a los arrecifes de coral, en los cuales se prohíben las actividades que interrumpen los ciclos naturales de los ecosistemas de humedal, tales como la construcción de diques, drenajes, desecamiento o relleno. Finalmente, la ley de Conservación de la Biodiversidad de 1998, establece que es deber del Estado y de los ciudadanos el mantenimiento de los procesos ecológicos vitales y la integración de la conservación y el uso sostenible de los elementos de la biodiversidad en el desarrollo de políticas socioculturales, económicas y ambientales (Zeledón 1999).

A mediados del 2005, se hizo entrega al Ministro del Ambiente y Energía de la propuesta para la creación del decreto “Protección de los ecosistemas coralinos costarricenses dentro y fuera de áreas

protegidas”, el cual busca la protección de este ecosistema para todo el país y no solamente para las áreas silvestres protegidas. Así mismo, brinda una serie de pautas de comportamiento, cuidado y prohibición por parte de los ciudadanos a este ambiente, necesarias para su preservación y las cuales no se habían estipulado en ninguna ley anterior para nuestro país.

Cuadro 1. Áreas Silvestres Protegidas Estatales en Costa Rica con presencia de arrecifes y comunidades coralinas.

Área Silvestre Protegida Estatales	Presencia de arrecifes	Investigaciones
Área de Conservación Guanacaste		
Reserva Biología Isla Bolaños	Si	Actualmente
Parque Nacional Santa Rosa	Si	Si
Área de Conservación Tempisque		
Parque Nacional Marino Las Baulas	No*	No
Refugio Nacional de Vida Silvestre Tamarindo	No*	No
Reserva Nacional Absoluta de Cabo Blanco	No*	Poca
Reserva Fauna Silvestre Curú	Si	Si
Área de Conservación Pacífico Central		
Parque Nacional Manuel Antonio	Si	poca
Área de Conservación Osa		
Parque Nacional Marino Ballena	Si	Si
Parque Nacional Corcovado	Si	Poca
Parque Nacional Piedras Blancas	Si	Si
Reserva Biológica Isla del Caño	Si	Si
Reserva de Vida Silvestre Punta Río Claro	Si	Poca
Reserva Forestal Golfo Dulce	Si	Si
Área de Conservación La Amistad Caribe		
Parque Nacional Cahuita	Si	Si
Refugio Nacional de Vida Silvestre Gandoca-Manzanillo	Si	Si
Área de Conservación Isla del Coco		
Parque Nacional Isla del Coco	Si	Si

* No hay arrecifes coralinos Sensu Strictus

2. Amenazas

A pesar de la gran riqueza coralina que posee Costa Rica y de los intentos de los gobiernos por promover cierta conservación de los mismos, nuestro país se encuentra bajo un alto riesgo de pérdida de este ecosistema. Según Spalding y colaboradores (2001), un 93% de los arrecifes coralinos de Costa Rica se encuentran bajo riesgo, ya sea tanto por problemas naturales como por efectos antropogénicos. Sin embargo, en este trabajo no se indica como se obtuvo este porcentaje, por lo que dicho valor debe tratarse con prudencia. Por otro lado, de una manera más científica y elaborada Burke y Maidens (2005) presentan una recopilación de las amenazas y riesgos de los arrecifes del Caribe. En este trabajo, se informa para Costa Rica, que un 77% de los arrecifes se encuentran bajo un alto grado de amenaza. En su mayoría por sedimentación, pero también por el desarrollo costero y por presión pesquera, aunque estos dos últimos en menor medida (Burke y Maidens 2005). A continuación brindamos una breve reseña de las principales amenazas que sufren nuestros arrecifes coralinos para ambas costas.

Sedimentación

La sedimentación, de origen natural o antropogénica, ha sido considerada uno de los factores que más afectan el desarrollo de los arrecifes coralinos a nivel global. Esta produce enterramiento de colonias, abrasión al tejido coralino, presencia de agentes químicos tóxicos, interferencia en el asentamiento de las plánulas y en el reclutamiento, así como problemas con el crecimiento y la relación alga simbionte y su hospedero (Rogers 1990, Dubinsky y Stambler 1996).

En el arrecife de Cahuita se ha observado desde hace varios años una disminución en la cobertura coralina y una baja tasa de crecimiento, así como pérdida y muerte de ciertas especies en el arrecife, las cuales se atribuyen a la alta sedimentación que sufre la zona por parte del Río la Estrella. Este es un problema que se ha venido evidenciando desde hace aproximadamente 20 años, en uno de los arrecifes más importantes del país, sin que haya alguna medida del gobierno para mitigarla. El problema radica en la cantidad de los sedimentos y en los posibles compuestos tóxicos que contiene como producto de la actividad bananera de la zona (Cortés y Risk 1984, Cortés y Risk 1985, Cortés y Jiménez 2003b).

En el lado Pacífico también son evidentes los problemas por sedimentación, sobre todo en la zona central y sur del país. En el Golfo Dulce, la alta deforestación, las prácticas agrícolas dañinas y la minería están poniendo bajo riesgo los arrecifes de este sitio (Cortés 1992c). En el sector interno del golfo se ha observado una cobertura coralina bastante baja (Fonseca 1999, Fonseca *et al.* 2006), y al igual que en Cahuita la práctica bananera a tenido un alto impacto en el desarrollo de los arrecifes al menos en los últimos 50 años (Cortés *et al.* 1994, Fonseca 2003, Fonseca *et al.* en prep.). En el Parque Nacional Marino Ballena, el impacto de la sedimentación ha sido evidente también, primeramente por la construcción de la carretera Costanera Sur en sus cercanías, la cual arrojó muchos sedimentos en sus primeros años de construcción, y en la actualidad por la deforestación en la montaña ya sea por practicas agrícolas o por el creciente interés turístico de la zona. En esta zona, la sedimentación, sumada con el fenómeno de El Niño han provocado una gran disminución en la cobertura coralina e inclusive la práctica desaparición de especies claves (Cortés y Murillo 1985, Alvarado *et al.* 2005, Alvarado en prep.).

Eutroficación y contaminación

Niveles moderados de enriquecimiento de nutrientes pueden causar un aumento en la producción primaria y en la biomasa del fitoplancton y de las algas del fondo, mientras que niveles altos pueden causar el afloramiento de algas nocivas (como las mareas rojas). Estos niveles elevados provocan una disminución en la penetración de la luz, lo que reduce la nutrición de los corales, su crecimiento y hasta causa problemas en su reproducción (Pastorok y Bilyard 1985).

Para Costa Rica, los informes de problemas por eutroficación de las aguas son pocos, y en realidad, están relacionados con la sedimentación en las zonas antes mencionadas por el aporte de fertilizantes en las plantaciones de banano. Sin embargo, en la zona de Limón y en el Golfo Dulce las concentraciones de Policlorobifenilos (PCB) e hidrocarburos son bastantes altas (Mata *et al.* 1987, Acuña-Gonzales *et al.* 2004, Sponberg 2004), lo que al igual que el impacto por eutroficación trae graves problemas para el desarrollo de los arrecifes en estas zonas. Así mismo, aquí cabe recalcar del fuerte impacto que sufren los arrecifes de Limón por el vertimiento de aguas residuales en sus cercanías. Mientras que en el caso de las mareas rojas ya se han reportado casos que han afectado seriamente varios arrecifes en el sur, en la Isla del Caño (Guzmán *et al.* 1990), y en el norte, en Bahía Culebra (Jiménez *et al.* en prep.), con graves efectos en ellos.

El fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS)

El fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur consiste en un calentamiento anómalo de las corrientes marinas limítrofes orientales del Pacífico inducidas, a su vez, por anomalías en el campo de vientos del Pacífico Oriental. Como resultado del acople océano-atmósfera durante el ENOS, se observan efectos físicos a gran escala cerca de las costas como el calentamiento de la columna de agua (Deser y Wallace 1987, Glynn 1988). De esta manera, los corales, al encontrarse ante altas temperaturas se ponen blancos, lo que es un signo de estrés o debilidad. Así mismo, a las altas temperaturas se le ha adjudicado interferencia con la reproducción normal, supresión de la alimentación, pérdida de zooxantelas, incremento en la excreción de mucus y disminución en la tasa de fotosíntesis de las zooxantelas (Johannes 1975, Coles y Brown 2003).

Es muy probable que este fenómeno, en conjunto con la sedimentación, sean los más importantes en cuanto al deterioro de los ecosistemas coralinos en Costa Rica. El Niño de 1982-83, sin lugar a duda fue uno de los más devastadores afectando ambas costas. En Cahuita, la temperatura del agua alcanzó los 35°C provocando el blanqueamiento y la muerte coralina siendo el coral Cacho de Alce (*Acropora palmata*) el más afectado (Cortés *et al.* 1984). Mientras tanto en el lado Pacífico, provocó hasta un 50% de mortalidad en la Isla del Caño (Guzmán *et al.* 1987), y hasta un 90% para la Isla del Coco (Guzmán y Cortés 1992).

Luego de nuevo en 1987, 1992 y 1997 se han vuelto a observar los impactos de este fenómeno, para los cuales se informa blanqueamiento y muerte coralinas para las zonas de las Islas Murciélagos, Bahía Culebra, Manuel Antonio, Marino Ballena, Isla del Caño y Golfo Dulce (Guzmán y Cortés 2001, Jiménez y Cortés 2001, 2003, Jiménez *et al.* 2001, Cortés y Jiménez 2003b). De manera general, se ha podido observar que la mortalidad ha disminuido con el tiempo, y no ha vuelto a ser tan grave como el evento de 1982, aunque siempre se observa un alto porcentaje de coral blanqueado. Este hecho ha producido, que los corales al estar debilitados por el calentamiento de las aguas estén expuestos a enfermedades, depredadores y parásitos disminuyan su tasa de crecimiento e inviertan menor energía en su reproducción, lo que trae como consecuencia una muy lenta recuperación de los mismos.

Turismo, desarrollo hotelero y extracción ilegal

El alto desarrollo hotelero tiene varios impactos. Desde la producción de aguas de desecho que no son tratadas tanto por los hoteles como por los barcos o yates que anclan en su cercanía, como el impacto por la presencia excesiva de buzos recreativos que golpean, extraen, o se paran sobre los corales (Dubinsky y Stambler 1996). Así mismo, la extracción de corales y otros organismos de sus aguas por parte de turistas, y en mayor medida por parte de pescadores causa un importante desajuste, al quebrar o destruir colonias para poder conseguir organismos. En el caso de la pesca para acuarios, la utilización de químicos y otras herramientas de extracción pueden causar daños al ambiente y a los mismos organismos extraídos, provocando una baja probabilidad de supervivencia, llegando muy pocos vivos a las tiendas, lo que provoca que se extraigan más, con el fin de asegurarse los vendedores una mayor cantidad de producto en sus tiendas (Simpson 2001).

En este sentido dos áreas son las más afectadas en Costa Rica. Por un lado tenemos el sector de Cahuita y Gandoca-Manzanillo, donde existe una fuerte visitación a los arrecifes por parte de turistas, que no acatan las normas de comportamiento en el buceo recreativo y extraen y golpean los arrecifes en sus inmersiones (Cortés y Jiménez 2003a); y por otro lado tenemos al sector Norte del Pacífico de Costa Rica que sufre una extracción intensa de peces para acuario, arrecifes para colección y un fuerte desarrollo hotelero. Cortés (1996/97b), informa para el Área de Conservación de Guanacaste, la extracción ilegal por parte de pescadores de las playas de Cuajiniquil y de Playas del Coco de peces, pepinos de mar, corales, octocorales, tortugas y tiburones, sin control y sin ningún estudio. Mientras que en Bahía Culebra (Jiménez 2001), se realiza de forma intensiva la práctica de buceo autónomo lo que provoca un serio impacto a los arrecifes por parte de los turistas que quiebran las colonias de coral con sus patas de rana. Sin embargo, el impacto más importante acá, es el fuerte desarrollo hotelero que sufre, al ser una de las zonas de país con mayor interés por parte de compañías hoteleras internacionales, las cuales a su vez tiene planeado la construcción de una de las marinas más modernas de Centroamérica. Esto es de suma preocupación, ya que Bahía Culebra es una de las zonas con mayor riqueza coralina que posee el país, y la cual no se encuentra bajo ninguna categoría de protección (a excepción de ser considerada por ley un Humedal).

3. Recomendaciones y necesidades

Costa Rica posee una alta riqueza coralina, no solo por encontrarse en un punto geográfico privilegiado, sino también porque agrupa una serie de ecosistemas arrecifales únicos y de alta diversidad. Sin embargo, es evidente que de no realizarse acciones rápidas y decisivas, este potencial se puede perder debido al aumento de prácticas indebidas. Por otro lado, es importante recalcar que a pesar de casi 30 años de investigación, todavía queda mucho por investigar. Se ha pasado de una primera etapa de conocimiento de la riqueza y distribución coralina a una que trata de explicar fenómenos y procesos ecológicos a una escala regional y global. A continuación se brinda una breve lista de recomendaciones y necesidades que debería seguir nuestro país para una conservación y un mejor aprovechamiento de

estos ecosistemas.

Evaluaciones Ecológicas Rápidas

Mediante la puesta en marcha de evaluaciones ecológicas rápidas en los diferentes ecosistemas arrecifales de Costa Rica, se puede cubrir una mayor área, logrando obtener una idea rápida del estado de salud de un arrecife. Este tipo de estudio permite dar señales rápidas a las autoridades para evitar el deterioro de un arrecife en particular, así como dar un aviso a otros países sobre lo que está ocurriendo y ellos puedan prevenir en la medida de lo posible algún daño a su ambiente. En Costa Rica, las metodologías de CARICOMP y sobre todo de AGGRA se han puesto en marcha con un gran éxito, lo que ha permitido tener una información actualizada del estado de los arrecifes del Caribe sur (Fonseca 2003, Fonseca *et al.* en prep.).

Monitoreo

Es de suma importancia monitorear de manera continua tanto aquellos ecosistemas que se encuentran bajo amenaza para saber como evolucionan a través del tiempo y como responden a las diferentes estrategias de manejo. Así mismo, se debe monitorear también aquellas zonas que no han presentado un mayor deterioro, esto con el fin de poder detectar los problemas con mayor prontitud y poder buscar las mejores pautas para mitigar sus daños. La Universidad de Costa Rica a través del Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR), viene monitoreando desde hace varios años, los arrecifes de Cahuita, Manzanillo (Fonseca 2003, Fonseca *et al.* en prep.), Isla del Caño (Guzmán y Cortés 1989, 2001) y Bahía Culebra (Jiménez 1998, 2001, Jiménez *et al.* 2001). En el Caribe, el CIMAR forma parte una serie de programas internacionales de monitoreo (CARICOMP y AGRRA), que se realizan en toda la región y que siguen los mismos protocolos, lo que ha permitido una pronta observación de los problemas presentes (Fonseca 2003, Fonseca *et al.* en prep.). Sin embargo, es evidente la falta de recursos, ya que en algunos casos estos no son realizados con la periodicidad necesaria, por lo que se requiere del apoyo financiero del gobierno.

Manejo de cuencas

Como se menciona en el capítulo, dos de los factores más importantes de deterioro de los arrecifes en Costa Rica son la alta sedimentación y el enriquecimiento del agua por nutrientes de origen terrestre. Esto hace evidente, que se está realizando un mal manejo de las cuencas en nuestro país y que en ellas se está dando un alto deterioro. La deforestación cercana a los ríos, la mala planificación en construcciones y prácticas agrícolas inadecuadas, son los responsables del deterioro de la gran mayoría de las cuencas. Por lo tanto, es necesario realizar un programa nacional de manejo de las mismas, evidenciando la conectividad entre tierra y mar.

Programas de Restauración

Así mismo, es importante tratar de realizar programas para restaurar aquellos ecosistemas que se encuentran bajo riesgo o deteriorados, mediante la implementación de programas que busquen estos objetivos. Tratando de utilizar especies nativas y mediante materiales sencillos, es posible recuperar arrecifes dañados. En Costa Rica, ya se han realizado experiencias como tales en la Isla del Caño (Guzmán 1991), Cahuita (J. Cortés com. pers.) y en Bahía Culebra (C.E. Jiménez com. pers.), con muy buenos resultados. Para esto es necesaria la colaboración de las comunidades, del gobierno, organizaciones no gubernamentales y las universidades.

Regulación de pesca y turismo

La legislación en Costa Rica con respecto al enfoque ambiental se han mejorado mucho en los últimos años, sobretodo en la parte terrestre, y más recientemente para la parte marina. Sin embargo, todavía quedan muchas cosas por definir para asegurar un buen cuidado y manejo de los recursos en los arrecifes coralinos. Es importante determinar cual es la capacidad de carga de cada arrecife en particular, sobre todo para los parques nacionales, donde a veces la visitación no es bien controlada y sobrepasa sus límites con un alto número de embarcaciones y personas en los arrecifes. Así mismo, se debe el estado debe invertir más en la vigilancia de los Parques Nacionales, aportando mayores recursos como botes, binoculares, entrenamiento en buceo y rescate para los guardaparques, y demarcar

áreas de visita, de estudio científico, y áreas de no uso mediante el anclaje de boyas de demarcación.

Evaluaciones Económicas

Hasta el momento solamente existen dos valoraciones económicas de los arrecifes coralinos de Costa Rica, una para cada costa. Tenemos el ejemplo del Parque Nacional de Cahuita, que se valoró en 1.4 millones de dólares (Blair *et al.* 1996), y tenemos para el lado Pacífico un análisis comparativo del valor de uso del paisaje submarino del Golfo de Papagayo versus el valor de uso extractivo de la pesca para acuarios (Ibarra 1996). En dicho trabajo se estima que los ingresos percibidos por la industria recreativa del buceo en esta zona alcanzan ganancias cercanas a los 870 mil dólares anuales, mientras que la industria extractiva percibe ganancias que rondan los 180 mil dólares, para 1995. Además indica, un cambio en las actividades hacia la práctica receptiva que genera mayor dividendo (Ibarra 1996).

Es importante que practicas prácticas similares a la antes mencionadas se realicen en otras zonas del país, y que sus resultados se incorporen a los programas y planes de manejo de los diferentes sitios, así como una redistribución de los bienes a las comunidades que viven cerca de los arrecifes.

Investigación de enfermedades

A nivel global, las enfermedades presentan una grave amenaza para el desarrollo de los arrecifes coralinos. En total se han detectado 18 enfermedades coralinas, siendo el mar Caribe el más afectado (Sutherland *et al.* 2004). Sin embargo, a pesar de que Costa Rica posee dos costas, y se han observado la presencia de enfermedades en ambas, solamente se ha realizado un trabajo enfocado exclusivamente en este tema. Este estudio versa sobre la formación de tumores en el coral masivo *Pavona clavus* en Bahía Culebra (Gateño *et al.* 2003). Mientras que para el sector Caribe se Costa Rica, se informa la presencia de las enfermedades Plaga Blanca, Banda Negra y Banda Roja, en el arrecife de Cahuita, afectando principalmente los corales *Siderastrea*, *Diploria*, *Agaricia* y *Porites*. Así mismo, para Manzanillo se informa la presencia de un tipo de la enfermedad Puntos Blancos, en un alto porcentaje de las colonias de *Siderastrea* (Fonseca 2003). En Cahuita el porcentaje de enfermedades de colonias de coral mayores a 25 cm de diámetro utilizando el protocolo AGRRA se registró en 8% (Fonseca 2003). La proporción de colonias afectadas por enfermedades, daños y blanqueamiento utilizando el protocolo CARICOMP, disminuyó de 24% en el 2000 a 10% en el 2004, pero la diferencia no resultó significativa. (Fonseca *et al.* en prep.) Por lo tanto, debido a que es un área de interés global, Costa Rica debe hacer mayor investigación en este sentido.

Talleres de educación ambiental marina

Así mismo, una herramienta muy útil para la preservación de los arrecifes, y de cualquier ecosistema es la educación. Por lo tanto, es necesaria la formulación, no sólo por parte de ONG's, de universidades, y de programas de educación ambiental, sino también por parte del gobierno, para incluirlo como una materia más en los programas educativos formales. En este sentido la educación ambiental, debe ser enfocada y muy bien diseñada para cada localidad, buscando promover la conservación y uso racional de los recursos de determinada región (ya sea playa, montaña o ciudad).

Exploración

Finalmente, y como se mencionó al inicio de esta sección es necesario la exploración de varias zonas del país que todavía se encuentran en las primeras etapas. Se debe intensificar las exploraciones e investigaciones en el Área de Conservación de Guanacaste, sobre todo en las Islas Murciélagos, en la zona que abarca de Tamarindo hasta Cabo Blanco, el Parque Nacional Manuel Antonio y el Parque Nacional Corcovado. También, es de suma importancia determinar el estado de los arrecifes del sector de Limón (Moín, Portete).

Referencias

Acuña-González, J.A. Vargas-Zamora, E. Gómez-Ramírez y J. García-Céspedes. 2004. Hidrocarburos de petróleo, disueltos y dispersos, en cuatro ambientes costeros de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 52 (Supl. 2): 43-50.

- Alvarado, J.J. 2004. Descripción de las comunidades arrecifales del Parque Nacional Marino Ballena, Pacífico Central-Sur de Costa Rica. Tesis de Licenciatura, Universidad de Costa Rica, San Pedro. 80 p.
- Alvarado, J.J., J. Cortés y E. Salas. 2004. Population densities of *Diadema antillarum* Philippi (Echinodermata: Echinoidea) at Cahuita nacional Park (1977-2003), Costa Rica. *Car. J. Sci.* 40: 257-259.
- Alvarado, J.J., J. Cortés, C. Fernández y J. Nivia. 2005. Coral communities and coral reefs of Ballena Marine National Park, Pacific coast of Costa Rica. *Ciencias Marinas* 31: 641-651.
- Benchley, P. 2002. Los arrecifes de Cuba. *Nat. Geogr.* 10: 44-67.
- Birkeland, C. (ed.). 1997. *Life and Death of Coral Reefs*. Chapman y Hall, New York. 536 p.
- Blair, N., C. Geraghty, G. Gund y B. James. 1996. An economic evaluation of Cahuita national Park: Establishing the economic value of an environmental asset. Kelloggs Graduate School of Management, Boston. 24 p.
- Brown, B.E. 1997. Disturbances to reef in recent times, p. 354-379. In C. Birkeland (ed.). *Life and Death of Coral Reefs*. Chapman y Hall, New York.
- Burke, L. y J. Maidens. 2005. Arrecifes en Peligro en el Caribe. World Resources Institute, Washington, D.C. 80 p.
- Cairns, S.D. 1991. New records of Stylasteridae (Hydrozoa: Hidroida) from the Galápagos and Cocos Islands. *Proc. Biol. Soc. Wash.* 104: 209-228.
- Cajjiao-Jiménez, M.V. 2003. Régimen legal de los Recursos Marinos y Costeros en Costa Rica. Editorial IPECA, San José, Costa Rica. 192 p.
- Chadwick, D. H. 1999. Corales en peligro. *Nat. Geogr.* 4: 30-37.
- Chadwick, D.H. 2001. Gran Arrecife de Barrera. *Nat. Geogr.* 8: 30-53.
- Coates, A.G., J.B.C. Jackson, L.S. Collins, T.M. Cronin, H.J. Dowset, L.M. Bybell, P. Jung y J. Obando. 1992. Closure of the Isthmus of Panama: the near-shore marine records of Costa Rica and western Panama. *Geol. Soc. Amer. Bull.* 104: 814-828.
- Coles, S.L. y B.E. Brown. 2003. Coral bleaching -capacity for acclimatization and adaptation. *Adv. Mar. Biol.* 46: 183-223.
- Cortés, J. 1990. The coral reefs of Golfo Dulce, Costa Rica: distribution and community structure. *Atoll Res. Bull.* 344: 1-37.
- Cortés, J. 1992a. Nuevos registros de corales (Anthozoa: Scleractinia) para el Caribe de Costa Rica: *Rhizosmilia maculata* y *Meandrina meandrites*. *Rev. Biol. Trop.* 40: 243-244.
- Cortés, J. 1992b. Organismos de los arrecifes coralinos de Costa Rica. V. Descripción y distribución geográfica de Hidrocorales (Cnidaria: Milleporina y Stylasterina) de la costa Caribe. *Brenesia* 38: 45-50.
- Cortés, J. 1992c. Los arrecifes coralinos de Golfo Dulce, Costa Rica: aspectos ecológicos. *Rev. Biol. Trop.* 40: 19-26.
- Cortés, J. 1992d. Los arrecifes coralinos del Refugio Nacional de Vida Silvestre Gandoca-Manzanillo, Limón, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 40: 325-333.
- Cortés, J. 1994. A reef under siltation stress: a decade of degradation, p. 240-246. In R.N. Ginsburg (ed.). *Proc. Colloquium on Global Aspects of Coral Reefs: Health, Hazards and History, 1993*. RSMAS, Univ. Miami.
- Cortés, J. 1996-97a. Biodiversidad marina de Costa Rica: Filo Cnidaria. *Rev. Biol. Trop.* 44/45: 323-334.
- Cortés, J. 1996-97b. Comunidades coralinas y arrecifes del Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 44/45: 623-625.
- Cortés, J. 2003. Coral reefs of the Americas: An introduction to Latin American Coral Reefs, p.1-7. In J. Cortés (ed.), *Latin American Coral Reefs*. Elsevier, Amsterdam.
- Cortés, J. y H.M. Guzmán. 1985a. Organismos de los arrecifes coralinos de Costa Rica. III. Descripción y distribución geográfica de corales escleractinios (Cnidaria: Anthozoa: Scleractinia) de la costa Caribe. *Brenesia* 24: 63-123.
- Cortés, J. y H.M. Guzmán, 1985b. Arrecifes coralinos de la costa Atlántica de Costa Rica. *Brenesia* 23: 275-292.
- Cortés, J. y C.E. Jiménez. 1996. Coastal-marine environments of Parque Nacional Corcovado, Puntarenas, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 44 (Suppl. 3): 35-40.
- Cortés, J. y H.M. Guzmán. 1998. Organismos de los arrecifes coralinos de Costa Rica: descripción, distribución geográfica e historia natural de los corales zooxantelados (Anthozoa: Scleractinia) del Pacífico. *Rev. Biol. Trop.* 46: 55-91.
- Cortés, J. y C. Jiménez. 2003a. Past, present and future of the coral reefs of the Caribbean coast of Costa Rica, p. 223-239. In J. Cortés (ed.). *Latin American Coral Reefs*. Elsevier, Amsterdam.
- Cortés, J. y C. Jiménez. 2003b. Corals and coral reefs of the Pacific of Costa Rica: history, research and status, p. 361-385. In J. Cortés (ed.). *Latin American Coral Reefs*. Elsevier, Amsterdam.
- Cortés, J. y A. León. 2002. Arrecifes coralinos del Caribe de Costa Rica. Edit. INBio, Santo Domingo de Heredia. 140 p.
- Cortés, J. y M.M. Murillo. 1985. Comunidades coralinas y arrecifes del Pacífico de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 33:

197-202.

- Cortés, J. y M.J. Risk. 1984. El arrecife coralino del Parque Nacional Cahuita, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 32: 109-121.
- Cortés, J. y M.J. Risk. 1985. A reef under siltation stress: Cahuita, Costa Rica. *Bull. Mar. Sci.* 36: 339-356.
- Cortés, J., M.M. Murillo, H.M. Guzmán y J. Acuña. 1984. Pérdida de zooxantelas y muerte de corales y otros organismos arrecifales en el Atlántico y Pacífico de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 32: 227-231.
- Cortés, J., I.G. Macintyre y P.W. Glynn. 1994. Holocene growth history of an eastern Pacific fringing reef, Punta Islotes, Costa Rica. *Coral Reefs* 13: 65-73.
- Deser, C. y J. M. Wallace. 1987. El Niño and their relation to the Southern Oscillation: 1925-1986. *J. Geophys. Res.* 92: 14189-14196.
- Dubinsky, Z. y N. Stambler. 1996. Marine pollution and coral reefs. *Global Change Biol.* 2: 511-526.
- Fernández, C. y J.J. Alvarado. 2004. El arrecife coralino de Punta Cocles, costa Caribe de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 52 (Supl. 2): 121-129.
- Fonseca, A.C. 1999. Bioerosión y bioacreción en arrecifes coralinos del Pacífico sur de Costa Rica. M.Sc. Thesis, Universidad de Costa Rica, San Pedro, Costa Rica. 206 p.
- Fonseca, A.C. 2003. A rapid assessment at Cahuita National Park, Costa Rica, 1999 (Part 1: stony corals and algae), p. 248-257. In: J.C. Lang (ed.), Status of coral reefs in the western Atlantic: Results of initial surveys, Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment (AGRRA) Program. *Atoll Res. Bull.* 496.
- Fonseca, A.C., H.K. Dean y J. Cortés. 2006. Non-colonial macro-borers as indicators of coral reef status in the south Pacific of Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 54: 101-115.
- García, R. 1997. *Biología de la Conservación y Áreas Silvestres Protegidas: situación actual y perspectivas en Costa Rica*. Edit. INBio, Heredia. 64 p.
- Gateño, D., A. León, Y. Barki, J. Cortés y B. Rinkevich. 2003. Skeletal tumor formations in the massive coral *Pavona clavus*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 258: 97-108.
- Glynn, P.W. 1988. El Niño-Southern Oscillation 1982-1983: nearshore population, community, and ecosystem responses. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 19: 309-345.
- Glynn, P.W., E.M. Druffel y R.B. Dunbar. 1983. A dead Central American coral reef tract: possible link with the Little Ice Age. *J. Mar. Res.* 41: 605-637.
- Glynn, P.W., J.E.N. Veron y G.M. Wellington. 1996. Clipperton Atoll (eastern Pacific): oceanography, geomorphology, reef-building coral ecology and biogeography. *Coral Reefs* 15: 71-99.
- Guzmán, H.M. 1988. Distribución y abundancia de organismos coralívoros en los arrecifes coralinos de la Isla del Caño, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 36: 191-207.
- Guzmán, H.M. 1991. Restoration of coral reefs in Pacific Costa Rica. *Conserv. Biol.* 5: 189-195.
- Guzmán, H.M. y J. Cortés. 1985. Organismos de los arrecifes coralinos de Costa Rica: IV. Descripción y distribución geográfica de octocorales de la costa Caribe. *Brenesia* 24: 125-174.
- Guzmán, H.M. y J. Cortés. 1989a. Coral reef community structure at Caño Island, Pacific Costa Rica. *P.S.Z.N. Mar. Ecol.* 10: 23-41.
- Guzmán, H.M. y J. Cortés. 1989b. Growth rates of eight species of scleractinian corals in the eastern Pacific (Costa Rica). *Bull. Mar. Sci.* 44: 1194-1186.
- Guzmán, H.M. y J. Cortés. 1992. Cocos Island (Pacific of Costa Rica) coral reefs after the 1982-83 El Niño disturbances. *Rev. Biol. Trop.* 40: 309-324.
- Guzmán, H.M. y J. Cortés. 2001. Changes in reef community structure after fifteen years of natural disturbances in the Eastern Pacific (Costa Rica). *Bull. Mar. Sci.* 69: 133-149.
- Guzmán, H.M. y C.A. Guevara. 1998a. Arrecifes coralinos de Bocas del Toro, Panamá: I. Distribución, estructura y estado de conservación de los arrecifes continentales de la Laguna de Chiriquí y la Bahía Almirante. *Rev. Biol. Trop.* 46: 601-623.
- Guzmán, H.M. y C.A. Guevara. 1998b. Arrecifes de Bocas del Toro, Panamá: II. Distribución, estructura y estado de conservación de los arrecifes de las Islas Bastimentos, Solarte, Carenero y Colón. *Rev. Biol. Trop.* 46: 889-912.
- Guzmán, H.M. y C.A. Guevara. 1999. Arrecifes coralinos de Bocas del Toro, Panamá: III. Distribución, estructura, diversidad y estado de conservación de los arrecifes de las islas Pastores, Cristóbal, Popa y Cayo Agua. *Rev. Biol. Trop.* 47: 659-676.
- Guzmán, H.M. y C.A. Guevara. 2001. Arrecifes coralinos de Bocas del Toro, Panamá: IV. Distribución, estructura y estado de conservación de los arrecifes continentales de Península Valiente. *Rev. Biol. Trop.* 49: 53-66.
- Guzmán, H.M., J. Cortés, R.H. Richmond y P.W. Glynn. 1987. Efectos del fenómeno de "El Niño-Oscilación Sureña"

- 1982/83 en los arrecifes de la Isla del Caño, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 35: 325-332.
- Guzmán, H.M., J. Cortés, P.W. Glynn y R.H. Richmond. 1990. Coral mortality associated with dinoflagellate blooms in the eastern Pacific (Costa Rica and Panama). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 60: 299-303.
- Ibarra, E. 1996. El valor de uso del paisaje submarino en el Golfo de Papagayo. Tesis de Licenciatura en Economía, Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de Costa Rica, San Pedro, San José. 156 p.
- Jiménez, C.E. 1998. Arrecifes y comunidades coralinas de Bahía Culebra, Pacífico norte de Costa Rica (Golfo de Papagayo). Tesis de Maestría, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 217 p.
- Jiménez, C.E. 2001. Arrecifes y ambientes coralinos de Bahía Culebra, Pacífico de Costa Rica: aspectos biológicos, económico-recreativos y de manejo. *Rev. Biol. Trop.* 49 (Supl. 2): 215-231.
- Jiménez, C. y J. Cortés. 2001. Effects of the 1991-92 El Niño on scleractinian corals of the Costa Rican central Pacific coast. *Rev. Biol. Trop.* 49 (Suppl. 2): 239-250.
- Jiménez, C. y J. Cortés. 2003. Coral cover change associated to El Niño, eastern pacific, Costa Rica, 1992-2001. *P.S.Z.N. Mar. Ecol.* 24: 179-192.
- Jiménez, C., J. Cortés, A. León y E. Ruíz. 2001. Coral bleaching and mortality associated with the 1997-98 El Niño in an upwelling environment in the Eastern Pacific (Gulf of Papagayo, Costa Rica). *Bull. Mar. Sci.* 69: 151-169.
- Johannes, R.E. 1975. Pollution and degradation of coral reef communities, p. 13-50. In E.J. Ferguson y R.E. Johannes (eds.). *Tropical Marine Pollution*. Elsevier, Amsterdam.
- Karlson, R.H. 1999. *Dynamics of Coral Communities*. Kluwer Acad. Publ., Netherlands. 250 p.
- Mata, A., J.A. Acuña, M.M. Murillo y J. Cortés. 1987. La contaminación por petróleo en el Caribe de Costa Rica: 1981-1985. *Carib. J. Sci.* 23: 41-49.
- Murillo, M. M. y J. Cortés. 1984. Alta mortalidad en la población del erizo de mar *Diadema antillarum* en el Parque Nacional Cahuita, Limón, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 32: 167-169.
- Pastorok, R.A. y G.R. Bilyard. 1985. Effects of sewage pollution on coral reef communities. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 21: 175-189.
- Reaka-Kudla, M.L. 1997. The global biodiversity of coral reefs: a comparison with rain forests, p. 83-108. In M.L. Reaka-Kudla, D. E. Wilson y E. O. Wilson (eds). *Biodiversity II: understanding and protecting our biological resources*. National Academy Press. Washington, D.C.
- Rogers, C.S. 1990. Response of corals reefs and reef organisms to sedimentation. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 62: 185-202.
- Simpson, S. 2001. *Fishy Business*. *Scient. Amer.* 285: 68-75.
- Soto, R. y D. Ballantine. 1986. La flora bentónica marina del Caribe de Costa Rica (Notas preliminares). *Brenesia* 25/26: 123-162.
- Spalding, M.D, C. Ravilious y E.P. Green. 2001. *World Atlas of Coral Reefs*. UNEP-WCMC y University of California, Berkeley. 424 p.
- Sponberg, A. 2004 PCB contamination in surface sediments in the coastal waters of Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 52 (Suppl. 2): 1-10.
- Spurgeon, J.P.G. 1992. The economic valuation of coral reefs. *Mar. Poll. Bull.* 24: 529-536.
- Sutherland, K.P., J.W. Porter y C. Torres. 2004. Disease and immunity in Caribbean and Indo-Pacific zooxanthellate corals. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 266: 273-302.
- Veron, J.E.N. 2000. *Corals of the World*. Vol. 3. AIMS, Townsville. 490 p.
- Wilkinson, C. 2000. The 1997-98 mass coral bleaching and mortality event: 2 year on, p. 21-34. In C. Wilkinson (ed.). *Status of Coral Reefs of the World: 2000*. Australian Institute of Marine Science, Cape Ferguson, Australia.
- Zeledón, R. 1999. *Código Ambiental*. Editorial Porvenir, San José, Costa Rica. 321 p.

GLOSARIO

Escleractinia: categoría de clasificación taxonómica a nivel de orden de los corales.

Eutroficación: incremento de sustancias nutritivas que provocan un exceso de fitoplancton.

Fanerógama: Planta con flores que producen semillas. Hay pocas especies que viven en el mar y se les llama fanerógamas marinas o pastos marinos.

Fitoplancton: organismo microscópicos que viven flotando en el agua y que realizan la fotosíntesis. Son productores primarios, ya que convierten la luz solar en productos químicos que otros seres vivos utilizan.

Hidrocoral: organismos coloniales que forman estructuras incrustantes o erectas de carbonato de calcio, semejantes a los corales escleractinios, y que poseen estructuras urticantes.

Octocoral: Grupo de corales suaves en forma de ramas, plumas o abanicos. Sus pólipos tiene ocho tentáculos.

Zooxantela: algas de una célula que pertenecen al grupo de los dinoflagelados. Viven en simbiosis dentro de los corales.

CAPITULO VI

EL DOMO TÉRMICO DE COSTA RICA

Daniel Ballesteros⁷

Resumen. El estado del conocimiento de la oceanografía del Pacífico Tropical Oriental es revisado desde los trabajos pioneros de mediados del siglo XX hasta el presente, tomo en cuenta las capacidades de observación y análisis contemporáneos. Se discuten detalladamente el domo térmico de Costa Rica, el efecto del jet de Papagayo en el mar y en la dinámica del domo, incluyendo aspectos de la biología de esos ecosistemas.

Introducción

El interés en la oceanografía del extremo oriental del Pacífico tropical, particularmente al norte de la línea ecuatorial, ha resurgido en los últimos años. Las primeras observaciones del domo térmico de Costa Rica (DCR) realizadas por Wirtky en 1948 fueron seguidas por dos campañas oceanográficas intensivas, a cargo del instituto Scripps en 1959 y por la UNAM de México entre 1979 y 1982. La utilización de radiómetros en satélites de órbita polar para la observación del color y la temperatura superficial del océano, a partir de los años setenta, puso de manifiesto la existencia de fenómenos de mesoescala de la mayor importancia para la dinámica regional, con importantes consecuencias biológicas. La contribución de la teledetección a la oceanografía de la región aumentó a partir de los años noventa con la medición rutinaria de la magnitud y dirección del viento utilizo escaterómetros, y la determinación de la topografía de la superficie del mar utilizo alúmetros. Más recientemente, en diciembre 2005, Costa Rica instaló dos perfiladores autónomos en la zona del DCR, en el marco del proyecto ARGO, que envían perfiles verticales de temperatura y salinidad entre la superficie y 2000 m de profundidad cada diez días.

El acervo de información disponible en la actualidad ha permitido dimensionar el notable efecto que los jets de viento de los golfos de Panamá, Papagayo y Tehuantepec (México) tienen sobre la oceanografía del Océano Pacífico tropical, al este de 120° O. La estructura zonal que caracteriza al Pacífico central es alterada en la proximidad de la costa centroamericana., donde el forzamiento meridional del viento, extensas plumas de agua fría y remolinos ciclónicos y anticiclónicos modifican el ambiente marino.

⁷ Laboratorio de Oceanografía y Manejo Costero. Universidad Nacional. Heredia 3000, Costa Rica, daballest@gmail.com, dab2@una.ac.cr

Este trabajo resume el estado del conocimiento sobre la oceanografía del Pacífico Tropical Oriental, particularmente al este de 120° O y entre 0-20° N. En la primera sección se discuten las características regionales a partir de una revisión bibliográfica desde los trabajos pioneros de Wirtky (1965, 1966, 1967) hasta los más recientes de Ballester y Coen (2004), Fiedler (2002 a, b) y Kessler (2002, 2006), así como utilizo datos públicos a disposición de la comunidad científica. La segunda parte está dedicada al domo térmico de Costa Rica y al efecto que los jets de viento de América Central tienen sobre el océano. Se discute con particular detalle el fenómeno asociado al viento de Papagayo en el borde entre Costa Rica y Nicaragua y su interacción con el DCR, incluyendo aspectos de la biología en el área.

Aspectos Generales de la Oceanografía en el Pacífico Tropical Oriental

A) Caracterización anual media climatológica

La figura 2.1 muestra las masas de agua y corrientes superficiales del Pacífico Tropical Oriental (PTE). Las corrientes ecuatoriales norte y sur (CEN y CES respectivamente), que fluyen hacia el oeste, son parte de los remolinos anticiclónicos subtropicales del Pacífico norte y el Pacífico sur. La contra corriente ecuatorial (CCE) fluye hacia el este entre las CEN y CES. Las corrientes de California y Perú, que constituyen el borde oriental de los remolinos subtropicales, fluyen hacia el ecuador a lo largo de las costas de Baja California y Perú alimentando las CEN y CES.

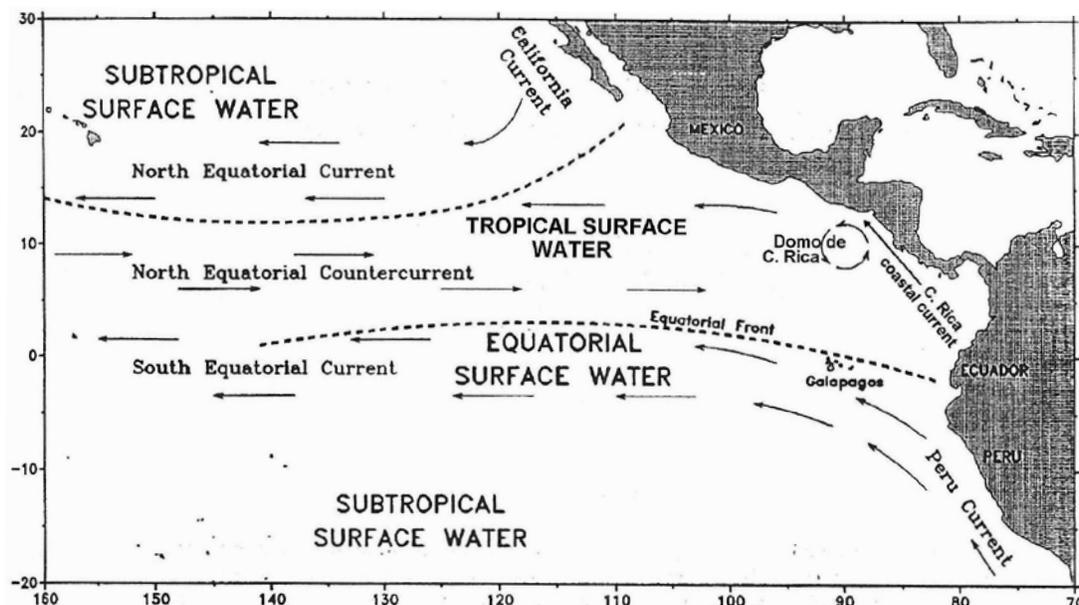


Figura 2.1. Masas de agua y corrientes superficiales del Pacífico Tropical Oriental (PTE) (Fiedler 1992).

a) Distribución de temperatura y salinidad

El agua tropical superficial (ATS), localizada en la parte central del PTE a 10° N, es la más cálida y, debido a la abundante precipitación en la zona de convergencia intertropical (ZCIT), cuya ubicación en esta zona del océano es entre el ecuador y 10° N, es también la menos salina de los tres tipos de agua presentes. El agua subtropical superficial (ASS), localizada en latitudes mayores a 10° hacia el norte y el sur donde la evaporación excede gravemente a la precipitación, es de alta salinidad y menor temperatura. El agua ecuatorial superficial (AES), localizada entre el ATS y el ASS del sur, aparece como una masa anómalamente fría como resultado de tres mecanismos: afloramiento ecuatorial originado en circulación divergente, advección de agua fría de la corriente de Perú por la CES, y levantamiento de agua subsuperficial de la corriente de Cromwell (Cromwell *et al.* 1954) aproximadamente a 95° W. La salinidad del AES es intermedia entre los valores muy bajos del ATS y los muy altos del ASS. El PTE contiene también volúmenes variables de agua fría de baja salinidad de las corrientes de California y Perú (Fiedler 1992).

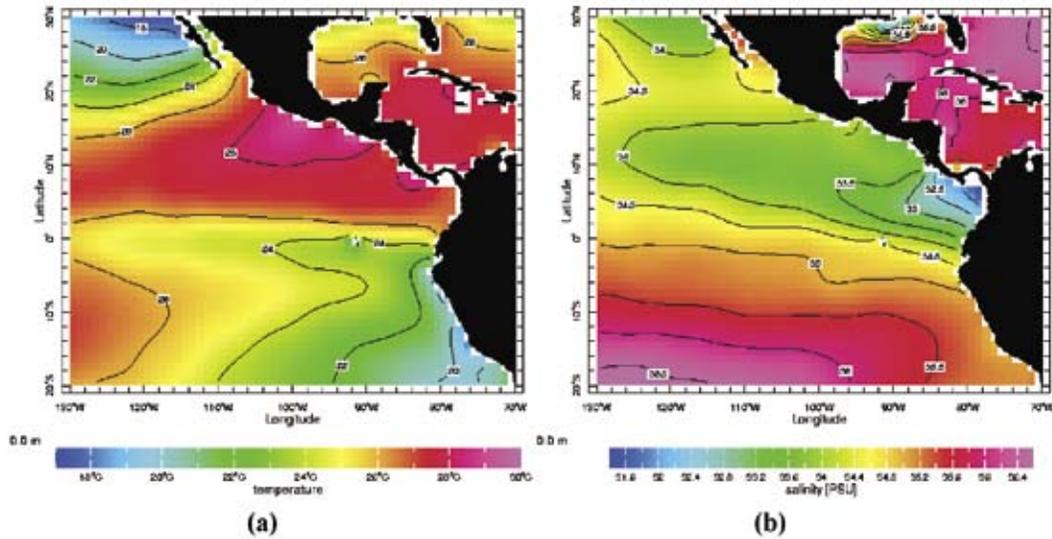


Figura 2.2. Temperatura superficial anual media (a) y salinidad anual media (b). Datos climatológicos de Conkright *et al.* 2002.

Las tres masas de agua señaladas más arriba son claramente identificables en mapas climatológicos superficiales de variables oceanográficas. La figura 2.2(a) describe el valor medio anual de la temperatura superficial del mar (TSM) producido con datos del análisis objetivo del World Ocean Atlas 2001 (Conkright *et al.* 2002) en el área de interés, con una resolución espacial de 1 grado x 1 grado. La masa cálida con temperatura superior a 27 °C se extiende zonalmente sobre todo el PTE al norte del ecuador, centrada a 5° N en el extremo oeste y a 15° N en el extremo este, donde se encuentra el cuerpo de agua más caliente de la región, frente a México y Centroamérica hasta el norte de Costa Rica, conocida como piscina caliente del PTE. El agua más fría se encuentra en los sistemas de afloramiento costero de Baja California y Perú. La masa ecuatorial de agua fría descrita por Wyrtki (1981) se extiende a lo largo y al sur del ecuador hacia el oeste de Galápagos y permanece todo el año por debajo de 26° C. El campo medio de salinidad superficial anual, representado en la figura 1.2 (b), está dominado por la masa zonal de baja salinidad centrada a 10° N, decreciendo hacia el este con un mínimo en el Golfo de Panamá (< 32 psu). La salinidad aumenta hacia altas latitudes excepto en la costa de Baja California. El máximo de salinidad superficial se encuentra al sur de 10° S.

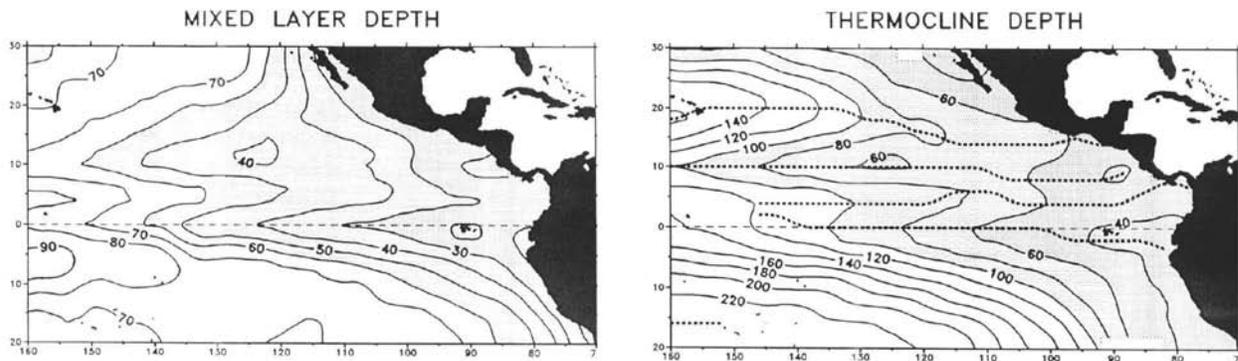


Figura 2.3. Climatología anual de la profundidad de la capa mezclada y la termoclina (Fiedler 1992).

b) Profundidad de la termoclina y la capa mezclada

La profundidad media de la capa mezclada y la topografía media de la termoclina, definida por medio de la isoterma de 20 °C, son muy similares tal como se ilustra en la figura 2.3, tomada de Fiedler (1992), basada en datos de batitermógrafos entre 1960 y 1990. La profundidad de la capa mezclada aumenta desde 20-30 m en la costa hasta más de 70 m hacia el centro de los giros subtropicales. A lo largo de las divergencias del ecuador y a 10° N la profundidad de la capa mezclada disminuye hacia el este. Al este de 120° O la capa mezclada es menos profunda en la línea ecuatorial, en tanto que hacia el oeste, es menos profunda a 10° N. La profundidad de la termoclina aumenta desde 40-60 m en la costa hasta más de 150 m en el interior de los giros subtropicales. La termoclina también se eleva y se hunde asociada a la circulación geostrófica zonal del sistema ecuatorial: se hace más somera en la línea ecuatorial hacia el este, se hunde a 4° N donde hay circulación convergente, y se eleva nuevamente a 10° N. El punto más elevado en la elevación de la termoclina a medida que nos desplazamos hacia el este ocurre a 90° O en el domo térmico de Costa Rica (ver figura 2.1).

c) Topografía de la superficie del mar y corrientes geostróficas

La topografía de la superficie del mar muestra una clara correlación con la topografía de la termoclina, con abultamientos donde la termoclina se hunde y depresiones donde la termoclina se eleva. Las corrientes obtenidas con datos de deriva superficial (figura 2.4) son consistentes con el comportamiento geostrófico asociado a la topografía de la superficie. La figura 2.4 muestra el valor medio anual de la altura de la superficie del mar en cm (Cartón *et al.* 2000), de donde se deducen las corrientes geostróficas en la región. Dos particularidades remarcables visibles en la figura 2.4 son la depresión asociada al domo de Costa Rica, centrado en 90° O y 9° N, donde la termoclina se encuentra a sólo 25 m de profundidad, y la elevación centrada en 105° O y 13° N, donde la termoclina se hunde hasta 90 m de profundidad, nombrada por Kessler (2002, 2006) como Cuenco de Tehuantepec (Tehuantepec Bowl). A diferencia del domo, el Cuenco de Tehuantepec es bastante superficial, difícilmente detectable a 150 m, y mucho menos estudiado. Vale la pena destacar en la figura 2.4 la depresión zonal de la superficie del mar asociada a la corriente ecuatorial, así como la depresión en la zona del domo térmico

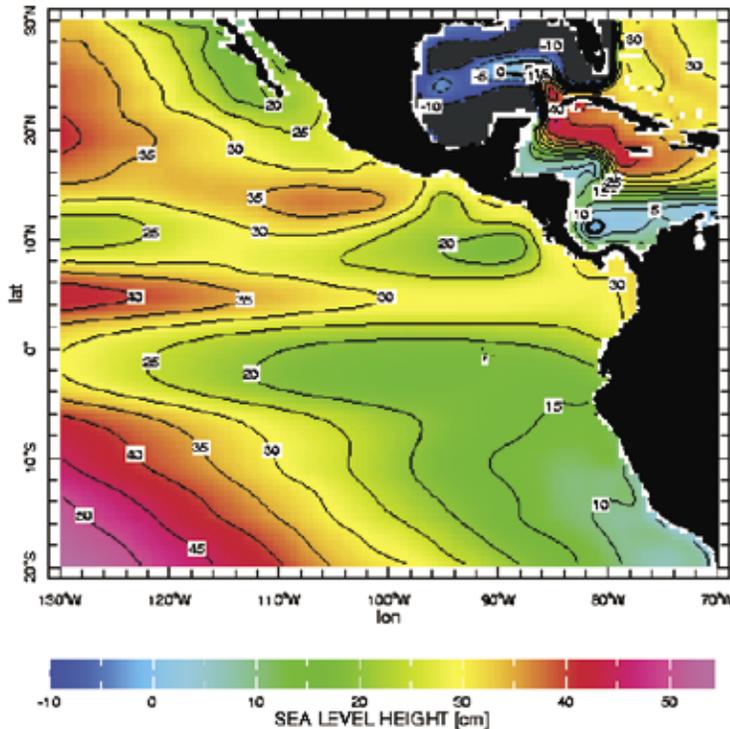


Figura 2.4. Climatología anual de la altura de la Superficie del mar (datos de SODA)

y el rápido levantamiento de la superficie entre el domo y la costa de Centroamérica, donde fluye la corriente costera de Costa Rica (CCCR) hacia el noroeste (ver figura 2.1). La corriente ecuatorial sur (CES), la más ancha e intensa de la región, fluye hacia el oeste sobre la depresión superficial ecuatorial (y sobre la termoclina somera mostrada en la figura 1.3 entre 10° S y 4° N), con un valor máximo de hasta 0.5 ms⁻¹ entre 5° S y 3° N. La contracorriente ecuatorial fluye hacia el este, bastante débilmente entre 5° N y 10° N en datos climatológicos pero más intensamente en períodos restringidos como se discute más adelante. Al norte de 10° N fluye la corriente ecuatorial norte (CEN) hacia el oeste, más débil que la CES, con una rapidez de 0.2 ms⁻¹. La disminución de la altura de la superficie del mar en las costas de California y Perú están asociadas al flujo hacia el ecuador de esas corrientes del extremo oriental de los remolinos subtropicales del Pacífico, con intensidades medias de alrededor de 0.1 ms⁻¹ (Fiedler 1992, figura 2.5).

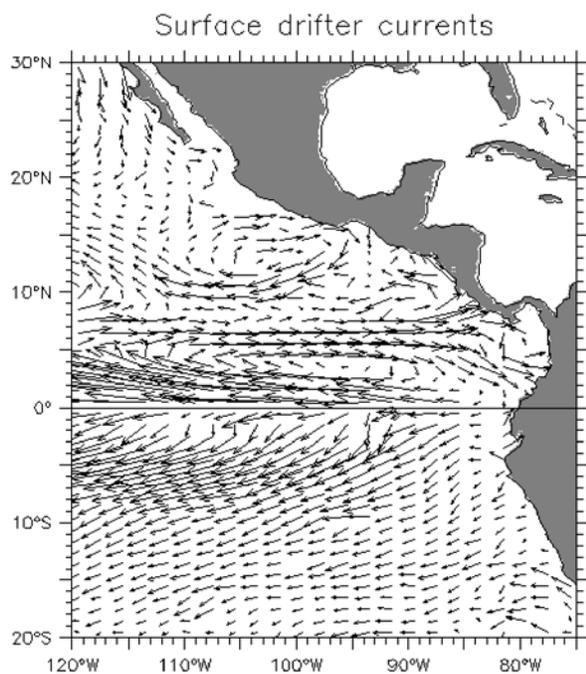


Figura 2.5. Corrientes superficiales medias producidas con datos de derivadores (Kessler 2002)

La figura 2.4 revela la notable diferencia entre la parte central del Pacífico (hacia el oeste de 120° O, donde el forzamiento del viento y la estructura térmica y de corrientes es esencialmente zonal, y la región hacia el este de 120° O donde el campo de vientos, mucho más complicado, y la presencia del borde continental, dan lugar a circulaciones meridionales y una topografía de la superficie notablemente más compleja. Kessler (2002) sugiere que los chorros de viento centroamericanos son el principal determinante de la particular topografía de la termoclina y de la superficie, así como de la circulación.

Comportamiento Estacional

a) Temperatura y salinidad

Los valores medios climatológicos de temperatura por estación (figura 2.6) muestran que la masa de agua cálida del ATS persiste todo el año y que la variabilidad estacional de la temperatura superficial es menor a 1° C en gran parte del PTE. La masa fría ecuatorial es muy débil en marzo-mayo. La mayor variación estacional se observa en las zonas de afloramiento ecuatorial y costero (corrientes de Baja California y Perú) y en el ASS al norte de 20° N. La salinidad superficial no varía estacionalmente en el PTE en más de 0.1 psu, excepto a lo largo de la costa de Centroamérica (particularmente en

el Golfo de Panamá) y en el cuerpo de baja salinidad de ATS a lo largo de 10° N, donde la salinidad superficial es baja en otoño (setiembre-noviembre) y alta en primavera (marzo-mayo).

b) La termoclina y la capa mezclada

La profundidad de la capa mezclada varía estacionalmente en ± 10 m en la mayor parte del PTE y en $\pm 20-30$ m al norte de 20° N y al sur de 15° S, disminuyendo en verano y aumento en invierno. La profundidad de la termoclina muestra variaciones estacionales de ± 20 m solamente en los extremos N y S del PTE. Las variaciones estacionales de ± 10 m, asociadas con la CCE y el afloramiento ecuatorial, tienen lugar entre 5° S y 15° N. La fuerte termoclina debajo del ATS se refuerza en primavera (marzo-mayo) y se debilita en otoño (setiembre-noviembre). Al este de 125° O el reforzamiento comienza en invierno y el debilitamiento comienza en verano. La termoclina ecuatorial es más débil marzo-mayo.

c) Topografía de la superficie del mar y corrientes geostróficas

En la variabilidad estacional nuevamente se encuentra una estrecha correlación (inversa) entre las topografías de la termoclina y de la superficie. La pendiente meridional de la superficie del mar asociada con la CCE, al este de 130° O, es mucho más pronunciada en otoño que en primavera. La pendiente zonal a lo largo del ecuador producida por el apilamiento de agua en el extremo oeste del Pacífico es débil en marzo-mayo y fuerte en setiembre-noviembre (figura 2.7).

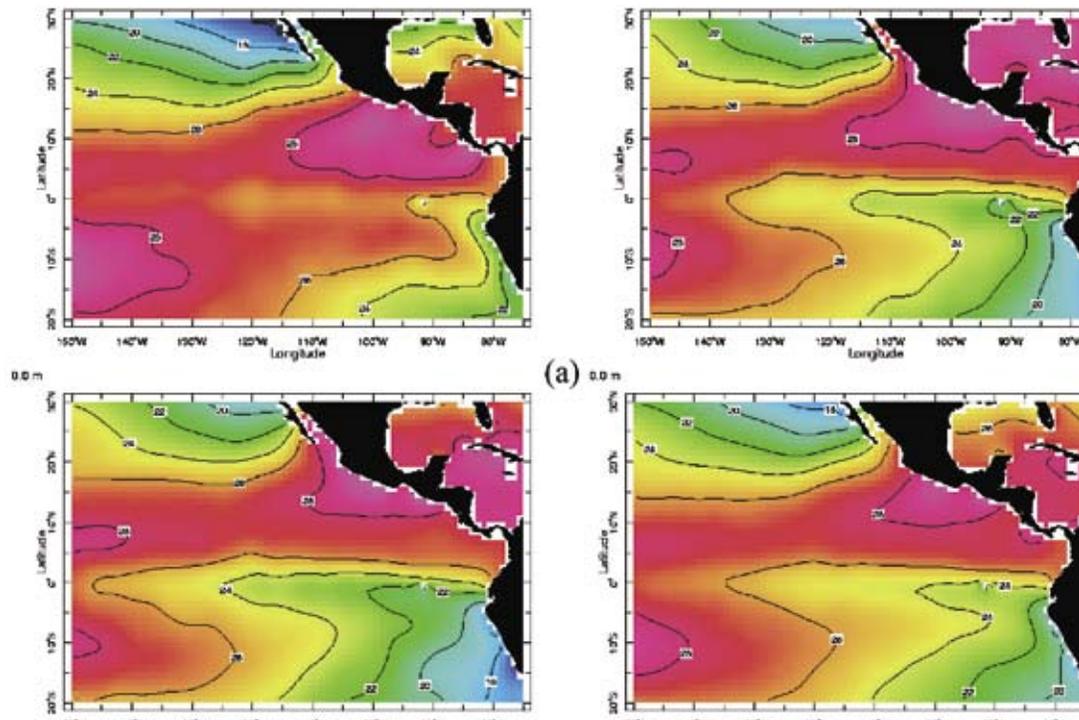


Figura 2.6. Valor medio climatológico de TSM en (a) marzo-mayo, (b) junio-agosto, (c) setiembre-noviembre y (d) diciembre-febrero. (Conkright *et al.* 2002).

La CES y la CCE, analizadas con datos de deriva superficial, son más intensas en setiembre-noviembre y más débiles en marzo-mayo, resultado que también se obtiene en las corrientes geostróficas derivadas de las topografías de la superficie y la termoclina.. La variabilidad estacional de la CCE tiene lugar al este de 120° O, donde el debilitamiento ocurre en diciembre-febrero y el reforzamiento comienza en junio-agosto..

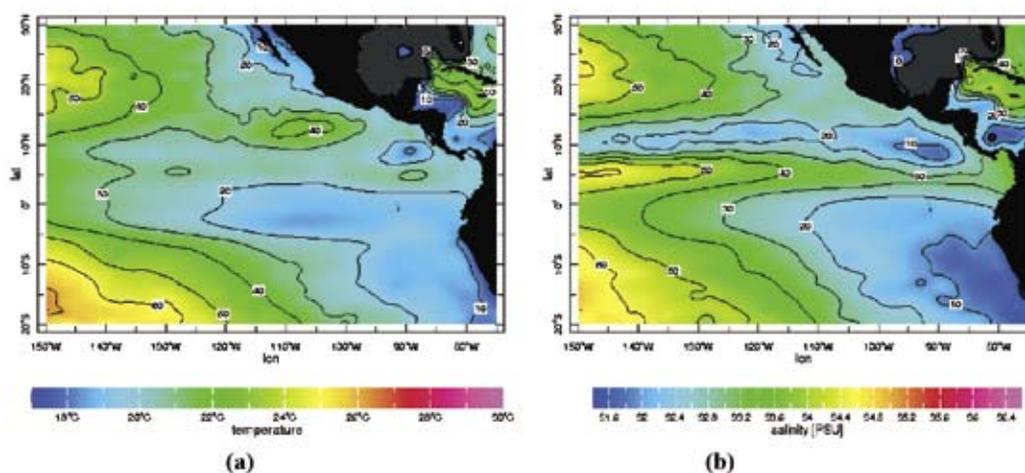


Figura 2.7. Variabilidad estacional de la altura de la superficie en cm. (a) marzo-mayo y (b) setiembre-noviembre. (Carton *et al.* 2000).

Los jets de viento de América Central y el domo térmico de Costa Rica

Wyrski (1965, 1966, 1967) resumió las observaciones de deriva de barcos, algunos cientos de muestras de agua y algunos miles de perfiles de temperatura de batitermógrafos para obtener una descripción esquemática de la circulación superficial estacional del PTE que, en líneas generales, coincide con la descripción moderna basada en un acervo de información de deriva superficial mucho mayor (figura 3.1).

El domo de Costa Rica (DCR) recibió particular interés desde el comienzo debido a las importantes pesquerías de atún establecidas en la región, pero la magnitud del afloramiento asociado al domo fue subestimada por Wyrski debido a la falta de apreciación del papel del esfuerzo del viento sobre el mar en el PTE (Kessler 2006). Actualmente se reconoce un importante papel a la interacción entre DCR y el chorro de viento de Papagayo que, junto a los chorros de Tehuantepec y Panamá, modifican fuertemente las propiedades del PTE al este de 110° O. En adelante se utilizarán los términos chorro y jet como sinónimos.

a) Los jets de viento de Centroamérica

Entre noviembre y mayo el PTE, desde 5° N hasta 17° N, es forzado por intensos vientos perpendiculares a la costa que soplan hacia mar adentro en tres sitios de Centroamérica: el Golfo de Tehuantepec en México, la zona fronteriza entre Nicaragua y Costa Rica (aunque el fenómeno en esta localidad es asociado en la literatura con el Golfo de Papagayo en Costa Rica, más al sur, y esta convención será adoptada en este trabajo), y el Golfo de Panamá. La cadena montañosa centroamericana, con una altura media de 1 km, bloquea el flujo atmosférico de bajo nivel que sopla desde el Caribe hacia el Pacífico, pero en las localidades señaladas más arriba hay interrupciones de baja elevación en la cordillera que permiten la canalización de fuertes flujos de aire, capaces de penetrar cientos de kilómetros hacia el interior del PTE. Xie *et al.* (2005) analizaron la persistencia de los jets durante el resto del año: el jet de Tehuantepec tiene máxima intensidad en octubre-febrero, pero persiste como un jet débil del norte en verano; los jets de Papagayo y Panamá tienen el máximo en diciembre-abril y, en tanto que el de Panamá cesa después de abril, el de Papagayo sólo desaparece completamente durante setiembre; en julio-agosto los jets de Tehuantepec y Papagayo muestran un pico de intensidad secundario.

El jet de Tehuantepec es activado por sistemas fríos de alta presión originados en América del Norte que se desplazan hacia el sur crean fuertes gradientes de presión entre el Golfo de México y las masas de agua cálidas y de menor presión residentes sobre el Pacífico. Estos sistemas pueden moverse sobre el Caribe hacia el sur-este induciendo jets en Papagayo y Panamá, en forma secuencial, luego de un evento en Tehuantepec (Schultz *et al.* 1997, Steenburg *et al.* 1998, Chelton *et al.* 2000), pero el fenómeno puede ocurrir en Papagayo y Panamá sin relación con los eventos en Tehuantepec, como resultado de la intensificación de los vientos alisios del NE (Chelton *et al.* 2000) o de la influencia del jet de bajo nivel del Caribe (Amador 1998, Magaña *et al.* 1999).

La rapidez del viento en estos sistemas es típicamente 10 ms^{-1} , en tanto que en las áreas al abrigo de la cordillera centroamericana, es un orden de magnitud menor. La orientación de los jets de Panamá y Tehuantepec es casi meridional, mientras que en Papagayo la orientación puede ser zonal o del NE. Los chorros de Papagayo y Panamá confluyen con los alisios del NE en el PTE durante la temporada de mayor actividad en diciembre-abril (figura 3.1).

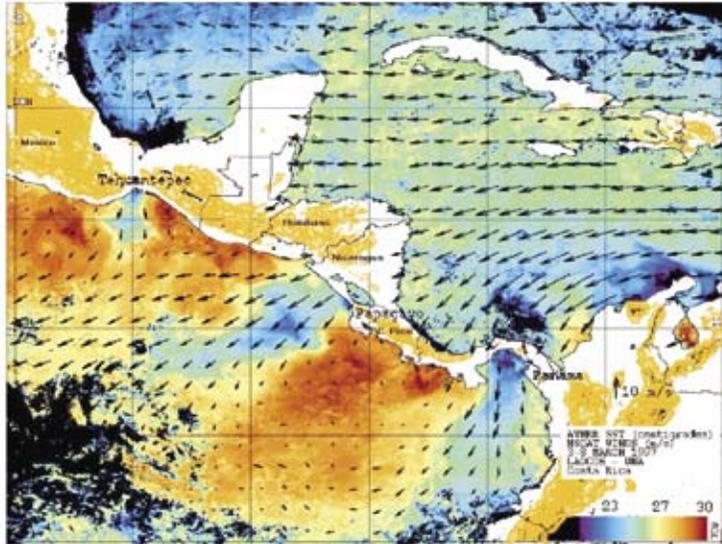


Figura 3.1. Temperatura superficial del mar y vectores de viento en el PTE (datos del radiómetro AVHRR y el escaterómetro NAS-CAT, 3-8 d marzo, 1997). (Ballester y Coen 2004).

La respuesta del mar a este forzamiento es rápida. La variabilidad del nivel del mar en la costa sigue a la variabilidad del viento sin un retardo observable y la temperatura superficial del mar puede descender hasta 10° C en un día (Barton *et al.* 1993). Largas plumas moviendo agua fría hacia mar adentro desde la costa son visibles por medio de datos de radiómetros ópticos a bordo de satélites polares (Ballester y Coen 2004), y el efecto del viento sobre la rugosidad de la superficie del mar puede ser detectado desde radares en satélites de órbita polar (Martínez *et al.* 1999). Debido a que la termoclina en las zonas influenciadas por los chorros es somera, la turbulencia generada por el viento y el flujo de calor superficial son muy efectivos para reducir la temperatura en la superficie del mar (figura 3.1). Un tercer mecanismo que interviene en el enfriamiento superficial es afloramiento por bombeo de Ekman en el lado ciclónico de los chorros, que será discutido más adelante con más detalle en conexión con el DCRUno de los efectos más espectaculares de los jets sobre el mar es la generación de los remolinos anticiclónicos de 300-500 Km de diámetro (figura 3.2) que se propagan hacia el oeste, principalmente en Papagayo y, en menor medida, en Tehuantepec (Stumpf 1975, Stumpf y Legeckis 1977, Legeckis 1988). Aunque ocasionalmente se ha reportado también la existencia de remolinos ciclónicos en los flancos sur o este de los jets (Müller-Karger y Fuentes-Yaco 2000), no hay evidencia consistente de su presencia, persistencia o propagación en datos obtenidos por medio de teledetección. Varias hipótesis han sido formuladas para explicar la formación de remolinos anticiclónicos y la ausencia de su contraparte ciclónica. Clarke (1988) sugiere que, luego de abonar el paso en la cordillera, las masas de aire descargadas sobre el Pacífico se mueven inercialmente en trayectorias circulares de radio U/f , donde U es la rapidez del viento y f es el parámetro de Coriolis, forzó la formación del remolino anticiclónico. Hansen y Maul (1991) consideran que la conservación de vorticidad potencial en el agua de la CCCR moviéndose hacia el norte determina la rotación anticiclónica del remolino. McCreary *et al.* (1989), por medio de cálculos teóricos y numéricos, concluyen que el remolino ciclónico es suprimido rápidamente por un fenómeno atmosférico que ocurre cuando una corriente de viento captura a otra, en tanto que la advección refuerza al remolino anticiclónico. Ballester y Coen (2004) analizan datos que muestran

alguna consistencia con las hipótesis de Clarke (1988) y Hansen y Maul (1991) y obtienen una velocidad de propagación del remolino anticiclónico de papagayo de 12.5 cms^{-1} hacia el oeste y 2.5 cms^{-1} hacia el sur. Las observaciones del fenómeno muestran que los remolinos de papagayo se dispersan colisionando con la CCE (figura 3.3) antes de agotar su energía potencial disponible.

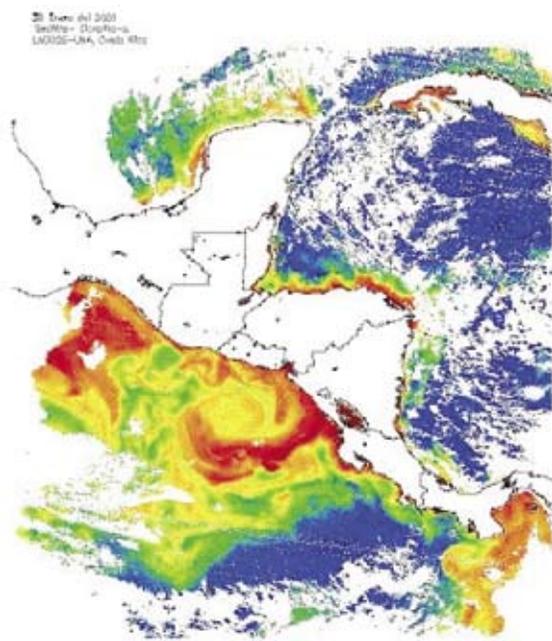


Figura 3.2. Concentración de clorofila en la capa superficial, 30/03/2001, mostró un remolino anticiclónico formado por el jet de Papagayo.

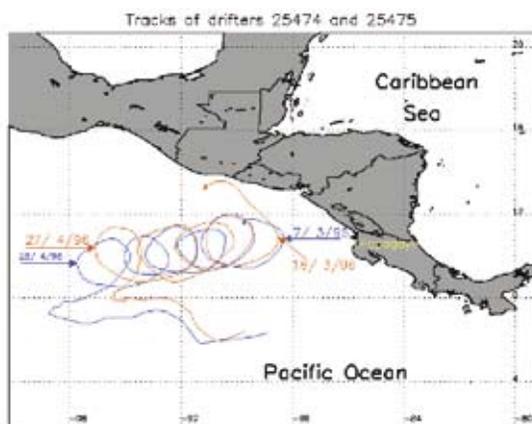


Figura 3.3. Trayectorias de derivadores lagrangianos propagándose en un remolino de Papagayo (Ballester y Coen 2004).

b) El domo de Costa Rica

El domo de Costa Rica (DCR) es un centro de afloramiento oceánico permanente de 300-500 km de diámetro, situado a unos 300 km al oeste del Golfo de Papagayo en Costa Rica, claramente visible en datos del nivel del mar (figura 3.4), rodeado por la circulación ciclónica de la contracorriente ecuatorial norte (NECC en la figura 3.4) dirigida hacia el este en su flanco sur, la corriente costera de Costa Rica (CRCC en la figura 3.4) y la corriente ecuatorial norte (NEC en la figura 3.4) dirigida hacia

el oeste. Centrado en (9° N, 90° O), el DCR es el punto más alto al final de la pendiente zonal de la termoclina, ascendente de oeste a este a lo largo del Océano Pacífico tropical (figura 3.5 a). La circulación ciclónica en el DCR, consistente con el levantamiento de la termoclina hasta casi la superficie, es muy somera, casi confinada sobre los 50 m de profundidad. Debajo de la termoclina se observa transporte de agua hacia el norte (figura 3.5 b) en toda el área del domo. Kessler (2005) atribuye este flujo subsuperficial al brusco viraje del jet Tsuchiya (1975) hacia el norte, luego de atravesar toda la cuenca Pacífica a una latitud de 2° - 5° N.

La isoterma de 20° C, utilizada normalmente como indicador de la posición de la termoclina, se encuentra muy cerca de la superficie, a una profundidad media de 30 m en datos climáticos (figura 3.6). Kessler (2002) estima un afloramiento promedio en el domo de 3.5 Sv (1 Sv = 106 m³ s⁻¹) y sugiere que, como resultado de la posición extremadamente somera de la termoclina, es un componente importante en el intercambio de propiedades entre la capa superficial y la capa intermedia del océano, por ser éste uno de los pocos puntos del planeta donde la fuente de aguas afloradas se encuentra debajo de la piconclina. La ubicación extremadamente superficial de la termoclina en el DCR también afecta las condiciones atmosféricas en verano: la mancha fría del domo abre un orificio de baja precipitación (50 % comparado con las condiciones circundantes) de más de 500 km de diámetro en la ZCIT (Xie *et al.* 2005). El DCR y el Cuenco de Tehuantepec son discutidos por Kessler (2006) como un par de remolinos rotaron en sentido inverso en el extremo este de la CEN.

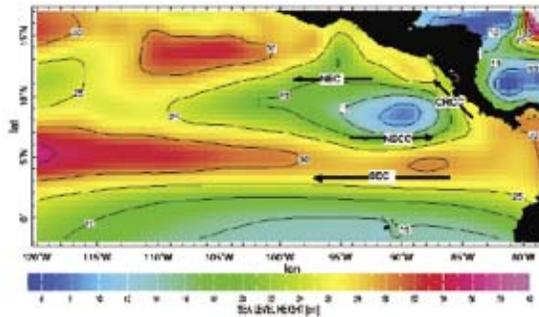


Figura 3.4. Promedio temporal (enero 2000-diciembre 2004) de la altura del nivel del mar (datos de Soda, Carton y Giese 2000).

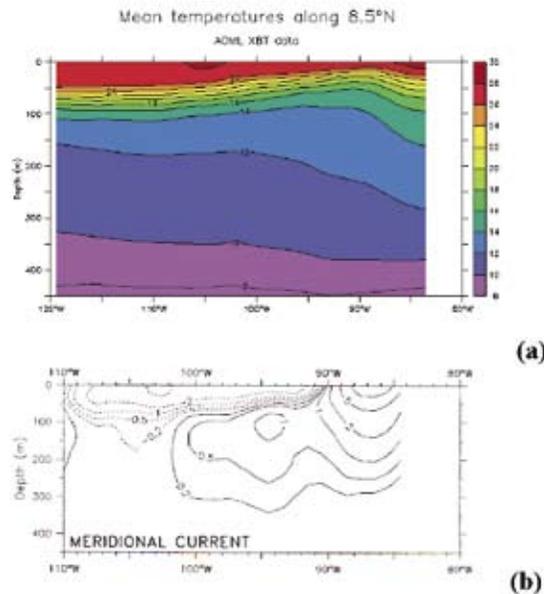


Figura 3.5. Valor medio climatológico de temperatura (a) y corriente geostrofica meridional (b) a lo largo de un corte zonal del DCR a 8.5° N. (Kessler 2006).

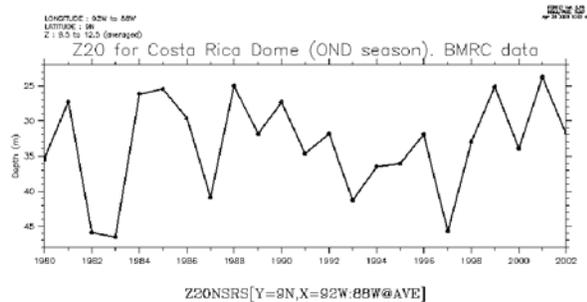


Figura 3.6. Profundidad de la isoterma de 20 °C, DTCR

c) El ciclo anual del DCR

Fiedler (2002) describe el ciclo anual del DCR con mapas de la profundidad media climática de la termoclina (utilizada en lo que sigue como indicador de la ubicación del DCR) en la región. En enero el DCR es profundo (33 m) y alejado de la costa (centrado en 92° O). En febrero la termoclina comienza a ascender hacia la costa en el sur del Golfo de Papagayo y la tendencia se incrementa en marzo y abril, cuyo comienza a tomar la forma de domo, aunque todavía unido a la costa. En mayo y junio el domo se separa de la costa sumergiéndose levemente en junio, con una extensión zonal de 300 Km. En julio aparece claramente como un domo separado del continente aumento en extensión hasta octubre, particularmente hacia el oeste, a lo largo de la pendiente de la termoclina asociada a la CCE. En noviembre continúa cerca de la superficie, tiene una extensión zonal máxima de 1000 km y se extiende levemente hacia el norte, para disminuir en extensión en diciembre, cuyo la pendiente de la termoclina se hunde. El ciclo anual del DCR puede sintetizarse entonces de la siguiente forma: 1) ascenso hacia la costa en febrero-abril, en el flanco sur del jet de Papagayo; 2) separación de la costa en mayo-junio, cuyo la Zona de Convergencia Intertropical se mueve hacia el norte, el jet de Papagayo se relaja y la CCE se extiende hasta el continente; 3) expansión del domo hacia el oeste en julio-noviembre, cuyo el rotacional del viento en la parte norte de la ZCIT, con vientos del SO, refuerza y levanta el borde ascendente de la termoclina en la CCE y 4) hundimiento en diciembre-enero, cuyo la ZCIT se desplaza hacia el sur y se refuerzan los vientos alisios.

d) La corriente costera de Costa Rica (CCCR)

El flujo dirigido hacia el Noroeste, paralelo a la costa, entre el DCR y el continente, con una rapidez media de 20 cms^{-1} y un transporte de más de 5 Sv es conocido como la Corriente Costera de Costa Rica. En promedio, la CCCR continúa a lo largo de la costa hasta el Golfo de Tehuantepec, viro hacia el sur en la superficie para fluir alrededor del Cuenco de Tehuantepec.

El alcance hacia el norte de la CCCR ha sido materia de debate. Wyrтки (1965) la describe luego más allá del extremo sur de Baja California en octubre y varios autores han continuado describiéndola de esa forma, pero ni las trayectorias de derivadores superficiales ni los cálculos geostrofos muestran que la parte superficial de la CCCR llegue más allá del Golfo de Tehuantepec. Kessler (2006) señala que la fuerte circulación anticiclónica alrededor del Cuenco de Tehuantepec colisiona con la CCCR y la desvía hacia fuera de la costa donde finalmente confluye con la CEN, pero indica que una porción subsuperficial del flujo podría continuar su movimiento hacia el norte.

La evolución estacional de la CCCR también es un punto de discusión. Wyrтки (1965) observó un máximo en el flujo hacia el NO en diciembre y algunos autores aducen variabilidad estacional en la CCCR relacionada con la variabilidad de la CCE, que al este de 120° O tiene un máximo en setiembre-octubre y es prácticamente inexistente en abril (Hansen y Maul 1991). Esta perspectiva asume que la CCCR es la continuación de la CCE que vira hacia el norte, al menos parcialmente, al encontrar el borde continental en su movimiento hacia el este. Sin embargo, Kessler (2006) atribuye la CCCR a la circulación ciclónica asociada al DCR, donde en su núcleo la termoclina se mantiene siempre cerca de la superficie, por lo cual el flujo de la CCCR, como parte de la circulación geostrofica asociada a la topografía de la termoclina, es fuerte todo el año.

Brenes *et al.* (2005) describen los resultados de uno de los pocos estudios sistemáticos realizados en

el área. El análisis de varios transectos perpendiculares a las costas de Costa Rica y Nicaragua revelan la CCCR fluyendo a 30 cm^{-1} en la superficie hasta 150 Km de la costa (transecto V) y hasta 300 km de la costa (transecto VII), hasta una profundidad de 200 m. Ambos transectos muestran un importante flujo subsuperficial hacia el norte, extendiéndose hasta una profundidad de más de 500 m en la parte externa de la CCCR, que podría ser evidencia del viraje hacia el norte del jet subsuperficial Tsuchiya (Kessler 2002, 2006). La identificación de un persistente giro anticiclónico frente al Golfo de Fonseca, confirmado por observaciones de teledetección de Ballesterio (datos no publicados), añade complejidad a la descripción de la CCCR.

e) La interacción entre el viento y el DCR

Wyrki (1964) detectó la baja temperatura superficial, bajo oxígeno y altos valores de salinidad y fosfato en el centro del DCR como una indicación del afloramiento de agua de la subtermoclina y predijo correctamente el debilitamiento del domo en primavera, cuyo la CCE se debilita en el este, pero descartó el efecto del viento local en la circulación y afloramiento en el domo. La suposición de Wyrki fue que la rápida rotación alrededor del domo, cuyo la CCE vira hacia el norte al llegar al borde continental formo la CCCR, era la causa del afloramiento. La magnitud del afloramiento estimado de esa forma era de 0.1 Sv , aproximadamente $1/30$ del valor aceptado en la actualidad (Kessler 2006). A continuación se discute la interacción entre el viento y el DCR.

La particular dinámica del viento en el PTE es la clave para entender la compleja estructura térmica de la región y la forma en que las corrientes zonales del Pacífico central son modificadas cerca del continente. En el Pacífico central los alisios convergen en una bien definida ZCIT, pero al este de 110° O y al norte del ecuador el campo de vientos está dominado por los jets de Centroamérica, que penetran en el PTE por lo menos 500 Km.

La intensidad del viento de los jets centroamericanos es máxima en su eje y decae hacia los flancos, en dirección perpendicular al eje. En consecuencia, el forzamiento del viento sobre la superficie del mar tiene una estructura bipolar: positiva a la izquierda del eje y negativa a la derecha del eje (miro en la dirección del viento). El resultado es bombeo de Ekman positivo a la izquierda (ascenso de la termoclina y flujo divergente en la superficie) y bombeo de Ekman negativo a la derecha del eje (descenso

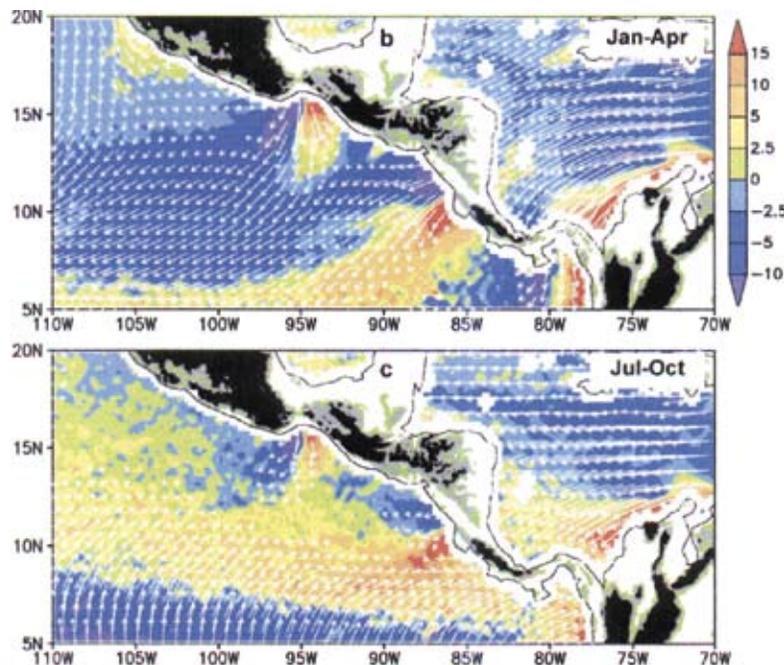


Figura 3.7. Esfuerzo del viento (vectores, $\text{m}^2 \text{s}^{-2}$) y velocidad de bombeo de Ekman ($\times 10^{-6} \text{ ms}^{-1}$) en invierno (enero-febrero, arriba) y verano (julio-octubre, abajo). Xie *et al.* 2005.

de la termoclina y flujo convergente en la superficie, dio lugar al remolino anticiclónico en el jet de Papagayo). La región de esfuerzo positivo en el flanco sur del jet de Papagayo (el jet de Papagayo tiene dirección del E principalmente y del NE) produce afloramiento especialmente intenso (10-20 m mes⁻¹, comparable al afloramiento ecuatorial) tanto durante la estación de Papagayos intensos como en el verano debido a que, además del transporte de Ekman hacia el norte debido al jet del E entre 10° y 11° N, en el sur del jet el transporte de Ekman es hacia el sur, a 6° -8° N, por la acción del viento del oeste cuyo la ZCIT se mueve hacia el norte. Como resultado de esta divergencia superficial la termoclina que se eleva reforzó el DCR a 9° N. La elevación de la termoclina en el DCR produce una circulación geostrofica tipo remolino en la superficie. Según los datos de Kessler (2006), debajo de la termoclina somera no se observa levantamiento de las isotermas en el domo (figura 3.5 a).

Ahora es posible analizar el ciclo anual del DCR (sección 3.3) descrito por Fiedler (2002). Discutiremos en particular las condiciones asociadas al pico de intensidad del jet de Papagayo (enero-abril) y al mínimo (julio-octubre), cuyo la ZCIT se encuentra bien establecida en su posición norte. La figura 3.7 describe los vectores de esfuerzo del viento sobre la superficie (flechas blancas) y la velocidad vertical de bombeo de Ekman, cuya escala tiene unidades de 10⁻⁶ ms⁻¹, calculada a partir del campo de viento. Nótese la estructura dipolar en los tres jets durante el invierno (enero-abril), con valores de la velocidad vertical de -10 x 10⁻⁶ ms⁻¹ en el lado anticiclónico y de 15 x 10⁻⁶ ms⁻¹ en lado ciclónico. Aunque la rapidez del viento en Papagayo decae a la mitad durante el verano, el afloramiento de Ekman es alto durante todo el año. En verano (julio-octubre) la masa de afloramiento desde la costa de Costa Rica se extiende hacia el oeste-noroeste, nuevamente con un máximo al sur de Papagayo. A pesar de que el viento en Papagayo es relativamente débil en verano, la interacción con el viento del SO en el flanco sur del jet produce un efecto de magnitud y dirección similar al valor encontrado durante enero-abril. En cambio, durante el verano, el lóbulo negativo en la velocidad de Ekman al norte del jet es muy débil, por lo cual no se esperan remolinos anticiclónicos en verano.

Los cálculos de Kessler (2002) muestran consistencia entre la topografía de la termoclina y el bombeo de Ekman. Los mapas climatológicos (figura 3.8) de temperatura superficial del mar (TSM, contornos blancos numerados en °C) y de profundidad de la termoclina (escala de colores en m) muestran una clara correlación con las masas de velocidad vertical de Ekman de la figura 3.7: termoclina somera en las zonas donde la succión es positiva y hundimiento de la termoclina donde la succión es negativa.

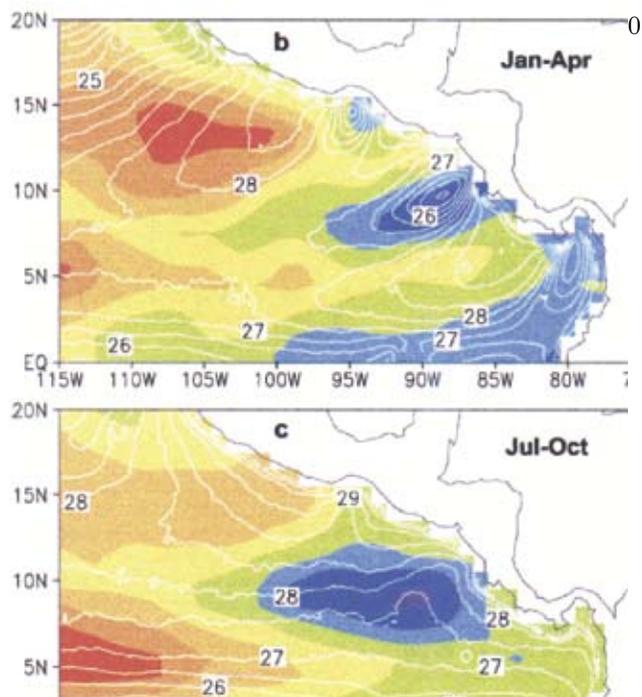


Figura 3.8. Climatología de TSM (contornos blancos, °C) y profundidad de la termoclina (escala de colores en m).

No obstante la discusión anterior, que demuestra la fuerte interacción entre el particular campo de viento en la región y el DCR, debe tenerse en cuenta que existen otros domos en zonas análogas del Atlántico y el Pacífico con circulación ciclónica asociada. En los domos del hemisferio norte (Costa Rica, Guinea, Mindanao) la circulación consiste de la CCE en el flanco sur, la CEN en el flanco norte, una corriente costera entre el domo y la costa y flujo de retorno en el lado opuesto. Aunque el DCR está fuertemente modulado por la particular dinámica de los jets de viento centroamericanos, la existencia de domos en el océano parece estar ligada a la circulación general del océano.

f) Efectos biológicos y biogeoquímicos

Las aguas del PTE se encuentran entre las más productivas del océano como resultado del afloramiento asociado a las corrientes de borde del este (Perú y California) y a las circulaciones oceánicas divergentes del ecuador y del levantamiento de la termoclina a 10 °N. El afloramiento a lo largo de 10 °N no parece alcanzar la superficie excepto al final del levantamiento de la termoclina en el DCR. Debido a la cercanía de la termoclina con la superficie, la advección y la mezcla turbulenta verticales mantienen elevadas concentraciones de nutrientes en la capa superior. La alta concentración superficial de nitratos (normalmente el nutriente en control del crecimiento del fitoplancton), ilustrada en la figura 3.9, mantiene altos niveles de producción nueva (Chavez y Barber 1987), aunque no suficientemente altos como para agotar el NO_3 superficial, por lo cual esta región se considera entre los sistemas conocidos como de alto contenido de nutrientes y baja clorofila (Fiedler y Philbrick 1991).

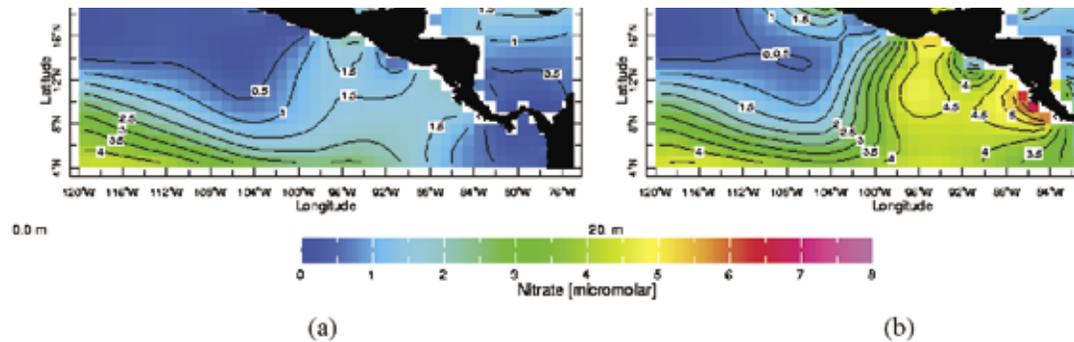


Figura 3.9. Concentración media climatológica de nitratos en la superficie (a) y a 20 m de profundidad (b), en $\mu\text{mol l}^{-1}$. Conkright *et al.* 2002.

Debe notarse sin embargo, que en la zona bajo la influencia de los chorros de Tehuantepec y Papagayo el nivel superficial de NO_3 (figura 3.9 a) es menor que en la masa del sistema ecuatorial, en tanto que a 20 m de profundidad la concentración es notablemente superior, particularmente en Papagayo y el DCR (figura 3.9 b). Esta particularidad sugiere que el factor que limita la producción nueva (y la absorción de NO_3) en la región es menos determinante en el agua influenciada directamente por los jets de viento, y la hipótesis más plausible es que un elemento limitante del crecimiento del fitoplancton, probablemente hierro, se encuentra presente en cantidades significativas en el polvo continental depositado en el agua por los jets. La hipótesis es reforzada al considerar el valor medio climatológico de la concentración de clorofila, un indicador de la productividad primaria, medida con el radiómetro SeaWiFS, a bordo del satélite polar OrbView-2. La figura 3.10 ilustra el ciclo anual del contenido de clorofila en la parte superior de la columna de agua, donde es evidente la consistencia con la evolución anual del DCR discutida en 3.3. Nótese en la figura 3.10 que la magnitud de la productividad primaria es claramente superior en el agua influenciada por los jets y en el DCR, que en la zona de afloramiento ecuatorial. Nótese también la variabilidad en la extensión y localización de la zona de alta productividad del DCR, cuya porción dentro de la zona económica exclusiva de Costa Rica es mínima durante la segunda mitad del año.

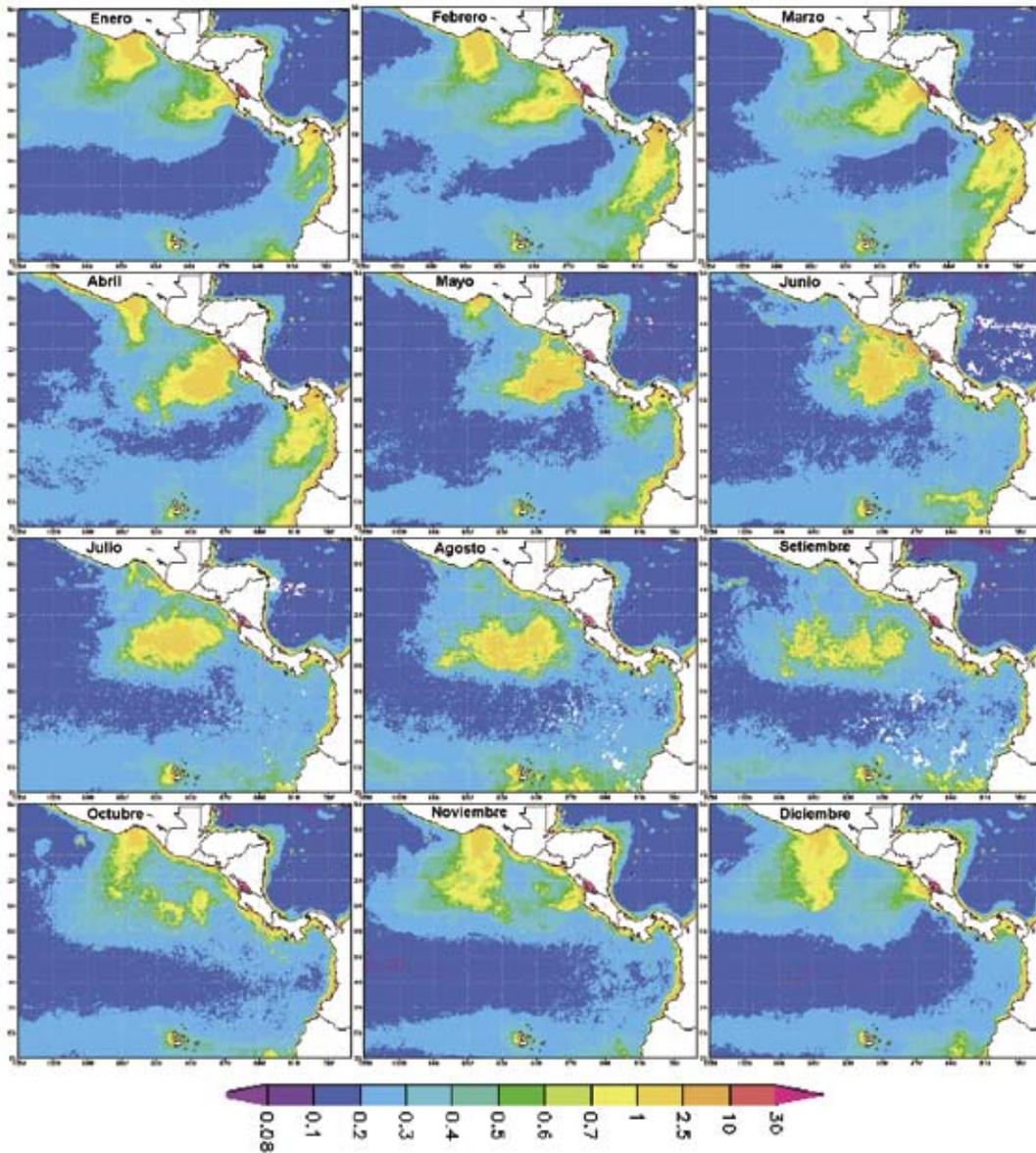


Figura 3.10. Climatología (1997-2005) mensual de concentración de clorofila (mg m^{-3}) derivada del radiómetro SeaWiFS. Imágenes producidas utilizando el GES-DISC Interactive Online Visualization and Analysis Infrastructure, Goddard Earth Sciences (GES) Data and Information Services Center (DISC), NASA.

La eficiencia de los ecosistemas del PTE, particularmente del DCR, para transmitir energía a los niveles tróficos superiores, es ilustrada en la figura 3.11, tomada de Fiedler (2002 a). La figura 3.11 (a) muestra la distribución de avistamientos de ballenas azules, asociadas a la abundancia de zooplancton en las aguas del DCR y la figura 3.11 (b) muestra la distribución de avistamientos de delfines comunes que se alimentan de pequeños peces pelágicos y calamares en y al este del DCR.

No menos importante que el impacto de estos sistemas en la biología regional es el impacto en el ciclo del carbono. La extensión espacial y la intensidad del afloramiento en el DCR y en los jets de América Central afectan el balance regional de intercambio de dióxido de carbono entre el océano y la atmósfera. Por un lado, la introducción de agua con altas concentraciones de CO_2 en la capa superficial, proveniente de debajo de la piconclina, actúa como una fuente del transporte del gas hacia la atmósfera. Por otro lado, la intensa actividad fotosintética asociada a la producción nueva en el agua aflorada actúa como un sumidero de CO_2 atmosférico. La evaluación del resultado neto de estos dos

procesos que actúan en sentidos opuestos requiere de la combinación de mediciones de la TSM y el contenido de clorofila obtenidos con radiómetros ópticos instalados en satélites, y modelos de productividad primaria que utilizan el contenido de clorofila en el agua y la radiación solar como insumos de cálculo.

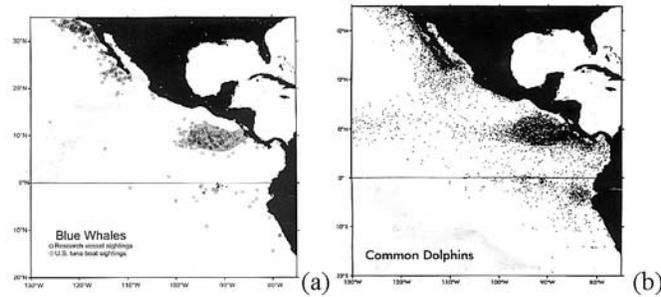


Figura 3.11. Avistamientos de ballenas azules (a) y de delfines comunes (b). (Fiedler 2002 a).

Referencias

- Amador, J.A. 1998. A Climatic Feature of the Tropical Americas: The Trade Wind Easterly Jet, *Tópicos Meteorológicos y Oceanogr.* 5 (2):91-102.
- Ballester, D. 1999. Remote sensing of vertically structured pigments, *Tópicos Meteorológicos y Oceanogr.* 6 (2):14-23.
- Ballester, D y E. Coen, 2004. Generation y propagation of anticyclonic rings in the Gulf of Papagayo, Costa Rica. *Int. J. Remote Sensing* 25 (1):1-8.
- Barton, E. D., M. L. Argote, J. Brown, P. M. Kosro, M. Lavin, J. M. Robles, R. L. Smith, A. Trasviña y H. S. Velez. 1993. Supersquirt: Dynamics of the Gulf of Tehuantepec, Mexico, *Oceanogr.* 6(1):23 - 30.
- Brenes, C.L., Lavin, M.F. y da Silveira Mascarenhas Jr., A. 2005. Geostrophic currents off the Pacific coast of Central America in September-October 1993, enviado a *Geophys. Res. Letters*.
- Carton, J., Chepurin, G., Cao, X. y Giese, B. 2000. A Simple Ocean Data Assimilation Analysis of the Global Upper Ocean 1950–95. Part I: Methodology. *J. Phy. Oceanogr.* 30 (2): 294–309.
- Chavez, F.P. y R.T. Barber. 1987. An estimate of new production in the Equatorial Pacific. *Deep Sea Res.* 34:1229-1243.
- Chelton, D.B., Freilich, M.H. y S.K. Esbensen, 2000. Satellite Observations of the Wind Jets off the Pacific Coast of Central America. Part II: Regional Relationships y Dynamical Considerations. *Mon. Wea. Rev.* 128:2019-2043.
- Clarke, A. J. 1988. Inertial wind path y sea surface temperature patterns near the Gulf of Tehuantepec y Gulf of Papagayo, *J. Geophys. Res.* 93(C12):15491-15501.
- Conkright, M.E., Levitus, S. y T. Boyer. 2002. *World Ocean Atlas 2001: Objective Analyses, Data Statistics, y Figures*, CD-ROM Documentation. National Oceanographic Data Center, Silver Spring, MD. 17 pp.
- Cromwell, T., Montgomery, R.B. y Stroup, E.D. 1954. Equatorial undercurrent in the Pacific Ocean revealed by new methods. *Sc.* 119:648-649.
- Fiedler, P.C. 1992. *Seasonal Climatologies y Variability of Eastern Tropical Pacific Surface Waters*, NOAA Technical Report NMFS 109:65.
- Fiedler, P.C. 2002 (a). The annual cycle y biological effects of the Costa Rica Dome, *Deep Sea Res. I.* 49:321-338.
- Fiedler, P.C. 2002 (b). Environmental change in the eastern tropical Pacific Ocean: review of ENSO y decadal variability. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 244:265-283.
- Fiedler, P.C. y V. Philbrick. 1991. Oceanic upwelling y productivity in the eastern tropical Pacific. *Limnol. Oceanogr.* 36 (8):1834-1850.
- Hansen, D.V. y G.A. Maul. 1991. Anticyclonic current rings in the eastern tropical Pacific Ocean. *J. Geophys. Res.* 96:6965-6979.
- Kessler, W.S. 2002. Mean Three-Dimensional Circulation in the Northeast Tropical Pacific. *J. Phy. Oceanogr.* 32:2457-2471.
- Kessler, W.S. 2006. The Circulation of the eastern tropical Pacific: A review. *Progress in Oceanogr.* 69 (2-4):181-217.
- Legeckis, R., 1988. Upwelling off the Gulfs of Panama y Papagayo in the tropical Pacific during March 1985. *J. Geophys. Res.* 93.

- Magaña, V., Amador, J.A. y S. Medina. 1999. The mid-summer drought over Mexico y Central America. *J. Climate*. 12:1577-1588.
- Martínez de León, A., Robinson, I., Ballester, D. y E. Coen, 1999. Wind driven ocean circulation features in the Gulf of Tehuantepec, México, revealed by combined SAR y SST satellite data. *Int. J. Remote Sensing* 20 (8):1661-1668.
- McCreary, J. P., H. S. Lee y D. B. Enfield. 1989. The response of the coastal ocean to strong offshore winds, with application to the Gulfs of Tehuantepec and Papagayo. *J. Mar. Res.* 47: 81-109.
- Müller-Karger, F.E. y C. Fuentes-Yaco. 2000. Characteristics of wind-generated rings in the eastern tropical Pacific Ocean. *J. Geophys. Res.* 105:1271-1284.
- Schultz, D. M., W. E. Bracken, L. F. Bosart, G. J. Hakim, M. A. Bedrick, M. J. Dickinson y K. R. Tyle. 1997. The 1993 superstorm cold surge: frontal structure, gap flow, y tropical impact. *Mon. Wea. Rev.* 125:5 - 39.
- Steenburg, W., Schultz, D. y Colle, B. 1998. The structure y evolution of gap outflow over the Gulf of Tehuantepec, México. *Mon. Wea. Rev.* 126:2673-2691.
- Stumpf, H. G. 1975. Satellite detection of upwelling in the Gulf of Tehuantepec, Mexico, *J. Phys. Oceanogr.* 5:383 - 388.
- Stumpf, H.G. y R. V. Legeckis. 1977. Satellite observations of mesoscale eddy dynamics in the eastern tropical Pacific Ocean, *J. Phys. Oceanogr.* 7:648-658.
- Tsuchiya, M., 1975. Subsurface countercurrents in the eastern equatorial Pacific Ocean. *J. Mar. Res.* 33:145-175.
- Wyrtki, K., 1964. Upwelling in the Costa Rica dome. *Fish. Bull. U.S.* 63:355-372.
- Wyrtki, K., 1965. Surface currents of the eastern tropical Pacific Ocean, *Inter-American Trop. Tuna Comm. Bull.* 9:271-304.
- Wyrtki, K. 1966. Oceanography of the eastern tropical Pacific Ocean, *Oceanography and Mar. Biol. Annu. Rev.* 4:33-68.
- Wyrtki, K., 1967. Circulation y water masses in the eastern equatorial Pacific Ocean. *Int. J. Oceanol. Limnol.* 1:117-147.
- Wyrtki, K., 1981. An estimate of equatorial upwelling in the Pacific, *J. Phys. Oceanogr.* 11: 1205-1214.
- Xie S.P., H. Xu., W.S. Kessler y M. Nonaka. 2005. Air-Sea Interaction over the Eastern Pacific Warm Pool: Gap Winds, Thermocline Dome, and Atmospheric Convection. *J. Climate.* 18(1): 5-18.

CAPITULO VII

ESPECIES

COMERCIALES I:

PECES

Mario Espinoza⁸ y Vanessa Nielsen

Resumen: Los ecosistemas marinos son de gran importancia en mantener la productividad de las pesquerías y otros recursos marinos. La producción continua de peces se traduce en una fuente confiable de alimento, pero también significa una fuente de empleo para todos aquellos que se relacionen con la industria pesquera. En algunos casos, la explotación ha sido tan intensa, que no habido tiempo para una recuperación natural de las poblaciones sobre-pescadas. Debido al aumento en la demanda del mercado mundial, principalmente con el incremento poblacional, las pesquerías, típicamente, no han sido manejadas de forma sostenible. La recuperación natural de las pesquería representan un proceso lento y costoso debido a 1) la continua extracción de peces, principalmente juveniles, para el comercio de acuario en diferentes regiones costeras, 2) las pesquerías comerciales extraen un alto porcentaje de especies que forman parte de la captura accidental o no dirigida, 3) otras especies podrían invadir el territorio de las especies sobre-explotadas, 4) además, la degradación y destrucción de los hábitats esenciales (e.g., sitios de reproducción y desove, zonas de crianza, áreas de alimentación y rutas migratorias), definitivamente afectará la sobrevivencia de las poblaciones adultas. La protección de hábitats críticos, mediante el desarrollo de Áreas Marinas Protegidas (AMP) en el territorio nacional, puede ser de vital importancia para el mantenimiento de las grandes pesquerías y prevenir la “extinción económica” de los principales recursos marinos de Costa Rica. Los manglares, estuarios, arrecifes coralinos, pastos marinos y montañas submarinas en regiones profundas, constituyen importantes zonas de crianza en el desarrollo de varias especies de interés comercial. Las fases larvales y juveniles constituyen etapas tempranas de gran importancia en el ciclo de vida de los peces. El monitoreo de los estados larvales

⁸ Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica 2060, San Pedro, San José, Costa Rica, marioespinoza@hotmail.com, vnielsen@cariari.ucr.ac.cr

es de gran importancia en la generación de información que apoye al manejo de las pesquerías, tanto en la región costera como en la zona pelágica, dentro de la Zona Económica Exclusiva (ZEE). Esta información permitirá la elaboración de proyecciones pesqueras, así como la detección y evaluación de los recursos marinos, estudios biológicos y sistemáticos, y estudios sobre la dinámica de las poblaciones de interés económico. En Costa Rica, actualmente se encuentran trabajando alrededor de seis tipos de pesquerías de tipo comercial y artesanal en pequeña y mediana escala. La costa Pacífica, históricamente ha sido uno de los sitios con mayor intensidad de pesca, y constituye una de las mayores actividades económicas para las comunidades costeras del país. La pesquería marina de mayor importancia en Costa Rica es la de especies demersales y pelágicas capturadas por la flota avanzada, la del camarón capturada por la flota de arrastre y la de la sardina capturada por la flota bolichera. La falta de una legislación pesquera moderna sin duda constituye una gran debilidad que se traduce en serios problemas en el manejo de las pesquerías que están siendo sobre-explotadas. En conclusión el estado de los recursos pesqueros del país continúa siendo bastante crítico. La mayoría de las especies capturadas sobrepasan el punto de máximo rendimiento sostenible y algunas presentan sobre-explotación en crecimiento, mientras que otras sobre-explotación durante el reclutamiento. La situación en cuanto a la utilización de los recursos pesqueros es compleja, por sus relaciones sociales, económicas, institucionales y ecológicas. Se requieren medidas drásticas de reducción del esfuerzo de pesca que deben estar entre los valores de 20 y 50% según la especie explotada. Además se recomienda el estudio e identificación de sitios de reproducción y desove para las principales especies de peces comerciales, tanto en la región costera como en la zona pelágica. El fortalecimiento y desarrollo de planes reguladores y de manejo para las especies comerciales podrán garantizar el uso sostenible de los recursos marinos y el mejoramiento de la calidad de vida de las comunidades costeras.

Situación de los Recursos Marinos

Los ecosistemas marinos son muy importantes en mantener la productividad de las pesquerías y el desarrollo de una gran cantidad de recursos marinos. Algunos de los ecosistemas marinos de mayor productividad (e.g. arrecifes coralinos, pastos marinos, manglares y estuarios) proporcionan una gran cantidad de recursos para el sustento de las poblaciones humanas. La producción continua de peces se traduce en una fuente confiable de alimento, pero también significa una fuente de empleo para todos aquellos que realicen actividades en torno al mar (Salm y Clark 2000).

En muchas partes del mundo, el alimento proveniente de los océanos, es fuente de proteína, principalmente para los habitantes de la región costera. En África y en el Caribe, las comunidades locales que viven de la pesca artesanal, han ocasionado un gran impacto sobre las diferentes especies comerciales, principalmente los grandes depredadores como pargos, meros y cabrillas (Russ y Alcalá 2004; Hawkins y Roberts 2004). En algunos casos, la explotación ha sido tan intensa, que no han permitido la recuperación natural de las especies explotadas (Vásquez y Araya 2005). Debido al aumento en la demanda de recursos marinos, principalmente debido al incremento de la población mundial, las pesquerías, no han sido desarrolladas de forma sostenible. La contribución de proteínas también ha disminuido y es de esperar que continúe disminuyendo (Salm y Clark 2000).

La constante presión pesquera imposibilita la recuperación natural de las poblaciones de peces y otros recursos de gran valor económico y comercial, que han sido completamente explotadas hasta su reducción (Chacón *et al.* 2004). Algunas de las principales razones que limitan la recuperación de las pesquerías se resumen a continuación: 1) la extracción de los estadios juveniles de peces representa una importante actividad económica que ha afectado el equilibrio de las poblaciones naturales, 2) la captura accidental o no dirigida (“bycatch”) representa un alto porcentaje en la capturas de la flota pesquera, 3) se podría dar un desplazamiento de las especies explotadas, impidiéndoles volver si ocurriera una recuperación de la población, 4) la degradación y destrucción de hábitats esenciales en el desarrollo (e.g., sitios de reproducción y desove, zonas de crianza, áreas de alimentación y rutas migratorias) definitivamente tendrán un efecto en la sobrevivencia de las poblaciones adultas (Salm y Clark 2000).

De acuerdo a Salm y Clark (2000), la protección de hábitats críticos puede ser de vital importancia para mantener una pesquería. Además el continuo reclutamiento de las especies comerciales podrá prevenir la “extinción económica” a la que se enfrentan las comunidades costeras. La expectativa principal de las reservas marinas es que podrán mantener segmentos de la población y ecosistemas en su estado natural (Russ y Alcalá 2004). En el caso de poblaciones explotadas, la protección de sitios de

desove tendría un efecto positivo sobre la exportación neta de adultos, que podrían sustentar e incluso aumentar la pesca en las zonas externas a las reservas marinas (Russ 2002).

A. Desarrollo Larval de Peces

Las fases larvales y juveniles constituyen etapas tempranas de gran importancia en el ciclo de vida de los peces, debido a la gran movilidad y amplia distribución que presentan. Cuando las larvas crecen lo suficiente, los nuevos reclutas se integran a la población adulta, colonizando nuevos ambientes disponibles (Molina 1996, Dominici *et al.* 2000, Dethier *et al.* 2003). Estos estados tempranos tienen un período crítico y susceptible a ciertos factores bióticos y abióticos que reducen su sobrevivencia, como es la depredación, disponibilidad de alimento y espacio, la variabilidad ambiental, contaminación, fragmentación del hábitat, etc. (Ramírez *et al.* 1990; Chicas 2001).

El monitoreo de los estados larvales puede generar información necesaria que apoye al manejo de las pesquerías costeras y pelágicas dentro de la ZEE de Costa Rica. Estos programas de monitoreo de larvas podrían ser utilizados para la elaboración de proyecciones pesqueras, que permitan la detección y evaluación de recursos marinos, promuevan estudios biológicos y sistemáticos de los distintos grupos, además del estudio de la dinámica poblacional (D`Croze y Kwiencinski 1980).

Los manglares tienen una importante función en el desarrollo de varios grupos comerciales. Además ser un ecosistema altamente productivo, son muy importantes económicamente, pues se estima que alrededor del 10% lo conforma la biomasa de peces, crustáceos y moluscos de interés comercial. También funcionan como importantes zonas de crianza para muchas de las especies comerciales de peces, crustáceos y moluscos (Bartels y Price 1983, Rojas *et al.* 1994, Ramírez *et al.* 1990, Rojas *et al.* 1994, Dominici *et al.* 2000, Chicas 2001). Varios organismos estuarinos, cuyo fase larval ocurre en el océano, ingresan al estuario al completar su desarrollo, debido a la abundancia de alimento y refugio contra depredadores (Ramírez *et al.* 1990; Rojas *et al.* 1994; Chicas 2001).

El estudio de la ictiofauna (fases larvales y adultos de peces) es fundamental para poder establecer relaciones tróficas, identificar las etapas tempranas de especies comerciales, identificar y proteger las zonas de crianza, además de facilitar la estimación de parámetros biológicos como el crecimiento, mortalidad y reclutamiento de los peces juveniles a las poblaciones adultas. Esta información constituye la base para el ordenamiento y la elaboración de estrategias de manejo y conservación de los recursos pesqueros (Rojas *et al.* 1994).

B. Actividad Pesquera en Costa Rica

Históricamente la costa Pacífica de Costa Rica ha sido uno de los sitios con mayor intensidad de pesca, y actualmente, la pesca constituye una de las mayores actividades económicas para las comunidades costeras del país (Cuadro 1, Fig. 1). Además, la creciente actividad acuícola en el país empieza a consolidarse, y cada vez más, el cultivo de especies marinas como peces, camarones y moluscos podrían ser una opción importante para el futuro del país (Cuadro 2). El sector pesquero costarricense también ha contribuido de manera importante a la generación de proteína animal de alta calidad para el consumo humano en el país, a la exportación de productos marinos que proveen de divisas, como fuente generadora de empleo, generalmente en áreas deprimidas social y económicamente, contribuyendo así al desarrollo rural y al mantenimiento de la paz social (Cuadro 3, Cuadro 4).

El mantenimiento y fortalecimiento de la pesca artesanal a pequeña escala (Cuadro 5), ha sido prioridad para el estado, aunque con muchas dificultades por la falta de una legislación moderna que permita el ordenamiento de las pesquerías, incluyendo por supuesto medidas de protección a los recursos marinos (Vásquez *et al.* 2004, Chacón *et al.* 2004). Las pesquerías de mayor importancia en Costa Rica son la de especies demersales y pelágicas capturadas por la flota artesanal en pequeña escala (Cuadro 5), la del camarón capturada por la flota de arrastre y la de la sardina capturada por la flota bolichera (Cuadro 8; FAO 2004). Actualmente estas pesquerías han producido una reducción acelerada de los recursos pesqueros debido a la creciente demanda en el mercado mundial (FAO 1994).

En la costa pacífica de Costa Rica existen 5 zonas de desembarque de productos pesqueros. Entre ellos, se encuentran: Cuajiniquíl, Playas del Coco, Puntarenas, Quepos y Golfito. En el Caribe existen dos sitios principales de desembarque, Barra del Colorado y Puerto Limón (INCOPECSA 2002; Cuadro 6 y Cuadro 7).

1. Regulación de la Pesquería

Los principales medios que regulan la observancia de la pesquería en Costa Rica son el Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura (INCOPESCA) y Servicio Nacional de Guardacostas. Al INCOPESCA se le otorgó la facultad de normar el aprovechamiento racional de los recursos pesqueros, con el fin de lograr un mayor rendimiento económico, así como la protección de las especies marinas, el control de la pesca y la caza y dictar las medidas tendientes a la conservación y desarrollo de la flora y fauna marinas, constituyendo éste en uno de los principales objetivos para la ordenación de este tipo de pesquerías. Esta institución ha procurado el desarrollo sostenible de las actividades de pesca extractiva comercial (Vásquez y Araya 2005) y recreativa, así como el desarrollo de la acuicultura como alternativa para el mercado nacional e internacional. Esta actividad, además de generar empleos y reducir la presión pesquera, ha generado una gran cantidad de divisas para el país (INCOPESCA 2005, Cuadro 2). El Servicio Nacional de Guardacostas se encarga de la pesca ilegal en todo sus componentes (embarcaciones sin licencia, artes de pesca no autorizadas, zonas de veda, pesca en la desembocadura de los ríos, tala de manglares, violación a las disposiciones técnicas de las licencias de pesca, relleno de humedales, contaminación, pesca en zonas protegidas, pesca de especies protegidas, etc.).

El INCOPESCA cuenta con oficinas en los principales puertos de desembarques de tiburón, específicamente en Playas del Coco, Puntarenas, Quepos, Golfito y Limón. Por otro lado el Servicio Nacional de Guardacostas cuenta con una Dirección General en San José, además de 6 Estaciones de Guardacostas: 2 en el Mar Caribe (Limón y Barra del Colorado) y 4 en el Océano Pacífico (Puntarenas, Quepos, Limón y Flamingo), y una Academia de Guardacostas en Golfito. Cada Estación de Guardacostas cuenta con una Unidad Ambiental, cuya función es el desarrollo operativo y la protección de los recursos marinos y costeros en aguas Jurisdiccionales de Costa Rica. En lo que a medios se refiere no se cuenta con el suficiente personal para desarrollar labores de control y vigilancia en tierra y en el mar. La flota vehicular en general se encuentra en buen estado, sin embargo, la disponibilidad de embarcaciones es insuficiente y la existente permite únicamente labores de inspección en áreas próximas a la región costera.

2. Marcos Jurídicos Generales

La administración de los recursos pesqueros marinos costarricenses está basada en varias leyes, reglamentos, decretos ejecutivos y acuerdos de la Junta Directiva del INCOPESCA. La Ley de Caza y Pesca Marítimas de 1948 es la principal ley en la cual esta basada los sistemas de ordenación de los recursos pesqueros costarricenses. Una debilidad fundamental de este marco jurídico es que la Sala Constitucional declaró inconstitucional el Artículo 30 que versa sobre sanciones, por lo que en año 1998 se presentó un Proyecto de Ley modificando sustancialmente la ley antes citada. Este Proyecto de Ley todavía se encuentra en la corriente legislativa. En la Ley 6267 conocida como Ley Ferreto y en la Ley de Creación del INCOPESCA se regula todo lo referente a la venta de licencias para la pesca del atún con redes de cerco a naves extranjeras. La legislación pesquera costarricense prohíbe el otorgamiento de licencias a naves extranjeras para la participación en cualquier otro tipo de pesquería.

Mediante la promulgación de decretos ejecutivos que son firmados por el Presidente de la República y el Ministro de Agricultura, como rector del sector agropecuario y de acuerdos de Junta Directiva del INCOPESCA se establecen regulaciones específicas para el manejo de las pesquerías tales como la cantidad y tamaño de las naves permitidas en una pesquería, potencia de los motores, prohibiciones espacio-temporales para la pesca, limitaciones en el uso de artes y sistemas de pesca, etc. Un ejemplo de las regulaciones pesqueras emitidas mediante el decreto ejecutivo, es el uso exclusivo del Mar Territorial en el Caribe para la flota artesanal en pequeña escala.

En 1998 Costa Rica, por Acuerdo de la Junta Directiva del INCOPESCA, adoptó el Código de Conducta Responsable de la FAO (FAO 1995), y en el año 1999 Costa Rica ratificó el Acuerdo Internacional de Conservación de Delfines, en el que debe controlar la pesca incidental que podría atentar contra organismos marinos como delfines y tortugas marinas.

En Diciembre del 2000 la Asamblea Legislativa aprobó la adhesión de Costa Rica al Acuerdo sobre la Aplicación de las Disposiciones de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar relativas a la Conservación y Ordenación de las Poblaciones de Peces Transzonales y Altamente Migratorias. Además, en Costa Rica existen varias zonas costero-marinas que han sido catalogadas como áreas protegidas. Entre ellas se encuentran los parques nacionales y refugios de vida silvestre, establecidos

principalmente para la protección de especies terrestres y marinas. Estas áreas de conservación están bajo la responsabilidad del Ministerio del Ambiente Energía y Minas (MINAE), y se rigen principalmente por la Ley de Parques Nacionales, Ley de Conservación de la Vida Silvestre y por la Ley de Biodiversidad. En cuanto a la pesca continental que también está bajo el dominio del MINAE, la Ley de Conservación de la Vida Silvestre es el principal marco jurídico, para el aprovechamiento y conservación de los recursos.

C. Sistemas de Ordenación Pesquera

En Costa Rica, actualmente se encuentran trabajando alrededor de seis tipos de pesquerías, de las cuales cuatro son de índole comercial y dos son pesquerías artesanales en pequeña escala. De estas últimas la más importante se encuentra en el Pacífico y la de menor tamaño en el Caribe (Cuadro 1, Fig. 1). Existen diversos grados de ordenación para las diferentes pesquerías (OLDOPESCA-BID 2002). La falta de una legislación pesquera moderna que contenga mecanismos para hacer cumplir judicialmente las regulaciones o medidas de ordenamiento (FAO 1994), sin duda constituye una gran debilidad que se traduce en serios problemas en el manejo de las pesquerías que está causando la sobreexplotación de muchas especies marinas (FAO 1995).

1. Pesquería de Atún con redes de cerco por naves extranjeras

Costa Rica no posee una flota propia de naves atuneras por lo que ha desarrollado un sistema de venta de licencias. Mediante este sistema, naves de varios países operan fuera del Mar Territorial siguiendo las regulaciones adoptadas por los países dentro de la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT), sobre todo en cuanto a conservación de delfines se refiere y a los sistemas de veda (FAO 2004). La mayoría del producto capturado por las naves extranjeras se desembarca en Costa Rica y es utilizado para la producción de lomos precocidos congelados que son exportados, y para conservas de consumo local y de exportación (INCOPESCA 2002, Cuadro 9).

El INCOPESCA ha prohibido la utilización de objetos flotantes artificiales denominados comúnmente “plantados”, por ser este un sistema de pesca que afecta seriamente a otras especies tales como dorados, tiburones pelágicos y atunes juveniles (FAO 1994). Las naves extranjeras que deseen pescar con licencia de Costa Rica, dentro de su ZEE deben participar de los programas de conservación propuestos en el marco de la CIAT (OLDOPESCA-BID 2002). La capacidad de almacenaje de esta pesquería se encuentra limitada por la CIAT, asimismo se han prohibido los descartes y se han establecido períodos de veda que varían año con año dependiendo del nivel de capturas de toda la flota que pesca en el Océano Pacífico Oriental Tropical (FAO 1994). La capacidad máxima de almacenaje de las naves individualmente también se ha limitado (INCOPESCA 2002).

La información estadística y científica de esta pesquería es recolectada por observadores que viajan a bordo de las naves de mayor tamaño, debidamente acreditados por la CIAT y por algunos gobiernos que tienen programas específicos para ese efecto. Esta es sin lugar a dudas una de las pesquerías con los mejores sistemas de ordenación a nivel mundial (FAO 2005).

2. Pesquería de grandes pelágicos con la flota palangrera

Costa Rica ha desarrollado una importante flota palangrera que consta de 588 naves y opera dependiendo del tamaño de las embarcaciones en el Mar Territorial, en la ZEE y fuera de esta. En el 2002 desembarcaron 17310 toneladas métricas (INCOPESCA 2002). Los recursos pesqueros a los que se dirige esta pesquería son, principalmente, atunes, pez espada, marlin, pez vela, dorado y tiburones (Cuadro 1).

La CIAT también ha iniciado el proceso de recolección de información estadística de desembarques pesqueros, a nivel regional, con el fin de establecer programas de ordenamiento y manejo a mediano plazo (FAO 2005). Es evidente que los recursos atuneros que captura esta flota son los mismos de la flota de cerco, por lo que se busca que las medidas de ordenación sean tomadas integralmente por ambas (FAO 1994).

Con la entrada y desembarque de tiburones y sus aletas, por parte de embarcaciones extranjeras, en el año 2001 el INCOPESCA adoptó el Acuerdo No.A.J.D.I.P./047-2001, mediante el cual se establecieron una serie de disposiciones obligatorias para la explotación y aprovechamiento de esos recursos. No obstante, dicha normativa debió ser actualizada y ello llevó la adopción del Acuerdo

No.A.J.D.I.P./415-2003. Paralelamente, se estableció un Convenio de Cooperación que permitió implementar un Sistema de Regencias Pesqueras con el Colegio de Biólogos de Costa Rica, propiciándose de esta manera un mayor y más efectivo control sobre los desembarques del recurso. Sin embargo, dicho acuerdo (Acuerdo No.A.J.D.I.P./415-2003) generó mucha polémica en cuanto a la conservación del recurso tiburón en el país (PRETOMA 2005), debido principalmente a que permitía que las descargas de tiburones provinieran con las aletas no adheridas al cuerpo (Segura y Mug 2003). Actualmente con la aprobación de la Ley de Pesca y Acuicultura se estableció la obligatoriedad del desembarque de las aletas de tiburón adherida a sus respectivos cuerpos. Máxime que nuestro país oficializó la aplicación obligatoria del Código de Conducta de Pesca Responsable de la FAO (FAO 1995), en el cual se establecen los principios y regulaciones para garantizar a las futuras generaciones, el aprovechamiento, conservación y protección de los recursos pesqueros.

3. Pesquería de sardina con embarcaciones bolicheras

En la pesquería de sardina participan en la actualidad solamente dos barcos. En el 2002 estos dos barcos desembarcaron 3110 toneladas métricas de producto (Cuadro 1, FAO 2004). La pesquería de la sardina ocurre cerca de la costa, sobre todo en la parte externa y media del Golfo de Nicoya, aunque se ha determinado que existen recursos en la zona norte y la zona sur del país en donde hoy en día no se pesca en gran escala, excepto con pequeñas embarcaciones artesanales que usan el producto para carnada. Esta pesquería no ha estado sujeta a vedas. El INCOPELCA (2005) posee registros estadísticos de desembarque de varios años de esta pesquería que indican una relativa estabilidad, después de que en la década de los 70 se produjo una reducción drástica de las poblaciones, producto de un exceso de capacidad pesquera.

4. Pesquería de especies demersales y pelágicas en el Pacífico

Esta pesquería multiespecífica y de enorme biodiversidad es la de mayor importancia social, ya que involucra a más de 4000 participantes directos con unas 2421 embarcaciones que desembarcaron 3177 toneladas métricas en el año 2002 (INCOPELCA 2002, FAO 2004). Las poblaciones de peces, moluscos y crustáceos, objeto de esta pesquería están en su gran mayoría, en niveles máximos de explotación o sobre explotadas (Cuadro 1). Las regulaciones de ordenamiento que se han tomado, sobre todo en el establecimiento de vedas y de artes de pesca permisibles no han tenido ningún efecto.

5. Pesquería de especies demersales y pelágicas en el Caribe

Esta pequeña pesquería es multiespecífica pero en mucho menor grado a la que se da en el Pacífico y esta restringida al Mar Territorial sobre todo en la zona estrictamente cercana a la costa. De las especies objeto de esta pesquería, la de mayor valor económico es la pesquería de la langosta espinosa, cuyas características migratorias hacen que sus capturas sean muy poco predecibles, dependiendo de su explotación en países como Nicaragua y Honduras (Umaña y Chacón 1994; Gonzáles 2005).

Un grupo de especies de gran importancia en el Caribe lo constituyen la calva o róbalo, siendo uno de los grupos de peces más importantes, debido a que entra del mar por las desembocaduras de los ríos Parismina, Tortuguero y en mayor abundancia por el río Colorado, que es parte del delta del río San Juan, en Caribe de Costa Rica (Caldwell 1963). Esta especie que también es de suma importancia en las pesquerías deportivas sobre todo en Barra del Colorado ha sufrido una gran presión por parte de la comunidad de pescadores artesanales que utilizan trasmallos en las desembocaduras de los ríos (Hubert Araya com. pers.).

Otras especies que se capturan en el Caribe lo constituyen los “pargos”, los tiburones, la “macarela”, el “Kingfish” y algunas especies de camarones, estas últimas pescadas con pequeñas redes de arrastre por el fondo desde botes artesanales con motores fuera de borda. El número de participantes en esta pesquería llegó a ser de 684 en el 2002, que faenaron en 228 embarcaciones tipo bote o cayuco, y desembarcaron alrededor de 622.4 toneladas métricas (INCOPELCA 2002, FAO 2004).

6. Pesca deportiva

La administración sostenible de especies pelágicas de gran atractivo para las actividades de pesca deportiva (e.g. pez vela, pez espada, dorados, atunes) debe ser una prioridad a corto plazo ya que estas especies son también objetivo de la pesca con palangre y pesca de cerco en la ZEE de Costa Rica, y

generan importantes sumas de divisas a varios países de la región. Para reducir las controversias que se han venido presentando entre la pesca con palangre y la pesca recreativa en cuanto a la utilización de los picudos se refiere, especialmente con el pez vela (Fig. 2), la administración pesquera costarricense a iniciado un proceso de concertación con ambos grupos para el establecimiento de un sistema de áreas reservadas para la pesca deportiva en épocas definidas (FAO 1994).

Es fundamental que este proceso continúe, debido a que cada día aumenta la demanda por productos como el pez vela, que antes prácticamente no se consumía y que por ende tenía un bajo precio. La presión de pesca seguirá aumentando y se dirigirá a la captura de esta especie, que es muy abundante en ciertas partes del Pacífico costarricense, en determinadas épocas del año (FAO 2004). Un aumento incontrolado de las capturas de pez vela podría afectar, a corto plazo, la pesca recreativa con el consecuente perjuicio económico para el país.

Los esfuerzos que Costa Rica está haciendo para establecer zonas exclusivas para la pesca deportiva no son suficientes para garantizar esta actividad, que genera sumas millonarias de dólares al país ya que existe la tendencia de que estas especies altamente migratorias sean sujetas a la pesca multiespecífica en toda la región, sobre todo por el movimiento de flotas de aguas distantes que se está produciendo (FAO 1994). Para lograr entonces una pesquería sostenible de estos recursos, es importante el establecimiento de planes regionales de manejo, dentro del marco de la CIAT (FAO 2005).

D. Regiones de Pesca

Golfo de Nicoya

El Golfo de Nicoya es considerado un estuario tropical (Peterson 1960), sujeto a cambios estacionales determinados por variaciones en el régimen climático. En general, el fondo del Golfo de Nicoya es blando, principalmente de arena y lodo, con áreas de abundancia en conchas, relacionado con la historia geológica del estuario (León 1973). En casi toda la línea costera se encuentran esteros con abundante vegetación de manglar (Peterson 1960), importantes como criaderos naturales de peces, moluscos y crustáceos, y también como zonas de refugio, reproducción y hábitats de muchas especies. Las características particulares del Golfo han permitido el gran impulso que se le ha dado a la explotación de los recursos pesqueros existentes (Cuadro 1, Fig. 3). Es por esto que es necesaria la elaboración de estudios que permitan monitorear las poblaciones de peces dentro del golfo, estudiar la ecología y hábitos alimenticios, distribución, importancia económica y otros aspectos que pueden ser utilizados para el mejoramiento de las pesquerías, y evaluar los recursos explotados por las pesquerías existentes (Araya 1984).

Las aguas del Golfo de Nicoya incluyen un elevado número de especies de peces de considerable valor económico, que constituyen un recurso potencial o simplemente son especies que cumplen una función ecológica dentro de las cadenas tróficas marinas. Estas especies son el objetivo de la pesquería artesanal y en parte semi-industrial de la región (Araya 1984). Es evidente que en la parte interior del Golfo domina una familia de peces de gran importancia económica para las comunidades costeras de Puntarenas, la familia Scianidae (las corvinas), especialmente dominante en cuanto a la abundancia, biomasa y diversidad (Araya 1984, Bussing y López 1993, Rojas *et al.* 1994, Rojas *et al.* 2005). Otras familias de peces de interés comercial son los pargos, róbalo y júreles, que también son muy abundantes en el Golfo de Nicoya (Bussing y López 1993, Rojas 1997a, Rojas 1997b, Boza *et al.* 2005).

El predominio de las corvinas en el Golfo de Nicoya puede explicarse, al menos en parte, por dos razones. En primer lugar, presentan una amplia tolerancia hacia la salinidad (Araya 1984). En segundo lugar, la gran diversidad de corvinas, tal vez sea el resultado de la saturación de un tipo de ambiente que, por sus condiciones, está limitado por muchas especies marinas, y que permite a las especies que puedan tolerar y adaptarse al ambiente, establecerse y diversificarse (León 1973).

Otros peces, principalmente peces cartilaginosos, como tiburones y rayas no encuentran barreras tan marcadas en los estuarios, debido a la existencia de mecanismos fisiológicos que les permiten concentrar úrea en la sangre para igualar la concentración iónica del medio (Simpfendorfer y Millard. 1993, Bussing 1998). Es por esto que los estuarios de Costa Rica, como el del Golfo de Nicoya, considerado uno de los más grandes en la costa Pacífica de América Central, tiene una gran importancia como potencial zona de crianza para tiburones y rayas (Erdman 1971), que representan recursos de gran valor comercial. Sin embargo la pesca desmedida y destrucción de los hábitats han producido una reducción en las poblaciones de tiburones juveniles o adultos no reproductivos que repercutirá en las poblaciones adultas.

Golfo Dulce

Las actividades pesqueras en el Golfo Dulce son artesanales, y las descargas totales sólo representan el 3% de la captura de Costa Rica, sin embargo muchos de los peces grandes han sido sobre pescados (Campos 1989). No obstante, el Golfo Dulce se mantiene como un estuario relativamente libre de disturbios, con características geográficas, oceanográficas y ecológicas particulares.

Wolf y colaboradores (1996) estudiaron el funcionamiento del Golfo Dulce y encontraron que se comporta diferente a la mayoría de los ecosistemas costeros tropicales, debido a que está dominado por el flujo de biomasa y energía dentro del grupo de peces pelágicos y se asemeja más a un sistema oceánico abierto que a uno estuarino. Debido a su baja biomasa béntica y baja productividad general, no parece haber potencial para un desarrollo de la pesquería demersal y semidemersal dentro del Golfo. Un aumento de la presión de pesca pelágica amenazaría gravemente las poblaciones de depredadores residentes como delfines, tiburones y aves grandes, de gran interés para la conservación y ecoturismo costero (Wolf *et al.* 1996).

Caribe

La pesquería del litoral Caribe de Costa Rica, está dirigida principalmente a la pesca de especies demersales costeras y pelágicas de la plataforma (Mug 2000). Las zonas de pesca son limitadas debido a la poca extensión de la línea costera y a la menor área que presenta la Zona Económica Exclusiva, la cual a partir de la promulgación de la Ley de Pesca y Acuicultura fue reducida considerablemente ante la existencia de los Parques Nacionales Tortuguero y Cahuita. El tipo de embarcación más utilizado es el bote o panga construidos a base de fibra de vidrio, con aproximadamente 8 metros de eslora, y propulsadas por uno o dos motores fuera de borda (PROAMBIENTE 1999). Estas embarcaciones se prefieren debido a que la costa no presenta caletas naturales y esta expuesta al mar de leva. De hecho la temporada fuerte de pesca de langosta en los meses de Noviembre a Diciembre, y entre Febrero a Marzo, épocas en donde el mar presenta condiciones extremas.

Las especies mayormente capturadas en el Caribe de Costa Rica son la langosta, los peces óseos y en menor grado camarones y tiburones. De acuerdo con los desembarques reportados entre 1990 y 1997, las especies de tiburones alcanzan alrededor de las 18 toneladas métricas anuales y representan el 5% de las capturas totales obtenidas en ese litoral (Mug 2000, INCOPESCA 2005, ANEXO). La pesquería en el Caribe cuenta con varios tipos de artes de pesca dependiendo del estado del mar, del recurso, del tamaño de la embarcación y de la disponibilidad económica. Algunas de las artes de pesca más utilizadas son las redes agalleras para la pesca de langosta, redes de arrastre para la pesca de camarón, y líneas o palangres de fondo para la pesca de peces demersales, en donde han sido comunes los reportes de capturas de tiburón. La pesca con red de arrastre en el Caribe es de tipo artesanal, en embarcaciones con motores fuera de borda y en muy pocos casos motores estacionarios. La captura de tiburones en este tipo de arrastres es poco frecuente (Mug 2000).

D. Identificación de Agregaciones de Desove

Las agregaciones de desove son hábitats específicos, en donde los peces se reúnen durante la reproducción. La identificación de las agregaciones de desove, económica y biológicamente, será de gran utilidad establecer zonas claves para protección de adultos reproductivos de varias de las especies comerciales importantes para la economía del país (Baltz y Campos 1996). Varios peces producen sonidos que pueden ser utilizados para atraer a las hembras y así formar estas agregaciones de desove. Baltz y Campos (1996) identificaron y caracterizaron las agregaciones de desove en una especie de corvina de interés comercial en el Golfo de Nicoya, y encontraron que algunas especies de corvina macho producen sonidos para atraer a las hembras, y que las agregaciones son más comunes en zonas profundas. Además las agregaciones de desove dependen de factores como la marea y la hora del día. Sin embargo, es necesario aumentar la investigación en este campo, que podría aportar mayor información relevante para las pesquerías. En los peces de arrecife, estas agregaciones de desove se encuentran principalmente en los bordes de los arrecifes (Coleman *et al.* 1996, Beets y Friedlander 1999, Johannes *et al.* 1999). También se han estudiado las estaciones de desove para varias especies comerciales como las sardinas y anchoas en zona pelágica. La mayoría de las estaciones de desove fueron identificadas en regiones de afloramiento en donde se producen cambios intensos en la temperatura del agua (Belda-Lluch *et al.* 1991)

E. Peces de Arrecife

Los arrecifes coralinos son sistemas que presentan una gran complejidad y heterogeneidad estructural y funcionan como hábitat para diversas comunidades de peces. Las diferencias en la composición de especies de un lugar a otro, inclusive en pequeñas áreas del arrecife, se pueden explicar por pequeñas diferencias en la estructura del sistema, que influyen en la colonización de diferentes especies adaptadas a sistemas similares (Ormond y Roberts 1997, Almany 2004). Las comunidades de peces de arrecife han sido ampliamente estudiadas en las regiones tropicales, principalmente en el Caribe e Indopacífico (Aburto-Oropeza y Balart 2001; Ferreira *et al.* 2001, Floeter *et al.* 2004).

Pacífico

Los estudios acerca de las comunidades de peces de arrecife en el Pacífico Oriental, y específicamente en Costa Rica, han sido pocos (Phillips y Pérez 1984, Dominici 1996, Tilman 2001, Dominici *et al.* 2003, Espinoza y Salas 2005), sin embargo se ha encontrado que Costa Rica posee una importante diversidad. En la región del Golfo Dulce los arrecifes de coral se enfrentan a problemas de sedimentación y contaminación costera (Cortés 1990, Cortés 1992a), por lo tanto las comunidades de peces de arrecife no son tan complejas como las del Pacífico Norte de Costa Rica. En algunas zonas del Pacífico, como el Golfo de Papagayo, la Isla del Caño, las Islas Murciélagos y las Islas Catalinas, se ha observado una gran complejidad en las comunidades de peces de arrecife. Según Espinoza y Salas (2005), la cobertura de coral no es el único factor de importancia en la diversidad de peces de arrecife. En las Islas Catalina, ubicadas en el Pacífico Norte de Costa Rica, a pesar de no presentar una cobertura de coral alta como en otros sitios del Pacífico (Cortés y Murillo 1985, Dominici 1996, Dominici *et al.* 2003) existe una gran riqueza biológica en términos de peces de arrecife (Espinoza y Salas 2005). No sólo representa un atractivo para la creciente actividad turística, sino que es un sitio de interés científico. Al igual que la Isla del Caño y las Islas Murciélagos, las Catalinas también constituyen importantes zonas de paso para especies migratorias de gran interés para la conservación, pues en su mayoría son especies amenazadas o en peligro de extinción y que han sido escogidas a nivel global para aumentar los esfuerzos en su conservación. Entre ellas están tiburones ballena, ballenas jorobadas, mantarayas y varias especies de delfines (IUCN 2003, CITES 2005). Este y otros sitios con características similares, alejados de la costa, en un futuro podrían ser considerados como potenciales Áreas Marinas Protegidas.

Caribe

Las comunidades de peces del Caribe de Costa Rica han sido menos estudiadas (Caldwell 1963, Phillips y Pérez 1984, Schaper 1996, Fonseca y Gamboa 2003), especialmente los peces de arrecife. El Caribe de Costa Rica posee arrecifes coralinos más complejos y diversos que en la costa Pacífica de Costa Rica, sin embargo están afectados por la sedimentación que proviene de los ríos, y que limita el crecimiento de los corales (Cortés y Risk 1984, Cortés 1992). Schaper (1996) describió la comunidad de peces en la plataforma, bahía y zona externa del arrecife de Puerto Viejo, Limón. En su estudio encontró unas 54 especies de peces de arrecife, y además concluyó que la plataforma es de gran importancia para los estadios juveniles de varias especies de peces de arrecife, que además son potencialmente de gran valor económico. En Cahuita, se encontró una densidad de peces mayor en arrecifes someros (< 6m) de mayor complejidad estructural (más de 60 ind./100m²) que en arrecifes profundos (20 ind./m²) (Fonseca y Gamboa 2003).

F. Pesquería de Peces Ornamentales

La extracción de peces de arrecife para acuarios se realiza desde inicios de los años ochenta, pero su captura se reguló a partir de 1989 (Decreto 19450-MAG). Con poco conocimiento de los sitios de pesca y el impacto ecológico, se establecieron seis zonas de extracción en el litoral Pacífico y dos en el Caribe, permitiendo un máximo de 20 buzos por zona y la recolecta de 1000 peces por especie por zona y por mes; a excepción de dos zonas en Guanacaste, de la frontera al Cabo Santa Elena y entre este y Punta Guiones, donde solo se autorizan 10 buzos y 500 individuos por especie (Fournier 2004).

Desde hace 10 años, la disminución de las poblaciones de peces de arrecife ha sido motivo de preocupación entre grupos dedicados al buceo deportivo (Fournier y Vitola 1994). En 1993 se registraron un total de 55 buzos, 10 en la zona norte, 20 en Playas del Coco, 10 en Sámara, 8 en Tárcoles y 4 en

Quepos, siendo las Playas del Coco y Brasilito (Guanacaste) los sitios de extracción más importantes (Fournier 2004).

De las 35 especies de peces de arrecife, son capturadas alrededor de 20 especies; entre ellas: pez ángel (*Holocanthus passer*), ángel de cortés (*Pomacanthus zonipectus*), cabrilla (*Cirrhitichthys oxycephalus*), narizón (*Oxycirrhites typus*), cabeza azul (*Thalassoma lucasanum*), mejicana (*Thalassoma* sp.), espinudo (*Diodon hystrix*), puffer (*Arothron meleagris*) y cardenal (*Apogon dovii*). La información de la década de los noventa sobre capturas por zona y por especie registradas en las oficinas regionales, principalmente Guanacaste, no ha sido procesada en el INCOPECA, lo que significa que el control en cuanto a esta actividad no ha sido muy efectivo.

La biodiversidad de peces de arrecife es alta debido a la variedad de nichos existentes; las comunidades son muy complejas en cuanto a las relaciones entre especies y se pueden causar daños al interrumpir las relaciones entre organismos cuando se extraen ciertas especies y otras no se pescan del todo (Almany 2004). Además, en algunos casos se extraen los individuos juveniles, debido principalmente a su mayor atractivo para el comercio de peces de acuario (e.g. peces ángeles, damiselas, mariposas). Este tipo de extracción afecta directamente la dinámica de las poblaciones adultas, ocasionando serios desequilibrios en el ecosistema (Floeter *et al.* 2004).

F. Conclusiones y Recomendaciones

El estado de los recursos pesqueros del país continúa siendo bastante crítico. La mayoría de las especies capturadas ya pasaron el punto del máximo rendimiento sostenible y, algunas presentan sobreexplotación durante el crecimiento, mientras que otras, sobreexplotación durante el reclutamiento. La creciente demanda en el mercado mundial ha llevado a la necesidad de considerar el posible impacto de la pesquería sobre cada una de las especies. También se debe considerar la pesca no dirigida y el impacto que pueden tener sobre otras poblaciones, como la de grandes pelágicos, entre ellos dorado, atunes, pez espada, pez vela y otras.

El impacto del esfuerzo pesquero dentro de los golfos, afecta especialmente los estadios juveniles e individuos no reproductivos, repercutiendo sobre las poblaciones adultas e impidiendo una pronta recuperación natural (Erdman 1971, Bartels y Price 1983, Palacios 2003, INCOPECA 2005). Por esta razón, gran parte de la actividad pesquera que se localizaba dentro de los Golfos de Nicoya y Dulce ha tenido que extenderse a regiones más lejanas de la plataforma continental, inclusive fuera de la Zona Económica Exclusiva (ZEE) de Costa Rica.

Un importante porcentaje de la población depende directa o indirectamente de las actividades pesqueras y acuícolas del país. La situación en cuanto a la utilización de los recursos pesqueros es compleja, por sus relaciones sociales, económicas, institucionales y ecológicas, pero se requieren medidas drásticas de reducción del esfuerzo de pesca entre un 20 y 50%, según la especie (Palacios 2003). Las medidas de ordenamiento y vigilancia impulsadas en los primeros diez años de existencia del Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura, parecen ser insuficientes pues no se reflejan en el estado de los recursos pesqueros.

Además, la mayoría de la información y datos pesqueros con los que cuenta INCOPECA han sido producto de fuentes de información de diferentes comunidades de pescadores, recibidores y plantas procesadoras. Se ha estimado un error en el suministro de información cercano al 35%. La variabilidad en la información de las estadísticas pesqueras recolectada, depende entre otras cosas de si los pescadores tributan o si desembarcan productos permitidos. Existe una urgente necesidad de modernizar el sistema estadístico y de muestreo, que permita contar con mayor información confiable de capturas, tanto en la región costera, como fuera de la plataforma continental de Costa Rica (Campos 2004).

Referencias

- Aburto-Oropeza, O. y E. Balart. 2001. Community structure of reef fish in several habitats of a rocky reef in the Gulf of California. *Mar. Ecol.* 22: 283-305.
- Almany, G.R. 2004. Does increased habitat complexity reduce predation and competition in coral reef fish assemblages? *Oikos* 106: 275-284.
- Araya, H. A. 1984. Los sciaénidos (corvinas) del Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 32: 179-196.
- Baltz, M. D. y J. A. Campos. 1996. Hydrophone identification and characterization of *Cynoscion squamipinnis* (Perciformes: Scianidae) spawning sites in the Gulf of Nicoya, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 44: 743-751.

- Bartels, C. E., y K. S. Price. 1983. Occurrence, distribution, abundance and diversity of fishes in the Gulf of Nicoya, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 31: 75-101.
- Beets, J., y A. Friedlander. 1999. Evaluation of a conservation strategy: a spawning aggregation closure of red hind, *Epinephelus guttatus*, in the U.S. Virgin Islands. *Env. Biol. Fish.* 55: 91-98.
- Boza, J., A. Villarreal, H. Fujita y K. Hiramatsu. 2005. Reporte corto sobre el experimento marcaje-recaptura de Pargo Mancha, *Lutjanus guttatus*, en el Golfo de Nicoya, Costa Rica Proyecto JICA: Manejo Sostenible de las Pesquerías en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. Informe corto No. 14, Marzo de 2005.
- Bussing, W.A., y M.I. López. 1993. Peces demersales y pelágicos costeros del Pacífico de Centro América Meridional. Editorial de la Universidad de Costa Rica, San José. 164 p.
- Bussing, W. 1998. Peces de las aguas continentales de Costa Rica. Editorial de la Universidad de Costa Rica, San José. 468 p.
- Caldwell, D.K. 1963. Marine shore fishes from near Puerto Limón, Caribbean Costa Rica. Los Angeles County Museum: Contributions in Science 67: 3-11.
- Campos, M. J. 1989. Evaluación de la pesca artesanal del Golfo Dulce. Primera parte: Golfo Interno. Informe Final del Proyecto. Universidad de Costa Rica, Vicerrectoría de Investigación, Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR), Proyecto 808 88 561. San José, Costa Rica. 146.
- Campos, J. 2004. Ex Presidente Ejecutivo del INCOPECA Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura. Comunicación personal. San José.
- Chacón, A., O. López, R. Brenes, P. Acevedo, E. Arrieta, H. Ortega, y K. Hiramatsu. 2004. Resultados de los estudios de la flota pesquera artesanal y sus actividades de pesca en el Golfo de Nicoya, Costa Rica Proyecto JICA: Manejo Sostenible de las Pesquerías en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. Informe corto No. 8, Junio de 2004.
- Chicas, F. A. 2001. Peces juveniles en una poza de marea, Reserva Forestal Térraba-Sierpe, Puntarenas, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 49: 307-314.
- CITES 2005. Appendices I, II and III of the Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora 2005. <http://www.cites.org/>
- Coleman, F.C., C.C. Koening, L.A Collins. 1996. Reproductive styles of shallow-water groupers (Pisces: Serranidae) in the Eastern Gulf of Mexico and the consequences of fishing spawning aggregations. *Env. Biol. Fish.* 47: 129-141.
- Cortés, J. y J. Risk. 1984. El arrecife coralino del Parque Nacional Cahuita, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 32: 109-121.
- Cortés, J., y M. M. Murillo. 1985. Comunidades coralinas y arrecifes del Pacífico de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 33: 197-202.
- Cortés, J. 1990. The coral reefs of Golfo Dulce, Costa Rica: distribution and community structure. *Atoll Res. Bull.* 344: 1-37.
- Cortés, J. 1992. Los arrecifes coralinos de Golfo Dulce, Costa Rica: aspectos ecológicos. *Rev. Biol. Trop.* 40: 19-26.
- Cortés, J. 1992. Los arrecifes coralinos del Refugio Nacional de Vida Silvestre Gandoca-Manzanillo, Limón, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 36: 191-207.
- D'Croz, L., y B. Kwiecinski. 1980. Contribución de los manglares a las pesquerías de la Bahía de Panamá. *Rev. Biol. Trop.* 28: 13-29.
- Dethier, M.N., K. Medonald y R.R. Strathmann. 2003. Colonization and connectivity of habitats patches for coastal marine species distant from source populations. *Conservation Biology* 17: 1024-1035.
- Dominici, A. 1996. Estructura poblacional de los peces de arrecifes del Golfo de Papagayo, Guanacaste, Costa Rica, con énfasis en las especies de mayor importancia comercial como ornamentales. Tesis de Maestría, Universidad de Costa Rica. 208 p.
- Dominici, A., E. Oliveira, S. Solano y A.R. Coghi. 2000. Ictioplancton en la zona portuaria de Limón, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 48: 439-442.
- Dominici, A., E. Brugnoli, J. Cortés, H. Molina, M. Quezada. 2003. Community structure of eastern Pacific reef fishes (Gula of Papagayo, Costa Rica). Congreso Latinoamericano Ciencias Marinas. 291 p.
- Erdman, D. S. 1971. Notes on fishes from the Gulf of Nicoya, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 19: 59-71.
- Espinoza, M. y E. Salas. 2005. Estructura de las comunidades de peces de arrecife en las Islas Catalina y Playa Ocotol, Pacífico Norte de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 523-536.
- FAO, 1994. Examen de la situación mundial de las especies altamente migratorias y las poblaciones transzonales. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. Documento Técnico de Pesca 337. 75 p.
- FAO, 1995. Código de conducta para la pesca responsable. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 46 p.

- FAO. 2004. Información sobre la ordenación pesquera de la República de Costa Rica. <http://www.fao.org/fi/fcp/es/CRI/body.htm>
- FAO. 2005. Comisión Interamericana del Atún Tropical. <http://fao.org>
- Ferreira, C.E., J.E. Concalves y R. Coutinho. 2001. Community structure of fishes and habitat complexity on a tropical rocky shore. *Env. Biol. Fish.* 61: 353-369.
- Floeter, S.R., C.E Ferreira, A. Dominici-Arosemena y I.R. Zalmon. 2004. Latitudinal gradients in Atlantic reef fish communities: trophic structure and spatial use patterns. *J. Fish. Biol.* 64: 1680-1699.
- Fonseca E., A.C. y C. Gamboa. 2003. A rapid assessment at Cahuita National Park, Costa Rica, 1999 (Part 2: reef fishes). In J. Lang (ed.). Status of coral reefs in the western Atlantic. *Atoll Research Bulletin.* 496 p.
- Fournier, M.L. y Vitola, M. 1994. La explotación de peces ornamentales marinos en Costa Rica. Informe para Presidencia Ejecutiva de INCOPECA. Puntarenas, Costa Rica. 6 p.
- Fournier, M.L. 2004. Ponencia Marino Costera 2004. 26 p.
- González, O.D. 2005. Reclutamiento postlarval de langosta de la familia Palinuridae (Decapoda) y sugerencias para un plan de monitoreo del recurso en el Parque Nacional Cahuita, Costa Rica. Tesis de Maestría en Gestión Integrada de Áreas Costeras Tropicales (GLACT). San José, CR. 57 p.
- Hawkins, J.P. y C.M. Roberts. 2004. Effects of artisanal fishing on caribbean coral reefs. *Conservation Biology* 18(1): 215-226.
- INCOPECA, 2002. Memoria Institucional Administración 1998-2002. Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura. 61 p.
- INCOPECA, 2005. Memoria Institucional Administración 2004-2005. Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura. 88 p.
- IUCN. 2003. 2003 IUCN Red List of Threatened Species IUCN, Gland, Switzerland <http://www.redlist.org>
- Johannes, R.E., L. Squire, T. Graham, Y. Sadovy y H. Renguul. 1999. Spawning aggregations of groupers (Serranidae) in Palau. *Forum Fisheries Agency. TNC Mar. Research. Ser. Pub. 1.* 156 p.
- León, P. E. Ecología de la ictiofauna del Golfo de Nicoya, Costa Rica, un estuario tropical. *Rev. Biol. Trop.* 21: 5-30.
- Lluch-Belda, D.B. Lluch-Belda, S. Hernandez, C.A. Salinas y R.A. Schwartzlose. 1991. Sardine and anchovy spawning as related to temperatura and upwelling in the California current system. *CalCoFI Rep.* 32: 105-111.
- Molina, H. 1996. Ichthyoplankton assemblages in the Gulf of Nicoya and Golfo Dulce embayments, Pacific coast of Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 44 (Suppl. 3): 173-182.
- Mug, M. 2000. Caracterización de la pesquería del Caribe Sur de Costa Rica. Informe presentado a The Nature Conservancy. 24 p. Mimeografiado.
- OLDOPESCA-BID. 2002. Programa de cooperación técnica no responsable para la implementación regional del acuerdo sobre pesca de altura y código de conducta para la pesca responsable. Informe I Reunión Técnica Octubre 2002.
- Ormond, R.F.G. y C.M. Roberts. 1997. Biodiversity of coral reef fish. *Marine biodiversity: Patterns and Processes.* Cambridge University Press, UK.
- Palacios, J.A., R. Angulo y J.A. Rodríguez. 1996. La pesquería de *Penaeus stylirostris* (Decapoda: Penaeidae) en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 44: 225-231.
- Palacios, J.A. 2003. Estado actual de los recursos pesqueros del litoral Pacífico de Costa Rica. En: Cadena de productos hidrobiológicos, compromiso del sector pesca. CNP Consejo Nacional de Producción. San José, Costa Rica. 114 p.
- Peterson, C. L. 1970. La oceanografía física del Golfo de Nicoya, Costa Rica, un estuario tropical. *Bull. Inter. Amer. Trop. Tuna. Comm.* 4: 139-214.
- Phillips, P.C. y M.K. Pérez-Cruet. 1984. A comparative survey of reef fishes in Caribbean and Pacific Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 32: 95-102.
- PRETOMA 2005. Finning in Costa Rica. <http://www.tortugamarina.org>
- PROAMBIENTE. 1999. Diagnostico de la pesca de tiburón en Centro América: Informe regional y de la situación en cada país. Mimeografiado. Varios tomos.
- Ramírez C., A.R., M.I. López S. y W.A. Szelistowski. 1990. Composition and abundance of ichthyoplankton in a Gulf of Nicoya mangrove estuary. *Rev. Biol. Trop.*, 38: 463-466.
- Rojas, J. R. 1997a. Hábitos alimentarios del pargo mancha *Lutjanus guttatus* (Pisces: Lutjanidae) en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 45 (1): 471-476.
- Rojas, J. R. 1997b. Dieta del pargo colorado *Lutjanus colorado* (Pisces: Lutjanidae) en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 45(3): 1173-1183.

- Rojas, J. R., J. F. Pizarro y M. Castro. 1994. Diversidad y abundancia ícticas en tres áreas de manglar en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 43: 663-672.
- Rojas, J. R., J. F. Pizarro y M. Castro. 1994. Época de desove, fecundidad y morfología en cinco especies ícticas (Pises: Ariidae) de manglar en Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 43: 663-672.
- Rojas, R.S., F.M. Arana, H.A. Umaña, A.R. Vásquez y K. Hiramatsu. 2005. Estimación de la longitud total al 50% de madurez para Corvina agria, *Micropogonias altipinnis*, y Corvina picuda, *Cynoscion phoxocephalus*, en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. JICA Fisheries Management Project Short Paper No. 18 Julio de 2005.
- Rostad, T., y K.L. Hansen. 2001. The effects of trawling on the benthic fauna of the Gulf of Nicoya, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 49: 91-95.
- Russ, G.R. 2002. Yet another review of marine reserves as reef fisheries management tools. In: Sale PF (ed) Coral reef fishes: dynamics and diversity in a complex ecosystem. Academic Press, San Diego, Calif., pp 421-443.
- Russ, G.R., y A.C. Alcala. 2004. Marine Reserves: long-term protection is required for full recovery of predatory fish populations. *Oecologia* 138: 622-627.
- Salm, R.V., y J.R. Clark. 2000. Marine and Coastal Protected Areas: A guide for Planners and Managers. The IUCN Marine Programme. 3era edición. pp 26-27.
- Schaper, S. 1996. La comunidad de peces en el arrecife de Puerto Viejo (Limón, Costa Rica). *Rev. Biol. Trop.* 44(2): 923-925.
- Segura, A., y M. Mug. 2003. Informe del análisis de desembarques de tiburón para evaluar la relación de peso aleta y peso cuerpo por tipo de corte y especies. Borrador v. 1.1. 10 p.
- Simpfendorfer, C.A., y N.E. Millard. 1993. Utilization of a tropical bay as a nursery area by sharks of the families Carcharhinidae and Sphyrnidae. *Env. Biol. Fish.* 37: 337-345.
- Tabash, F.A., y J.A. Palacios. 1996. Stock assessment of two penaeid prawn species, *Penaeus occidentales* and *Penaeus stylirostris* (Decapoda: Penaeidae), in Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 44: 595-602.
- Tilman J.A. 2001. The fisheries of Ornamental Fishes in Guanacaste, Costa Rica, with Special Emphasis on the Population Dynamics of the Cortez Rainbow Wrasse, *Thalassoma lucasanum* (Gill 1863). MSc Thesis in International Studies in Aquatic Tropical Ecology, Bremen. 84 p.
- Umaña, R. y D. Chacón. 1994. Asentamiento en estadios postlarvales de la langosta *Panulirus arhus* (Decapoda: Palinuridae), en Limón, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 42: 585-594.
- Vásquez A.R; Araya U.H. 2005. Evaluación de los recursos pesqueros 2001-2004, Golfo de Nicoya, Costa Rica. Departamento de Investigación y Desarrollo. Puntarenas, Costa Rica. 36 p.
- Wolf, M., H. J. Hartmann y V. Koch. 1996. A pilot trophic model for Golfo Dulce, a fjord-like tropical embayment, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 44: 215-231.

Cuadro 1. Desembarques según grupos comerciales por litoral en Costa Rica (2004). Unidad de medida: Kilogramos. Fuente: Departamento de Mercadeo – INCOPECA 2005

CONCEPTO	PACÍFICO	CARIBE	TOTAL NACIONAL
Corvina reina, róbal y otros	135635	-	135635
Corvina aguada, róbal pequeño, picuda y otros	992927	165899	1158826
Lenguado, corvina zorra, mero y otros	739354	105513	844867
Pescado pequeño	1043052	90072	1133124
Agria cola	153772	-	153772
Cabrilla	144327	106	144433
Pargo seda	218467	-	218467
Dorado	2320306	1372	2321678
Marlin blanco	416499	2318	418817
Marlin Rosado	233627	1099	234726
Treacher	324433	-	324433
Pez vela	1243764	15	1243779
Pez espada	178683	2673	181356
TOTAL PESCADO EVISCERADO (1)	8144846	369067	8513913
Sardina	2096160	-	2096160
Atún	1683794	1272	1685066
TOTAL PELÁGICOS (2)	3779954	1272	3781226
Cazón (Tiburón)	845062	30126	875188
Posta (Tiburón)	1173594	18276	1191870
Maco (Tiburón)	5966	-	5966
TOTAL TIBURÓN (3)	2024622	48402	2073024
A) TOTAL PESCADO (1+2+3)	13949422	418741	14368163
Camarón blanco	168363	-	168363
Camarón café	1237	-	1237
Camarón Rosado	170910	5294	176204
Camarón fidel	399551	-	399551
Camaron camello	256225	-	256225
Camarón real	92578	-	92578
Camarón tití	56357	27688	84045
TOTAL CAMARÓN (4)	1145221	32982	1178203
Langosta Pacífica (Corriente)	9719	-	9719
Langosta Caribe	-	81205	81205
TOTAL LANGOSTA (5)	9719	81205	90924
Calamar	22955	14	22969
Pulpo	54002	-	54002
Pianguas	48646	-	48646
Cambute	524	-	524

Continúa

Continuación

CONCEPTO	PACÍFICO	CARIBE	TOTAL NACIONAL
TOTAL MOLUSCOS (6)	126127	14	126141
B) TOTAL MARISCOS (4+5+6)	1281067	114201	1395268
Aleta tiburón	131349	1779	133128
Filet	3366	-	3366
Buche	12	-	12
Cangrejo	5758	-	5758
C) TOTAL OTROS	140485	1779	142264
GRAN TOTAL (A+B+C)	15370974	534721	15905695

Cuadro 2. Exportaciones de productos acuícolas en kilogramos y dólares para Costa Rica: 2004. Fuente: Departamento de Mercadeo – INCOPECA 2005.

Producto	Kilogramos	Dólares
Camarón cultivado	1 648 293	7 010 809
Pieles tilapia	374 828	240 478
Tilapias	4 186 777	23 330 556
Truchas	45	218
TOTAL	6 209 943	30 582 062

Cuadro 3. Exportaciones totales de los productos pesqueros de Costa Rica: 2001-2004. Fuente: Departamento de Mercadeo – INCOPECA 2005.

Año	Kilogramos	Dólares
2001	45 037 814	133 750 915
2002	41 338 130	122 303 676
2003	34 525 298	101 398 539
2004	28 013 944	89 220 676

Cuadro 4. Importaciones de productos pesqueros para Costa Rica: 2001-2004. Fuente: Departamento de Mercadeo – INCOPECA 2005.

Año	Kilogramos	Dólares
2001	24 305 324	23 183 561
2002	22 859 507	24 928 054
2003	23 968 931	25 370 732
2004	23 823 967	28 530 994

Cuadro 5. Flota pesquera de tipo artesanal para el Pacífico de Costa Rica. Fuente: Departamento de Protección y Registro – INCOPECA (2005).

Tipo de Pesca	Zona Norte	Puntarenas	Zona Sur
Artesanal pequeña	729	1471	388
Artesanal media	92	375	342
Artesanal Avazanda	38	136	31
Total	859	1892	761

Cuadro 6. Capturas de la flota artesanal de Costa Rica (Kg) según la región (1998-2001). Fuente: Departamento de Estadística – INCOPECA (2002).

Región Pesquera	1998	1999	2000	2001
Guanacaste	8011115	9071682	13646254	13631000
Puntarenas	3422834	4509519	3053171	2422000
Quepos	1865594	2232313	2806142	3770000
Golfito	1787641	1378391	2087320	2292000
Limón	363397	665472	1050534	787000

Cuadro 7. Número de embarcaciones de la flota pesquera por región en Costa Rica (2004). Fuente: Departamento de Protección y Registro – INCOPECA (2005).

Región	Botes	Pangas	Barcos	TOTAL
Puntarenas	21	1012	414	1447
Guanacaste	12	359	86	457
Quepos	1	93	105	199
Golfito	19	66	72	157
Limón	33	213	3	249
TOTAL	86	1743	680	2509

Cuadro 8. Flota pesquera semi-industrial para el sector de Puntarenas. Fuente: Departamento de Protección y Registro – INCOPECA (2005).

Barco de arrastre		Red de cerco para sardinas
Profundidad	Orilla	
7	66	2

Cuadro 9. Exportaciones totales de atún en kilogramos y dólares para Costa Rica: 2001-2004. Fuente: Departamento de Mercadeo – INCOPECA 2005.

Producto	Kilogramos	Dólares
Atún preparado o conservado	5 167 199	13 741 877
Atún fresco	2 843 430	14 178 125
Atún congelado	299 804	606 600
TOTAL	8 310 433	28 526 602

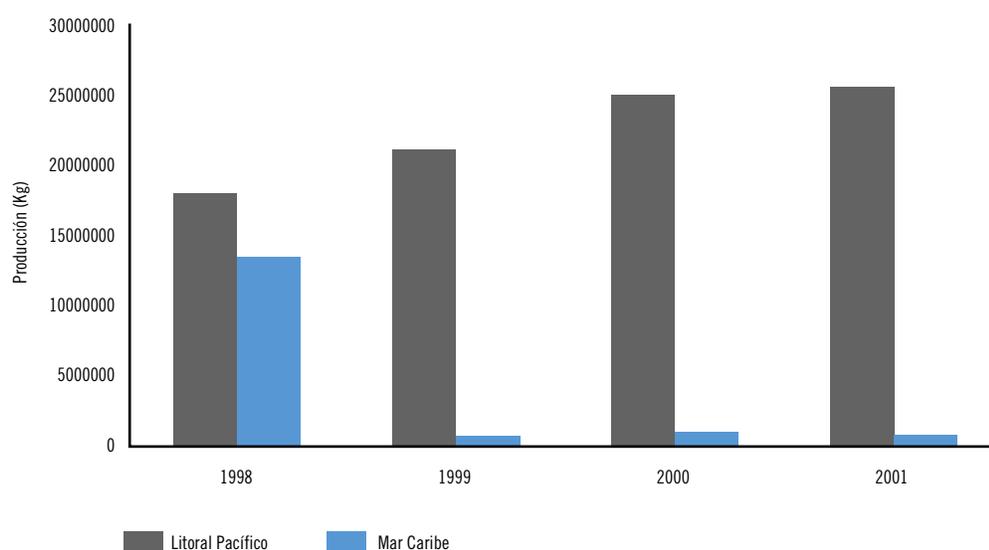


Figura 1. Producción pesquera por litoral de la flota nacional de Costa Rica: 1998-2001. Fuente: Departamento de Estadística – INCOPECA (2002).

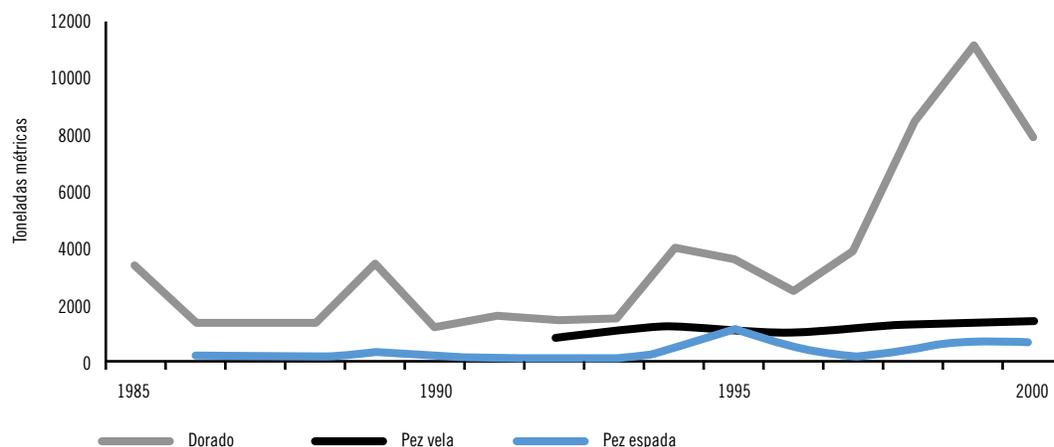


Figura 2. Capturas reportadas (toneladas métricas) para tres grupos de peces pelágicos que componen la pesca deportiva y pesca de palangre. Fuente: Ma. Luisa Furnier, Ponencia Marino Costera 2004.

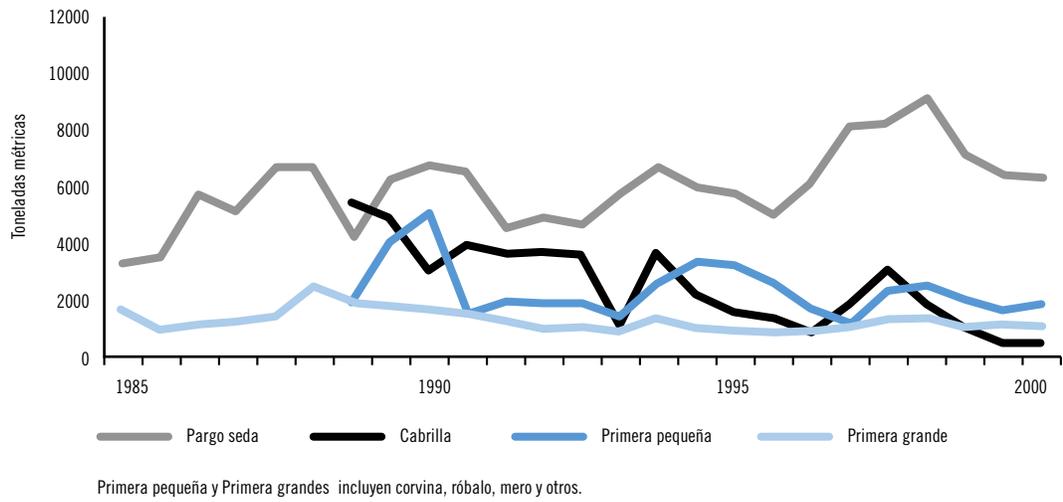


Figura 3. Capturas reportadas (toneladas métricas) para cuatro grupos de peces costeros en el Pacífico de Costa Rica. Fuente: Ma. Luisa Furnier, Ponencia Marino Costera 2004.

CAPITULO VIII

ESPECIES COMERCIALES II: CRUSTÁCEOS Y MOLUSCOS

Vanessa Nielsen⁹ y Priscilla Zamora

Resumen: Dentro del grupo de los crustáceos, los camarones y langostas son los de mayor importancia en el país. La mayoría de los camarones comerciales se explotan en aguas de la plataforma continental a profundidades inferiores a 100 m. La mayor parte de las especies son bentónicas y en la fase adulta viven sobre fondos muy variados, tales como rocas, arena, fango, grava conchífera o mezcla de estos materiales. En el Pacífico Central Tropical la captura de camarones proviene del área de pesca No. 77 siendo las especies más importantes las de los géneros *Penaeus*, *Trachypenaeus* y *Solenocera*. Existen dos formas de obtener el camarón para su venta comercial, una de ellas es a través de los cultivos o maricultura y la otra mediante métodos pesqueros. La maricultura se inició en Costa Rica hace casi 30 años luego de varios ensayos fallidos, hoy en día son más 1448 ha las dedicadas a la camaricultura, de las cuales 900 ha se ubican en los alrededores del Golfo de Nicoya. La mayoría de ellas ubicadas en zonas muy cercanas a bosques de manglar. La pesca comercial de camarones se hace principalmente utilizando la técnica de arrastre, esta tiene implicaciones importantes sobre los hábitats bentónicos marinos tal y como la destrucción del hábitat, remoción de especies dirigidas y no dirigidas (pesca accidental), y disturbios físicos del fondo marino. En Costa Rica, las principales especies que sostienen las pesquerías del Golfo de Nicoya son *Penaeus occidentalis* y *P. stylirostris*. Estos recursos se han catalogado

⁹ Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR), Universidad de Costa Rica, San José, 2060, Costa Rica., vnielsen@cariari.ucr.ac.cr

como sobre-explotados y se sugiere considerar todas las medidas necesarias para la ordenación y manejo para asegurar la pesquería. Los camarones de aguas profundas también son explotados comercialmente, sin embargo los estudios biológicos y ecológicos de este grupo de crustáceos son escasos. En América Central son los camarones de las especies *Heterocarpus vicarius*, *H. affinis* y *Solenocera agassizii* los más pescados. La principal amenaza de este recurso es la pesca desmedida. Se recomienda fomentar iniciativas para determinar la composición de la fauna acompañante y reducir su presencia en las capturas. Se recomienda también analizar el uso comercial que se puede hacer de la fauna acompañante, pues una vez que esta ha sido capturada en vez de ser desechada esta podría ser aprovechada, lo cual podría ser un insumo más en la pesca de camarones y reducir la presión sobre la pesca exclusiva de los mismos. Es importante también fomentar iniciativas para una pesca más selectiva, tal como el uso de nasas, redes modificadas u otros dispositivos que han sido desarrollados e introducidos para permitir el escape de peces pequeños y especies no-blanco. Se deben de revisar también las medidas de manejo existente para garantizar un balance entre la capacidad de pesca y la productividad del recurso. El establecimiento de vedas estacionales puede jugar un papel importante para evitar el exterminio de las poblaciones más explotadas. La langosta también constituye un recurso pesquero de importancia comercial y además juegan un papel clave en las actividades socio-económicas de las comunidades costeras, en el Caribe de Costa Rica: *Panulirus argus*, *P. guttatus* y *P. laevicauda* son las especies comercializadas, siendo *P. argus* la de mayor importancia comercial. Los adultos y juveniles suelen encontrarse en grietas o cavernas en zonas de arrecife, mientras que los primeros estadios del ciclo de vida migran al mar como parte del plancton. Uno de los sitios reconocidos por ser criadero de esta especie de langosta y además un área importante de pesca es el Refugio de Vida Silvestre Gandoca-Manzanillo. La sobrevivencia de esta especie depende de la instauración de un monitoreo adecuado de las poblaciones, el control de las artes y técnicas de pesca y de la protección de su hábitat (arrecifes y zonas rocosas), ya que no se ha logrado cultivarla en cautiverio. Los moluscos son también un recurso pesquero de gran importancia en el país, sobre todo para el desarrollo de las comunidades costeras. De ellos el de mayor importancia son las pianguas, *Anadara tuberculosa* y *Anadara similis*. Ambas especies se caracterizan por vivir en la zona externa del bosque de manglar. Este es un recurso que también ha sido sobre explotado. Se explota de forma artesanal por los pobladores de las zonas costeras mediante la colecta manual. Para 1998, el precio por piangua vendida por el intermediario oscilaba alrededor de los 25 colones, sin embargo el precio pagado a cada pianguero es muy inferior a este. Los principales sitios en el país en donde se explota este recurso son el Golfo de Nicoya, el manglar de Térraba-Sierpe y el Golfo Dulce. Las principales amenazas de estas poblaciones son la sobreexplotación, la pobreza y la contaminación de las aguas costeras. Se recomienda la organización de los piangueros de forma tal que estos puedan ser educados al respecto de cómo hacer uso del recurso, así mismo para que logren mejorar los precios que les son pagados por el mismo. A su vez, es importante revisar los valores de talla mínima establecidos ya que en muchos manglares la talla mínima promedio es muy inferior a la de captura.

I. MOLUSCOS

Pianguas

Las pianguas son los moluscos del manglar, explotados tanto en Costa Rica como en el resto del Pacífico americano (Solórzano *et al.* 1991, Pizarro y Angulo 1993, MacKenzie 2001, Silva y Chaves 2001), debido en gran parte a que son un importante recurso proteínico y tienen un gran valor económico para los habitantes de las zonas costeras (Fig 5; Solórzano *et al.* 1991, Cruz 1999). Las pianguas pertenecen a la familia de los moluscos bivalvos denominada *Arcidae*, y son dos especies las denominadas como tales, *Anadara tuberculosa* y *Anadara similis*. Sin embargo es *A. tuberculosa* la especie que más se cosecha y sobre la cual se han realizado más estudios (Fig 6).

A. tuberculosa se encuentra ampliamente distribuidas en el continente desde Baja California hasta Bahía Tumbes en Perú. Mientras que *A. similis* tiene una distribución más corta, desde el Golfo de Fonseca en El Salvador hasta Bahía Tumbes, Perú. Ambas especies se caracterizan por vivir en la zona externa del bosque de manglar. Zona en la cual las especies dominantes de manglar pertenecen a los géneros *Rhizophora* y *Pelluciera*, y en donde la influencia de la marea provoca inundaciones diarias (Cruz 1999). Siendo que *A. tuberculosa* es más abundante en la zona fangosa y se encuentra comúnmente enterrada cerca de las ñangas o estratos bajos de las raíces de *Rhizophora mangle*, debajo de la copa de los

árboles, allí se entierran en el fango hasta 15 cm. Por otra parte, *A. similis* se ubica en áreas más abiertas y alejadas de las raíces, pero siempre debajo de la copa de los árboles. Se cree que estas se entierran más que *A. tuberculosa* (hasta 45 cm) para protegerse de sus depredadores, pues al no encontrarse cerca de las raíces están más desprotegidas (MacKenzie 2001).

A. tuberculosa se caracteriza por poseer una concha ovalada relativamente gruesa. En general la concha es color blanco, sin embargo esta se observa de color café oscuro debido a que el periostraco piloso es café o negro. Así mismo, en cada concha se observan una serie de ornamentaciones que parecen más bien pequeños canalitos que forman las denominados costillas. Cada una de estas costillas presenta además tubérculos prominentes (Fig. 7). La talla o longitud promedio es de 48-49 mm, aunque se han observado individuos de hasta 70,3 mm (Cruz 1999). Sin embargo su tamaño promedio varía entre los distintos manglares, siendo que para Jicaral la talla máxima promedio calculada es de 33.46 mm (Ampie y Cruz 1989). En Purruja el promedio fue de 43.3 mm (Silva Benavides y Bonilla Carrión 2001) y hace más de 20 años en Punta Morales se había calculado la talla promedio en 48.38 mm (Cruz y Palacios 1983).

A. similis es muy similar a *A. tuberculosa* sin embargo la concha es relativamente delgada y su aspecto es café oliváceo. Además los tubérculos presentes en las costillas son pequeños (Fig. 8). Su longitud promedio es de 50 mm (Cruz 1999), sin embargo al igual que para *A. tuberculosa* se piensa que este valor también podría variar entre los manglares.

A. tuberculosa es una especie de rápido crecimiento siendo que desde el primer año de vida alcanzan hasta 20 mm de longitud y su tamaño comercial es alcanzado después de 18-24 meses de nacida (Villalobos y Báez 1983, Silva Benavides y Bonilla Carrión 2001). En cuanto a la reproducción, *A. tuberculosa* presenta sexos separados, y su maduración sexual inicia entre los 20.1-23.1 mm. Sin embargo no es hasta los 23.2-26.2 mm que gran porcentaje de la población ha alcanzando la madurez sexual y ha desovado (Ampie y Cruz 1989). Aunque en cuanto a su longitud y peso no existe dimorfismo sexual entre los machos y hembras (Cruz y Palacios 1983), los machos alcanzan su madurez sexual antes que las hembras (Ampie y Cruz 1989). El porcentaje de sexos en la especie es 1:1 (Cruz 1984a, Ampie y Cruz 1989, Silva Benavides y Bonilla Carrión 2001) y aparentemente no existe reversión sexual (Cruz 1984).

A. similis al igual que *A. tuberculosa* presenta sexos separados, y se consideran individuos sexualmente maduros los que presentan una talla mayor a los 34 mm. La proporción de machos y hembras es de 1:1 y no existe hermafroditismo. Para el manglar de Jicaral se ha observado que su reproducción ocurre a lo largo de todo el año, aunque podrían haber períodos máximos de desove en los épocas de diciembre, febrero y setiembre (Cruz 1984b).

Ecología de las Especies

Sobre la ecología de las especies es poco lo que se ha estudiado. Sin embargo se conoce que los valores de salinidad y el tipo de sustrato son determinantes en su distribución. Las salinidades altas favorecen la reproducción, y por ser organismos excavadores, su distribución se limita a sustratos suaves (Silva Benavides y Bonilla Carrión 2001).

En otros manglares de América se ha observado que algunos de los depredadores naturales son los tetrodontos o “peces globos”, así como algunos camarones y gastrópodos (MacKenzie 2001).

En cuanto a la densidad con la que se encuentran estos organismos se ha observado que en manglares donde han sufrido procesos de sobre explotación tal y como el de Purruja, Golfito, *A. tuberculosa* presenta una densidad de 0.9 ind/m² y *A. similis* de 0.2 ind/m² (Silva Benavides y Bonilla Carrión 2001). Mientras que en manglares más saludables, como el de Térraba-Sierpe (Campos-Montero *et al.* 1988), la densidad promedio estimada para los años de 1992-1994 de *A. tuberculosa* era de 1.72 ind/m², por lo que el recurso muestra cierta resistencia a la explotación intensiva cuando se respeta la talla mínima de captura (Vega 1994).

Valores de Importancia Comercial

El índice de condición es un valor que se relaciona con el porcentaje de carne en las pianguas, siendo que cuánto mayor sea el índice de condición mayor es el porcentaje de la carne (Cruz y Palacios 1983). Este valor a su vez se relaciona con el rendimiento, es decir la capacidad de la piangua para producir la máxima cantidad de carne (Cruz 1984b). En *A. tuberculosa* se ha observado que el mayor

rendimiento se encuentra en los individuos con tallas entre los 42-47,5 mm (Cruz y Palacios 1983). Pues a partir de esta talla es el peso de la concha el que contribuye más en el peso total del organismo y no un aumento en el contenido de carne. En el manglar de Purruja es a partir de los 25-35 mm que aumenta el rendimiento hasta alcanzar un valor máximo entre los 31-35 mm (Silva Benavides y Bonilla Carrión 2001). A su vez se ha observado que cambios en la exposición durante la marea baja, la acidez del medio, y cambios en la precipitación (por ejemplo en años de El Niño), afectan el rendimiento de la especie (Cruz y Palacios 1983, Silva Benavides y Bonilla Carrión 2001).

Importancia Económica

La piangua, principalmente *A. tuberculosa*, es un recurso explotado de forma artesanal por los habitantes de las zonas de manglar, quienes visitan al manglar, mientras la marea baja lo permite, por un espacio de aproximadamente 4 horas. Su traslado hacia los manglares lo realizan en pequeñas embarcaciones de madera o de fibra de vidrio, “pangas”, algunas de ellas con motores pequeños o con remos. Otros se movilizan a pie hasta las zonas donde se encuentra el mangle rojo.

Una vez en la zona, equipados con envases de plástico y algún tipo de repelente de insectos (diesel, palmas de hojas que queman, etc.), inician su labor. Esta consiste en caminar entre las raíces del mangle y buscar las pianguas que se ubican entre estas, una vez halladas introducen sus manos hasta la altura de la muñeca o hasta los codos, dependiendo de la especie de piangua que se colecte. Al final de la jornada regresan a sus hogares y guardan las pianguas en sacos manteniéndolas vivas hasta que llegue el momento de venderlas al final de la semana, o en otros casos ellos mismos se encargan de abrirlas y separar la sangre de la carne. Al día siguiente regresan al manglar y buscan un sitio diferente al anterior para iniciar su búsqueda. Cada día visitan diferentes sitios y regresan a los sitios anteriores de 7-14 días después (MacKenzie 2001). Para la mayoría de estos pobladores de la costa son las pianguas el único recurso con el que cuentan para mantener económicamente a sus familias (MacKenzie 2001, Silva y Carillo 2004).

Al menos en el Golfo de Nicoya cada “pianguero” colecta entre 200 a 300 pianguas diarias, por espacio de 4-5 días a la semana (Solórzano *et al.* 1991). En ese momento se estimó un captura anual para el Golfo de 8 millones de pianguas y un precio de 2.25 colones por piangua (Solórzano *et al.* 1991).

INCOPESCA (2006) reporta un precio de 945.8 colones/kg de piangua para 1998, lo que significa aproximadamente 27 colones por piangua. Sin embargo, los precios varían de forma tal que el precio por cada piangua puede llegar a disminuir hasta 9 colones (MacKenzie 2001). Ahora bien, su valor aumenta si esta ya ha sido abierta y separada la carne de la sangre. Posteriormente la piangua es vendida a pequeños restaurantes locales, bares y otras localidades. En estos sitios se vende como ceviche con un costo de 700-1400 colones (MacKenzie 2001) y un ceviche grande contiene en promedio 30 pianguas. En estos mismos locales también se prepara arroz con piangua y cada plato cuesta entre 1000-1800 colones dependiendo del tamaño (MacKenzie 2001). Un plato grande de arroz con piangua puede tener en promedio 12 pianguas.

Los principales sitios en el país en donde se explota este recurso son el Golfo de Nicoya, el manglar de Térraba-Sierpe y el Golfo Dulce (MacKenzie 2001, Fig. 3), donde existen al menos 500 piangueros distribuidos en estas áreas. En la mayoría de las localidades los piangueros son pescadores independientes aunque existen casos en donde estos se han logrado organizar de manera exitosa, tal y como la Asociación de Piangueros de Purruja (Silva y Carillo 2004) o las mujeres del Golfo de Nicoya (Varela 2001).

II. CRUSTACEOS

1. Camarones

Los camarones constituyen un grupo de crustáceos que alcanzan tamaños muy diversos, desde unos milímetros hasta aproximadamente 35 cm de longitud. A pesar de que existen unas 2 500 especies descritas, solamente unas 300 son de interés económico, y entre estas últimas, 100 constituyen la mayoría de las capturas comerciales de camarones en el mundo (cerca de 1 450 000 t). Este grupo de crustáceos está representado en casi todo el mundo, desde el Ecuador hasta las regiones polares, tanto en ambientes marinos y salobres como en agua dulce. Si bien es cierto que la mayoría de los camarones marinos están circunscritos a aguas someras o moderadamente profundas, algunas especies han sido capturadas a grandes profundidades (hasta unos 5700 m); sin embargo, la mayoría de los

camarones comerciales se explotan en aguas de la plataforma continental a profundidades inferiores a 100 m. La mayor parte de las especies son bentónicas y en la fase adulta viven sobre fondos muy variados, tales como rocas, arena, fango, grava conchífera o mezcla de estos materiales. Otras especies se encuentran en arrecifes coralinos y unas pocas son comensales de esponjas o de otros invertebrados. Las especies de vida pelágica son menos numerosas, pero a veces tienen una distribución geográfica sumamente amplia (Hendrick 1995).

La mayor parte de las especies de camarón de interés comercial del Pacífico centro-oriental pertenecen a sólo 5 familias: Penaeidae, Sicyoniidae, Solenoceridae (Penaeoidea), Pandalidae y Palaemonidae (Caridea). Las capturas de camarones procedentes del área de pesca No. 77 totalizaron unas 65 000 t en 1978, y consistieron predominantemente de especies de los géneros *Penaeus*, *Trachypenaeus* y *Solenocera* (Hendrickx 1995).

Camarones de aguas someras

El cultivo de camarón marino se inició en Costa Rica hace casi 30 años (Fig. 4). En esa época, al igual que en otras partes del mundo, se cometieron errores técnicos como la costosa construcción de lagunas en los suelos ácidos del manglar; dichosamente en la actualidad protegidos como áreas de conservación. La primera finca del país fue en Chomes de Puntarenas, cuyos bajos resultados productivos frenaron el desarrollo de la actividad y, no fue sino hasta finales de los años 80 cuando se establecieron otras empresas (Fournier *et al.* 1997). Un total de 1448 hectáreas se dedicaron a la camaronicultura en el 2003, de las cuales alrededor de 900 hectáreas están ubicadas en el Golfo de Nicoya y el resto en la zona de Parrita y Palmar Norte, Pacífico central y sur respectivamente. La producción total aproximada para ese año fue de 3.575 toneladas métricas con 89 productores, sembrando desde una hectárea en antiguas salinas del Golfo de Nicoya hasta 400 hectáreas en el sur del país. Se requiere vigilancia permanente del área dedicada a la camaronicultura en el Golfo de Nicoya, para evitar la tala ilegal de manglar. Los manglares que solo cubren el 1% del área, aportan el 76% de la biomasa al sistema del Golfo de Nicoya (Wolff *et al.*, 1998).

En el caso del cultivo de camarón se han dado altibajos en la producción, debido a enfermedades como el virus del Taura que afectó fincas en Quepos en 1996 y virus de la Mancha Blanca presentado en el 2000 en las fincas aledañas al Golfo de Nicoya (INCOPECA 2001a); como estrategia de manejo ante estas patologías se utiliza un sistema de cultivo semi-intensivo (Otárola 2004). Esas enfermedades virales han afectado también los cultivos mundiales de camarones, los cuales entre 1995 y 1997 se redujeron entre 30 a 75% en los países de mayor producción como Tailandia, Vietnam y Filipinas (Gräslund y Bengtsson 2001). Otro aspecto que generó cambios en las estadísticas de producción de camarón fue disminución de incentivos como los Certificados de Abono Tributario.

La pesca comercial tiene importantes efectos sobre los hábitats bentónicos marinos, principalmente la pesca del camarón, en donde se emplean métodos de captura como el arrastre (Umaña *et al.* 2003). Algunos de los disturbios producidos asociados a la pesca con arrastre incluyen: la destrucción del hábitat, remoción de especies dirigidas y no dirigidas (pesca accidental), y disturbios físicos del fondo marino (Rostad y Hansen 2001).

Los camarones peneidos de las regiones costeras han sido mayormente estudiados en los trópicos y los esfuerzos científicos se han concentrado en varias regiones, entre ellas Latinoamérica, África, Asia y el Océano Índico (Tabash y Palacios 1996). Sin embargo, el factor limitante en el ordenamiento y manejo de las poblaciones de camarones, no se debe a la falta de metodologías empleadas, sino al poco conocimiento del mecanismo de la producción del camarón y la dinámica de flotas (Tabash y Palacios 1996).

De acuerdo a Tabash y Palacios (1996), en Costa Rica las poblaciones de dos especies de camarón, *Penaeus occidentalis* y *P. stylirostris*, mantienen una de las pesquerías más importantes del Golfo de Nicoya (Cuadro 10 y 11). El apropiado ordenamiento y manejo de las pesquerías de camarones en el Pacífico de Costa Rica, depende de estudios poblacionales, específicamente, del reclutamiento, crecimiento poblacional, mortalidad debido a la actividad pesquera, estructura de edades de la población explotada, potencial reproductivo, biomasa, etc. (Tabash 1995, Umaña *et al.* 2004).

Las poblaciones de camarón blanco han estado sometidas a una fuerte presión de pesca en el litoral Pacífico, que ha aumentado significativamente en los últimos 45 años con la incorporación de más pescadores y nuevos artes de pesca, sobre todo en la zona del Golfo de Nicoya (Palacios *et al.* 1996).

Esto ha producido la sobre-explotación del recurso, y son necesarias, medidas de ordenación y manejo para asegurar la pesquería.

Para regular la pesquería y lograr los objetivos para una explotación sostenible y rentable, se puede intervenir directamente regulando el esfuerzo total así como la edad y tallas de captura. (Palacios *et al.* 1996).

Ordenación Pesquera

Pesquería del camarón con barcos utilizando redes de arrastre

Esta pesquería que es multiespecífica, sobre todo en cuanto a la composición de la fauna de acompañamiento se refiere (Cuadro 11), se produce en casi todo el litoral con la excepción de Parques Nacionales y otras zonas protegidas al arrastre, como la parte interna del Golfo de Nicoya, que ha sido sobre explotada, situación que ha empeorado en los últimos años (Palacios *et al.* 1996; Tabash y Palacios 1996).

La flota arrastrera de camarón fue limitada a un total de 72 naves que incluyen naves con permisos para la pesca de camarón en aguas someras y naves para la captura de camarón de profundidad (Cuadro 11; INCOPESCA 2002; FAO 2004). Durante algunos años, las naves camaroneras de arrastre no podrán operar durante algunos meses en la parte media del Golfo de Nicoya (Rostad y Hansen 2001). A diferencia de otros países centroamericanos, la administración pesquera costarricense no ha establecido vedas totales en todo el litoral durante períodos determinados. Existen recomendaciones científicas para reducir la capacidad de flota en esta pesquería, sin embargo dichas recomendaciones no se han podido llevar a la práctica. Los barcos que pescan camarón de aguas someras están sujetos al uso de dispositivos de exclusión de tortugas no así los que pescan camarón de profundidad (FAO 2004).

Camarones de aguas profundas

Los camarones de aguas profundas han sido poco estudiados en América Central; en consecuencia, la información biológica y ecológica es limitada, lo que dificulta el desarrollo de un plan adecuado de manejo para una pesca responsable. En América Central, la pesca de camarones de aguas profundas se concentra en dos especies de la familia Pandalidae (*Heterocarpus vicarius* y *H. affinis*) y una especie de la familia Solenoceridae (*Solenocera agassizii*) (Holthuis 1980).

Debido al limitado conocimiento sobre los camarones de profundidad, se están desarrollando varios proyectos en la costa Pacífica de Costa Rica, que forman parte de un programa denominado: “Desarrollo de Estándares para una Pesca Sostenible de Camarones Tropicales” financiado por la empresa Ristic AG y el Ministerio de Cooperación Técnica, Alemania y la Universidad de Costa Rica (proyecto VI N° 111-A4-508) (Wehrtmann y Nielsen 2004, Wehrtmann y Nielsen 2005). Este programa presentará por primera vez en Costa Rica, aspectos biológico-pesqueros de varias especies de camarones de profundidad de interés comercial (Wehrtmann y Nielsen 2004, Wehrtmann *et al.* 2005). Además, está recopilando datos sobre la diversidad, biomasa y profundidad a la que se encuentran los principales grupos de fauna asociada a la pesca de *Heterocarpus vicarius* “camellito” (Wehrtmann y Echeverría-Sáenz 2005).

2. Langostas

Las langostas constituyen un recurso pesquero de importancia comercial y además juegan un papel clave en las actividades socio-económicas de las comunidades costeras (Wehrtmann 2004). En la costa del Caribe costarricense se explotan alrededor de 15 especies de organismos marinos, entre ellos peces, crustáceos y moluscos (Sierra 1996). Existen tres especies de langostas de la familia Palinuridae en el Caribe de Costa Rica: *Panulirus argus*, *P. guttatus* y *P. laevicauda* (Wehrtmann 2003). La especie más explotada es la langosta espinosa (*Panulirus argus*), cuyas capturas representan cerca del 60% de la pesca total (Sierra 1996), las dos restantes se explotan de forma esporádica y no son comercialmente utilizadas (González 2005).

La langosta espinosa del Caribe costarricense se divide en dos grupos: 1) Langostas migratorias, que son capturadas en la zona norte de Limón hasta la frontera de Nicaragua, durante los meses de agosto a enero (Campos 1995, Sierra 1996). Langostas residentes, que habitan principalmente los arrecifes coralinos y se distribuye principalmente entre Cahuita y la desembocadura del río Sixaola (González 2005).

El Refugio de Vida Silvestre Gandoca-Manzanillo, en el Caribe de Costa Rica, constituye un área muy importante para la pesca de la langosta espinosa, y produce beneficios económicos importantes para las comunidades costeras. Esta langosta se encuentra en el Atlántico y Caribe, desde los Estados Unidos hasta Brasil (Umaña y Chacón 1994). Los adultos y juveniles suelen encontrarse en grietas o cavernas en zonas de arrecife, mientras que los primeros estadios del ciclo de vida migran al mar como parte del plancton (Umaña y Chacón 1994, González 2005). Además, Umaña y Chacón (1994) encontraron que la zona dentro del Refugio de Vida Silvestre Gandoca-Manzanillo es muy importante como zona de crianza para los estadios juveniles de la langosta y, además recomiendan el monitoreo de las poblaciones de langostas del Caribe de Costa Rica, el control de las artes y técnicas de pesca, así como la protección de los hábitats asociados a la presencia de langostas, como arrecifes de coral, que actualmente se enfrentan a un deterioro producto de la sedimentación y el turismo masivo (Cortés 1992, Gonzáles 2005).

Amenazas

A. Pianguas

La principal amenaza de este recurso es la sobreexplotación y la pobreza, pues aunque esta actividad está prohibida actualmente, con excepción de algunos casos regulados, el recurso se continúa extrayendo de forma ilegal (Pizarro *et al.* 2004). Adicionalmente, la contaminación microbiológica del agua por vertidos urbanos afecta la estabilidad de las poblaciones y adicionalmente pueden presentar un riesgo para la salud humana el consumo de organismos que han estado expuestos a niveles altos de coliformes, y estreptococos fecales (Araya y Rodríguez 1984). Herrero *et al.* (1999) recomiendan a su vez el monitoreo de las aguas donde las pianguas se desarrollan, pues estos encontraron concentraciones mayores a las permitidas de nitratos y sulfatos en la carne de los bivalvos producto de la contaminación química. Por lo que este tipo de contaminación no solo representa una amenaza para las poblaciones de pianguas si no también para las poblaciones humanas que las consumen.

B. Camarones

La pesca de camarón se da en todo el mundo pero principalmente en aguas frías profundas y en los trópicos. Importantes ecosistemas son afectados por la pesca de camarón pues otras especies son atrapadas en los arrastres y son frecuentemente desechadas como especies indeseadas y mueren pero algunas veces otros animales como aves y mamíferos marinos pueden utilizarlas en su dieta.

La pesca con redes de arrastre puede causar impactos importantes en la estructura de comunidades bentónicas (Duplisea *et al.* 2002). Lo ideal, sería que estas redes capturaran exclusivamente las tallas, sexo, calidad y cantidad deseados de la especie blanco. Sin embargo, pocos métodos pesqueros cumplen con estos criterios (NMFS 2003). Arrastres pequeños son usualmente utilizados para la pesca de camarón y arrastres grandes para peces pelágicos (Heredia 2001). En promedio 20 millones de toneladas de capturas de pesca marina son desechadas a nivel mundial cada año. Los pescadores prefieren desear estas especies antes de guardarlas porque estas toman el espacio que puede ser usado por las más valiosas. La preocupación no es acerca de los desechos, sino de la conservación de individuos potencialmente sensibles (Horsten y Kirkegaard 2002).

La información acerca de la composición y biomasa de las capturas comerciales en aguas profundas, es escasa. Sin embargo, resultados preliminares sugieren que la fauna acompañante es menor en aguas profundas que en aguas someras (Wehrtmann com. pers.).

Recomendaciones

A. Pianguas

Una de las formas más efectivas para enfrentar la sobreexplotación y la pobreza es organizando a los colectores de pianguas, de forma tal que se les eduquen sobre la mejor forma de explotar y comerciar el recurso. En los casos en donde las comunidades han logrado organizarse, estas a su vez se han convertido en vigilantes del recurso y su hábitat (Silva y Chaves 2001). Es importante revisar los valores sobre talla mínima de explotación establecida por la ley (47 mm), pues los manglares para los cuales existen datos poblacionales de la piangua su talla promedio tiende a ser menor a 47 mm (Ampie y Cruz 1989, Silva Benavides y Bonilla Carrión 2001).

B. Camarones

Desde el punto de vista de manejo uno de los principales problemas de las redes de arrastre es que genera la muerte de la fauna acompañante, situación que no es frecuentemente tomada en cuenta por las estadísticas de la pesca comercial. Esto significa que la pesca parecerá menos productiva de lo que realmente es. Por lo que se deben fomentar iniciativas para determinar la composición de la fauna acompañante y reducir su presencia en las capturas. Para un buen entendimiento se requiere que la fauna acompañante y los desechos puedan ser adecuadamente monitoreados y estimados, para así determinar los niveles críticos.

Es importante aprovechar la fauna acompañante que se pesca en grandes cantidades, por ejemplo para la producción de quitina y su principal derivado, el quitosán. Para extraer la quitina y el quitosán del camarón, se puede utilizar caparazones de los crustáceos que para la industria pesquera son desechos. La quitina es un compuesto natural con variados beneficios para el ser humano, útil en la industria farmacéutica, cosmética, de alimentos y empaques. De basura a materia prima que filtra agua contaminada, ofrece consistencia a alimentos procesados, atrapa grasas como el colesterol y los triglicéridos, es antibactericida y sirve como envoltura biodegradable, entre otros beneficios. Después de la celulosa, es el segundo polímero más abundante en el planeta, por lo que su utilización a gran escala en México es muy prometedora, como lo ha sido en Japón, en donde alrededor de 250 empresas explotan la quitina (Miranda Castro, com. pers.).

Se deben fomentar iniciativas para una pesca más selectiva, tal como el uso de nasas, redes modificadas u otros dispositivos que han sido desarrollados e introducidos para permitir el escape de peces pequeños y especies no-blanco. Parte de la investigación sobre pesquería de camarones debería estar enfocada a buscar el aprovechamiento de la fauna acompañante, sobre todo la de aguas someras.

Las medidas de manejo que garanticen un balance entre la capacidad de pesca y la productividad del recurso, en la mayoría de los casos no solo realizan el aprovechamiento sino también reducen la fauna acompañante indeseada. Estas medidas constituyen restricciones para los métodos de pesca y tamaño de las embarcaciones, además de la prohibición en tiempo y espacio, para así proteger el desove y los estadios de desarrollo sensibles. La reducción de la fauna acompañante también depende de la habilidad de los pescadores para reunir las especies blanco en tiempo y espacio, así la máxima producción es obtenida con un mínimo de desechos (Horsten y Kirkegaard 2002).

La regulación de las redes ha sido la medida más común para reducir la captura de especies blanco pequeñas a lo largo del siglo. Es importante considerar la sobrevivencia en el escape con el uso de ese método y perfeccionar la medida usando la tecnología tanto como sea posible.

Las vedas estacionales y temporales han sido una importante herramienta de manejo que limita la actividad pesquera cuando la producción es sub-óptima. No obstante se requiere de un buen conocimiento de la dinámica de las poblaciones como la época de desove y la distribución, localización y naturaleza de las agregaciones de multi-especies. El impacto de las vedas adoptadas no ha sido evaluado en detalle.

Agradecimientos

Agradecemos a Mario Espinoza Mendiola por su ayuda en la elaboración de este capítulo y a Ingo Wehrtmann por su apoyo y colaboración con información.

Referencias

- Alvarez-León, R. 2002. Aprovechamiento de los crustáceos de importancia comercial del Pacífico colombiano. pp. 1-35. In: M. Hendrickx (ed.), Contribuciones al Estudio de los Crustáceos del Pacífico Este. Inst. Cienc. Mar Limnol., UNAM, Vol. 1.
- Ampie, C. y R.A. Cruz. 1989. Tamaño y madurez sexual de *Anadara tuberculosa* (Bivalvia: Arcidae) en Costa Rica. *Brenesia* 31: 21-24.
- Araya, G. y S. Rodríguez. Relación entre la contaminación del agua de los manglares y los bivalvos del Estero de Puntarenas. Tesis de Licenciatura. Universidad de Costa Rica. 65 p.
- Campos-Montero, J.A., M.L. Fournier-Leiva y R. Soto-Soto. 1990. An estimate of the population of *Anadara tuberculosa* (Bivalvia: Arcidae) in Sierpe-Térraba, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 38, no. 2B. p. 477-480.
- Campos, M.J.A. 1995. Estado actual de la pesquería de la langosta espinosa (*Panulirus argus*) en el Caribe de Costa Rica. Informe. 12 p.

- Cortés, J. 1992. Los arrecifes coralinos del Refugio Nacional de Vida Silvestre Gandoca-Manzanillo, Limón, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 36: 191-207.
- Cruz, R.A 1984a. Algunos aspectos de la reproducción en *Anadara tuberculosa* (Pelecypoda: Arcidae) de Punta Morales, Puntarenas, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 32(1): 45-50.
- Cruz, R.A 1984b. Algunos aspectos reproductivos y variación mensual del índice de condición de *Anadara similis* (Pelecypoda: Arcidae) de Jicaral, Puntarenas, Costa Rica. *Brenesia* 22: 95-105.
- Cruz, R.A. 1999. Moluscos de manglar: especies de importancia comercial con posibilidades de cultivo. 185-193. In: Ammour, T., A. Imbach, D. Suman y N. Windevoxhel (Eds.). *Manejo Productivo de Manglares en América Central. Serie Técnica No.7*, CATIE, Costa Rica.
- Cruz, R.A.y J.A. Palacios. 1983. Biometría del molusco *Anadara tuberculosa* (Pelecypoda: Arcidae) en Punta Morales, Puntarenas, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 31(2): 175-179.
- FAO. 2004. Información sobre la ordenación pesquera de la República de Costa Rica. <http://www.fao.org/fi/fcp/es/CRI/body.htm>
- González, O.D. 2005. Reclutamiento postlarval de langosta de la familia Palinuridae (Decapoda) y sugerencias para un plan de monitoreo del recurso en el Parque Nacional Cahuita, Costa Rica. Tesis de Maestría en Gestión Integrada de Áreas Costeras Tropicales (GIACT). San José, CR. 57 p.
- Hendrickx, M. 1995. Camarones. Pp. 417-537. In: W. Fischer, F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K.E. Carpenter y V.H. Niem (eds.). *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de pesca. Pacífico centro-oriental. Vol. I. Plantas e invertebrados*. Roma, FAO.
- Holthuis, L.B. 1980. Shrimps and prawns of the world. An annotated catalogue of species of interest to fisheries. *FAO Fish. Synop.* 125 (1), 1-271.
- INCOPECSA, 2005. Memoria Institucional Administración 2004-2005. Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura. 88p.
- INCOPECSA. 2006. Estadísticas pesqueras. http://www.infoagro.go.cr/incopesca/estadis2_4.htm
- MacKenzie C.L. 2001. The fisheries for Mangrove Cockles, *Anadara* spp., from México to Peru, with descriptions of their habitats and biology, the fishermen's lives, and the effects of shrimp farming. *Mar. Fish. Rev.* 63(1):1-39.
- Mora Sánchez, E. M. 1990. Catálogo de bivalvos marinos del Ecuador. *Bol. Científico Técnico, Inst. Nacional de Pesca, Guayaquil, Ecuador* 10(1):1-136.
- Palacios, J.A., R. Angulo y J.A. Rodríguez. 1996. La pesquería de *Penaeus stylirostris* (Decapada: Penaeidae) en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 44: 225-231.
- Pizarro, F. y H. Angulo. 1993. Diagnóstico de los manglares de la costa Pacífica de Costa Rica. CATIE, UNA, Costa Rica. 82 p.
- Pizarro, F., L. Piedra, J. Bravo, J. Asch y C. Asch. 2004. Manual de Procedimientos para el Manejo de los Manglares de Costa Rica. EFUNA, Costa Rica. 130 p.
- Rostad, T., y K.L. Hansen. 2001. The effects of trawling on the benthic fauna of the Gulf of Nicoya, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 49: 91-95.
- Sierra, M.L. 1996. Evaluación de los recursos pesqueros en el litoral Caribe de Costa Rica; programa Caribe JAPDEVA-UNA. Heredia, Costa Rica. p. 3-7.
- Silva Benavides, A.M. y R. Bonilla Carrión. 2001. Abundancia y morfometría de *Anadara tuberculosa* y *Anadara similis* (Mollusca: Bivalvia) en el Manglar de Purruja, Golfo Dulce, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 46 (Supl. 2): 315-320.
- Silva, A.M. y Carrillo, N.N. 2004. El manglar de Purruja, Golfito, Costa Rica: un modelo para su manejo. *Rev. Biol. Trop.* 52 (Supl. 2): 195-201.
- Silva, A.M. y M. Chaves. 2001. Cuantificación sociobiológica del manglar de Purruja, Golfito, recomendaciones para su manejo. Puntarenas, Costa Rica. 82- 86 p. In: Pizarro, F., C. Gómez y R. Córdoba (eds.). *Humedales de Centroamérica: Síntesis de veintisiete estudios e iniciativas sobre educación, investigación, manejo y conservación de humedales y zonas costeras*. UICN/ORMA, San José, Costa Rica.
- Solórzano, R., R. De Camino, R. Woodward, J. Tosi, V. Watson, A. Vásquez, C. Villalobos, J.A. Jiménez, R. Repetto y W. Cruz. 1991. *Accounts Overdue: Natural resource depreciation in Costa Rica*. World Resources Institute. Washington D.C. 110 p.
- Tabash, F.A. 1995. An assessment of pink shrimp (*Penaeus brasiliensis*) populations, in three areas of the Caribbean coast of Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 43: 239-250.
- Tabash, F.A., y J.A. Palacios. 1996. Stock assessment of two penaeid prawn species, *Penaeus occidentales* and *Penaeus stylirostris* (Decapada: Penaeidae), in Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 44: 595-602.
- Umaña, R. y D. Chacón. 1994. Asentamiento en estadios post larvales de la langosta *Panulirus argus* (Decapada: Palinuridae), en Limón, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 42: 585-594.

- Umaña, H.A., A.R. Vásquez, R. Soto, F. Mejía-Arana, E. Arrieta, H. Ortega, H. Fujita, y K. Hiramatsu. 2003. Alguna información sobre las especies presentes en las capturas con red de arrastre por barcos camaroneros en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. Proyecto JICA: Manejo Sostenible de las Pesquerías en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. Informe corto No. 4, octubre 2003.
- Umaña, H.A., A.R. Vásquez, R. Soto, F. Mejía-Arana y K. Hiramatsu. 2004. Estimación de la longitud del caparazón a la primera madurez de las gónadas y la tendencia de maduración estacional del camarón blanco (*P. occidentalis* y de *P. stylinostriis*) en el Golfo de Nicoya, Costa Rica .Proyecto JICA: Manejo Sostenible de las Pesquerías en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. Informe corto No. 5, febrero 2004.
- Varela, I. 2001. Las visionarias del Golfo. Revista Dominical, Sociedad. La Nación 15 de abril. (<http://www.nacion.com/dominical/2001/abril/15/dominical0.html>).
- Vega, A.J. 1994. Estructura de la población, rendimiento y épocas reproductivas de *Anadara* spp. (Bivalvia: Arcidae) en la Reserva Foresal Térraba-Sierpe, Puntarenas, Costa Rica. Con recomendaciones para su manejo. Tesis Maestría, Universidad de Costa Rica. 119 p.
- Villolobos, C.R. y A. Báez. 1983. Tasa de crecimiento y mortalidad en *Anadara tuberculosa* (Bivalvia: Arcidae) bajo dos sistemas de cultivo en el Pacífico de Costa Rica. Rev. Lat. Acui. 17:1-8.
- Wehrtmann, I.S. 2003. Situación de la pesca de langosta en Costa Rica. Memorias del taller Recurso langosta y su vinculación con la comunidad ¿Dónde estamos y a donde vamos? Cahuita, Costa Rica.
- Wehrtmann, I.S. 2004. El recurso langosta y su vinculación con la comunidad del Caribe de Costa Rica: un estudio multidisciplinario del Área de Conservación Amistad Caribe. Informe Final: Proyecto Langosta. 20 p.
- Wehrtmann, I.S. y V. Nielsen. 2004. In: Mantelatto, F.L., A.L. Meireles and R. Biagi (eds). Fishery biology of *Heterocarpus vicarius* (Caridea: Pandalidae) off Pacific Costa Rica, Central America: a public-private partnership project. Book of program and abstracts of 3 rd Brazilian Crustacean Congress y The Crustacean Society Meeting. Florianópolis-Santa Catarina-Brazil. October 24 to 28, 2004.
- Wehrtmann, I.S., V. Nielsen y F. Villalobos, 2005. In: Programa y resúmenes. XXV Congreso de Ciencias del Mar. Aspectos biológico-pesqueros del camarón *Solenocera agassizii* (Decapoda: Solenoceridae) en la pesca comercial del Pacífico de Costa Rica. Viña del Mar, 16-20 Mayo de 2005.
- Wehrtmann, I.S. y S. Echeverría-Sáenz, 2005. In: Programa y resúmenes. XXV Congreso de Ciencias del Mar. Fauna acompañante de la pesca de *Heterocarpus vicarius* (Decapoda: Pandalidae), en la costa Pacífica de Costa Rica, América Central. Viña del Mar, 16-20 Mayo de 2005.
- Wehrtmann, I.S. y V. Nielsen. 2005. In: Abstracts. Reproduction of the deepwater shrimp *Heterocarpus vicarius* (Decapoda: Pandalidae) along the Pacific Costa Rica. Sixth International Crustacean Congress. Glasgow, Scotland, UK. 18-22 July 2005.

Cuadro 1. Exportaciones de camarón marino por especie en kilogramos y dólares para Costa Rica: 2004

PRODUCTO	KILOGRAMOS	DOLARES
Camarón Pelado	59 679	330 462
Camarón Blanco	157 076	2 155 168
Camarón Aserrín Pelado	31 568	91 356
Camarón Café	276	4 200
Camarón Camello	14 964	120 733
Camarón Fidel	119 654	920 798
Camarón Rosado	1 230	15 757
Camarón Rojo	31 009	152 947
TOTAL	415 456	3 791 422

Fuente: Departamento de Mercadeo – INCOPECA 2005.

Cuadro 2. Exportaciones de camarones marinos en kilogramos y dólares para Costa Rica: 2001-2004

AÑO	KILOGRAMOS	DÓLARES
2001	521 977	5 466 778
2002	507 664	5 001 129
2003	456 441	3 503 456
2004	415 456	3 791 422

Fuente: Departamento de Mercadeo – INCOPECA 2005.

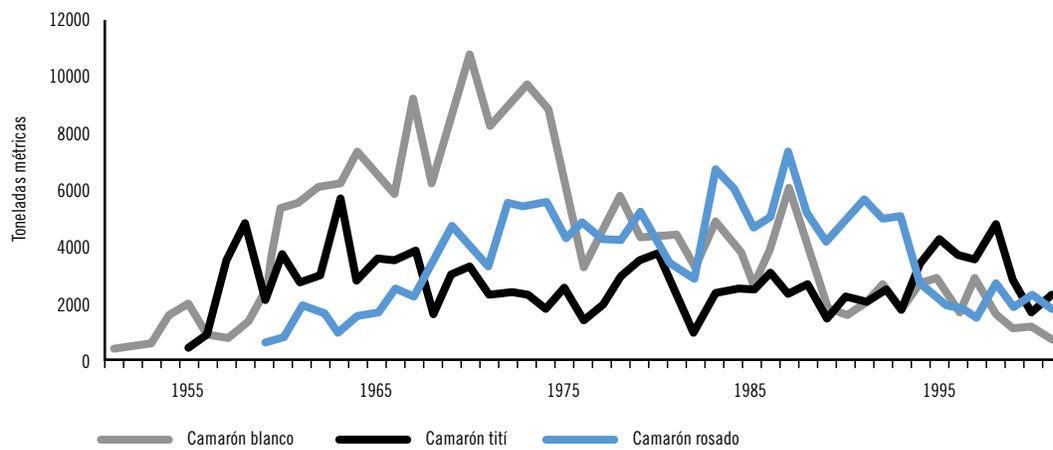


Figura 1. Capturas reportadas (toneladas métricas) para tres grupos de camarones en el Pacífico de Costa Rica. Fuente: Ma. Luisa Furnier, Ponencia Marino Costera 2004.



Figura 2. Forma de colecta de la piangua de manglar (tomado de MacKenzie 2001).

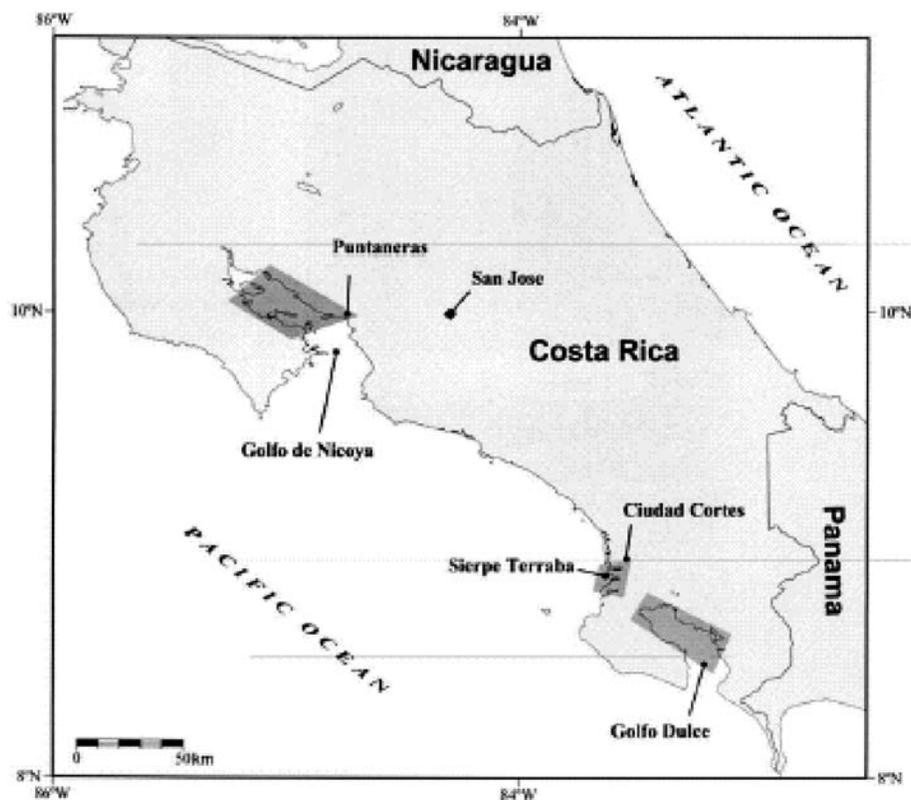


Figura 3. Sitios donde se colecta la piangua en Costa Rica (tomado de MacKenzie 2001).

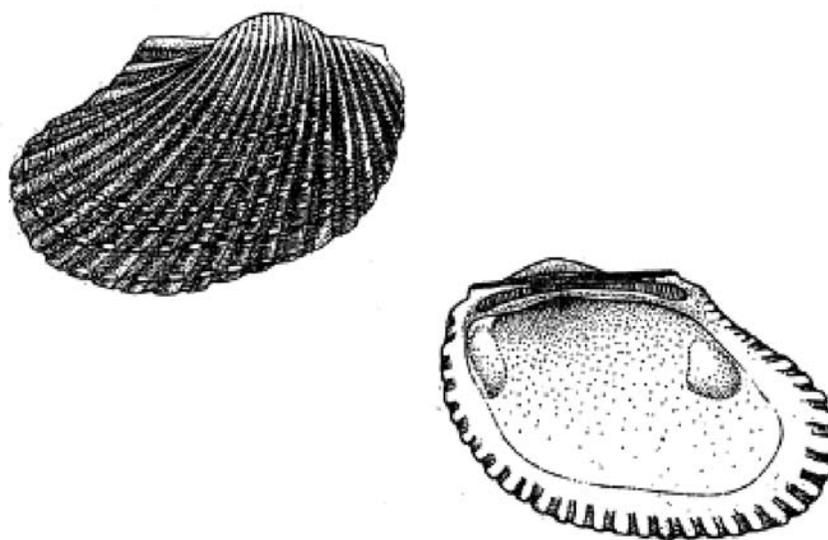


Figura 4. Vista interior y exterior de *Anadara tuberculosa* (tomado de Mora Sánchez 1999).

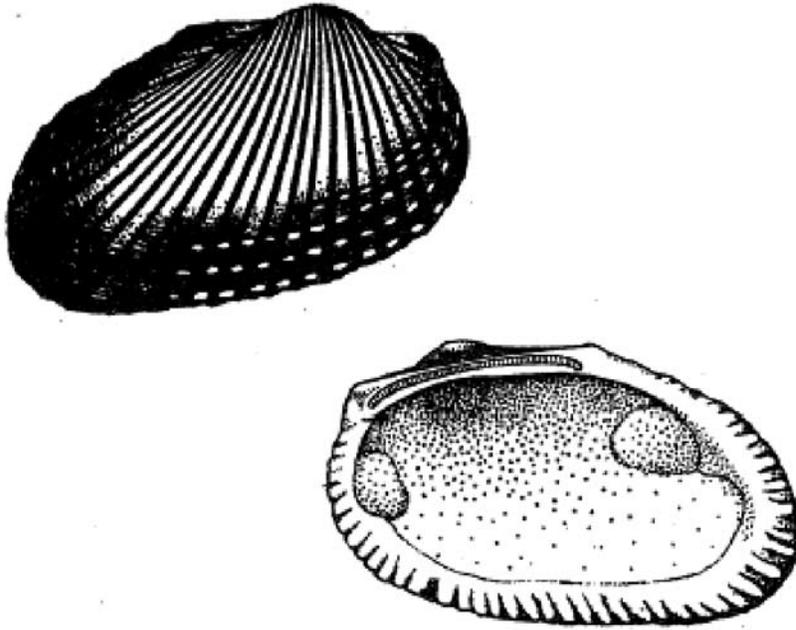


Figura 5. Vista interior y exterior de *Anadara similis* (tomado de Mora Sánchez 1999).

CAPITULO IX

TIBURONES

Mario Espinoza Mendiola¹⁰

Resumen: Los tiburones han sido un grupo de peces cartilaginosos muy exitoso desde que aparecieron hace unos 450 MA en el registro fósil. Actualmente constituyen un valioso recurso para la economía de muchos países costeros, sin embargo el aumento en la presión pesquera ha ocasionado una disminución drástica de las poblaciones en todo el mundo. A pesar del enorme éxito, son particularmente vulnerables a la sobre-explotación debido a la larga duración del desarrollo embrionario (de 3 a 22 meses), el lento crecimiento post-embrionario y además, la madurez sexual no es alcanzada hasta edades avanzadas en su desarrollo. Todas estas características combinadas con una baja fecundidad y la sobre-pesca imponen límites drásticos en las tasas de incremento individual y poblacional. Actualmente, el aumento en la pesca de tiburones en los océanos del mundo ha llegado a generar un debate internacional sobre las posibles consecuencias que dicha presión pueda tener sobre el estado de sus poblaciones. En general, las opiniones coinciden sobre la creciente necesidad de regular la pesquería del tiburón, así como aquellas actividades en las que los tiburones constituyen un alto porcentaje de la captura incidental. El Pacífico de Costa Rica es uno de los sitios sobre los que existe mayor intensidad de pesca, principalmente debido a la riqueza biológica de la zona y a la gran extensión de la Zona Económica Exclusiva. La sobre-pesca dentro de la plataforma costera de Costa Rica ha tenido un enorme impacto sobre las poblaciones de tiburones, especialmente sobre los juveniles o individuos no reproductivos, afectando a las poblaciones adultas e impidiendo una pronta recuperación natural. La limitada información de la biología y ecología de los peces cartilaginosos en Costa Rica, ha hecho difícil determinar la tolerancia de sus poblaciones a la sobre-pesca, y ha complicado el ordenamiento del recurso y el desarrollo de estrategias y políticas de conservación. La protección y conservación de los tiburones en aguas de Costa Rica depende, no sólo del esfuerzo nacional, sino también de la regulación de la pesquería y control sobre las embarcaciones extranjeras. Entre las principales limitaciones que presenta el país para avanzar en la regulación de la pesquería de tiburones se pueden mencionar las siguientes: 1) falta de personal y presupuesto en las instituciones nacionales para lograr hacer efectivas las regulaciones de pesca establecidas, 2) limitantes para la obtención de información científica sobre la captura de tiburones por especie, estimación de índices de abundancia, biología y ecología poblacional, en aguas dentro y fuera de la plataforma continental de Costa Rica, 3) estudios que incluyan patrones de actividad diaria y migración, 4) la identificación y protección de zonas de crianza, que

10 Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica. 2060 San Pedro, San José, Costa Rica, marioespinoza@hotmail.com

resguarden a los tiburones juveniles y adultos no reproductivos, 5) estudios de genética poblacional que evidencien la interconexión entre poblaciones y sustenten el desarrollo de Áreas Marinas Protegidas en el territorio nacional, reconociendo así, las unidades básicas para un manejo adecuado de las especies de peces cartilagosos de Costa Rica. En conclusión la generación de información en cada uno de los puntos citados anteriormente (i.e., zonas de crianza, programas de marcaje y genética de poblaciones) es fundamental para generar estrategias de manejo y conservación del recurso del tiburón. Además, la mayoría de los planes de manejo deberán considerar aspectos regionales, puesto que los tiburones costeros y pelágicos son especies altamente móviles y con patrones de migración que no se restringen a las aguas del territorio nacional. También se recomienda iniciar un Programa Nacional de Marcaje de Tiburones y Rayas, que cuente con el apoyo del sector pesquero, el sector científico y Organizaciones No Gubernamentales de Costa Rica. Este programa tendrá como objetivo principal la generación de información biológica y pesquera de interés que sea capaz de llenar los vacíos en la información y sustente el desarrollo de planes reguladores para la pesquería del recurso tiburón.

Introducción

Los tiburones constituyen un grupo de peces cartilagosos sumamente exitoso, que aparece hace aproximadamente 450 millones de años en el registro fósil, durante el periodo Silúrico-Ordovícico (Compagno 1990). Durante su historia biológica se han enfrentado a toda una serie de presiones selectivas, entre ellas varios eventos de extinción masiva, de las cuales han salido victoriosos. Actualmente existen cerca de 1000 especies de peces cartilagosos (tiburones y rayas), y aproximadamente 450 especies de tiburones. Este grupo representa, junto a los peces óseos, el primer grupo de vertebrados mandibulados (Compagno 1984).

Hoy en día, los tiburones presentan esencialmente, la misma estructura (diseño), forma y función que cuando aparecieron. Aunque muchas veces se les describe como primitivos, los tiburones se encuentran en el extremo de la carrera biológica, habiendo logrado adaptarse exitosamente para sobrevivir y consolidarse entre los más eficientes depredadores marinos (Hamlett 1999). En general, son especies de distribución cosmopolita, y han colonizado con gran éxito ambientes bénticos, pelágicos, estuarinos, dulceacuícolas y de profundidad.

El éxito que han alcanzado desde un inicio se debe a que poseen, al igual que los vertebrados superiores, fertilización interna, al modificar las aletas pélicas en una estructura copuladora (mixopterigio). Al compararlos con la mayoría de los peces óseos, que poseen fertilización externa y ponen miles de huevos, los tiburones comúnmente tienen puestas de alrededor de 12 o menos crías; algunas especies llegan a poner hasta 136 crías, mientras otras únicamente 2 (Hamlett 1997). En este sentido, los tiburones han optado por una mejor estrategia en cuanto a la supervivencia de la especie: la calidad sobre la cantidad. Además, cumplen un papel ecológico de gran importancia en las redes alimenticias marinas, consolidándose como el grupo de depredadores de mayor importancia en los ecosistemas marinos, tanto costeros como pelágicos (Curie *et al.* 2003).

A pesar del enorme éxito que han tenido, los peces cartilagosos han sido particularmente vulnerables a la sobre-explotación debido a una serie de características que presentan. Entre ellas, se pueden citar: la larga duración del desarrollo embrionario (de 3 a 22 meses), el lento crecimiento post-embrionario y además, la madurez sexual no es alcanzada hasta edades avanzadas en su desarrollo (Holden 1974, Wourms y Demski 1993). Todas estas características combinadas con una baja fecundidad y el aumento en las presiones pesqueras, imponen límites drásticos en las tasas de incremento individual y poblacional.

Distribución

Los tiburones y las rayas se distribuyen en todos los mares y océanos del mundo, en las regiones tropical, subtropical, templada y polar. Algunas especies son costeras, mientras que otras son principalmente pelágicas, o habitan profundidades que superan los 500 m. El mayor número de especies se observa en las zonas tropicales, con una disminución latitudinal de la riqueza hacia las zonas subtropicales y templadas (Compagno 1990). Algunas especies como el tiburón toro (*Carcharhinus leucas*) han colonizado sistemas dulceacuícolas como ríos y lagos. Los tiburones toro de Costa Rica realizan migraciones desde el mar Caribe, desplazándose por el río San Juan hasta llegar al lago de Nicaragua (Thorson *et al.* 1966). Otros tiburones como el punta blanca (*Traenodon obesus*) y nodriza (*Ginglymostoma*

cirratum) presentan un modo de vida bentónico y sedentario, con una distribución más reducida que los grupos pelágicos (Compagno 1984).

En algunos grupos de tiburones, como los tiburones azules (*Prionace glauca*), se han observado grandes agrupaciones en las cercanías de los arrecifes coralinos. Otras agregaciones importantes, de gran atractivo para el turismo, son las agregaciones de tiburones martillo (e.g., *Sphyrna lewini*) que se observan comúnmente en montañas submarinas como en el Golfo de California (Klimley *et al.* 1988) o en islas oceánicas del Pacífico Oriental Tropical como la Isla del Coco, Galápagos, Malpelo y Gorgona. Este hecho permite suponer que estas islas funcionan como posibles rutas migratorias entre poblaciones o que constituyan una misma población. Actualmente la ONG PRETOMA (2005) ha iniciado un proyecto de marcaje, con cooperación extranjera, para estudiar los patrones de movimiento de tiburones martillos en la Isla del Coco, lo cual podría generar información muy valiosa que sustente el establecimiento de un corredor marino y además que promueva el manejo de la pesquería de tiburones fuera de la Zona Económica Exclusiva (ZEE) de Costa Rica.

Alimentación

Desde el punto de vista ecológico los tiburones presentan una amplia alimentación y además son considerados como los más eficientes depredadores marinos (Motta y Wilga 2001). La mayoría de tiburones se alimentan de grandes organismos acuáticos nadadores, como cefalópodos (e.g., pulpos, calamares) y peces pelágicos (e.g., dorados, atún, marlin, pez espada). Ciertas especies como el tiburón tigre (*Galeocerdo cuvier*) y el tiburón blanco (*Carcharodon carcharias*) son más restringidas en cuanto a su alimentación, y su dieta incluye tortugas marinas y mamíferos marinos (e.g., delfines, leones marinos y focas). Otros grupos de tiburones como los punta blanca (*Triaenodon obesus*) y nodriza (*Ginglymostoma cirratum*) se han adaptado a alimentarse de invertebrados bentónicos, como moluscos, crustáceos y equinodermos (Hamlett 1999). Por último, uno de los grupos de tiburones más especializado, incluye al tiburón ballena (*Rhincodon typus*), que ha modificado su sistema mandibular en una estructura filtradora de planctón (Colman 1997).

Reproducción

Los tiburones se reproducen mediante fertilización interna al modificar sus aletas pélvicas como estructuras copuladoras o myxopterigios. Después de que se lleva a cabo la fecundación los huevos son transportados al útero a través de un conducto especial, en la región anterior del oviducto denominada glándula de la concha o nidimental. El tipo de cobertura en el huevo depende del modo de reproducción (Hamlett 1997). En el caso de especies ovíparas los huevos son protegidos con una gruesa capa de albumen, la cual le permite resistir los cambios externos, golpes, y en algunos casos, la depredación. Otras especies ovíparas cubren el huevo con filamentos que permiten que el embrión pueda sujetarse a algún sustrato hasta el momento de eclosión (Compagno 1990). En general existen tres tipos de estrategias reproductivas:

Oviparismo: Este es el modo más primitivo de reproducción. Las hembras tienen huevos grandes con vitelo para nutrir a los juveniles durante su desarrollo. No hay cuidado parental en el desarrollo del juvenil. El huevo es una cápsula de fibras de proteína que cubre al embrión durante el desarrollo, para ser liberado posteriormente al ambiente. El desarrollo continúa en la cápsula del huevo por varios meses hasta un año (Hamlett 1999). Un ejemplo es el tiburón cornudo (*Heterodontus mexicanus*)

Ovoviviparismo: Los embriones en el útero de la hembra se alimentan de vitelo. No hay conexión placentaria con la madre. Los juveniles nacen cuando se completa el desarrollo. Una de las variaciones de esta estrategia es el canibalismo intrauterino. En el tiburón tigre (*Carcharias taurus*), el primer embrión en nacer se alimenta de los embriones restantes y luego consume los huevos no fertilizados (Gilmore 1993); de este modo, nace un tiburón en cada útero (dos en total). La oofagia es otra modificación del ovoviviparismo, en la cual las crías se alimentan únicamente de los huevos no fertilizados (Francis y Stevens 2000)

Viviparismo: Es el modo de reproducción más común en tiburones y los embriones resultantes usualmente alcanzan un gran tamaño al nacer. La mayoría de las especies de interés comercial presentan esta estrategia de reproducción. Los embriones se desarrollan dentro del saco vitelino y existe una conexión pseudoplacéntica entre el saco vitelino y la pared uterina (Hamlett 1999). Los tiburones costeros del género *Mustelus* (Carcharhinidae) y las cornudas del género *Sphyrna* (Sphyrnidae) son algunos

representantes del grupo de tiburones vivíparos (Compagno 1990).

Migraciones

Los tiburones son organismos altamente migratorios. En la región Centroamericana, la mayoría de las especies de importancia comercial se mueven hacia el norte a lo largo de la costa a medida que las temperaturas aumentan en verano, y hacia el sur en el invierno cuando disminuyen en el hemisferio norte (Instituto Nacional de la Pesca 2002). Además se pueden establecer migraciones longitudinales hacia dentro y fuera de la costa, debidas principalmente a cambios térmicos y al comportamiento reproductivo de cada especie (Colman 1997, Herman *et al.* 2001, Kohker y Turner 2001; Hueter *et al.*, 2004). Existen especies de mayor actividad como los tiburones zorro (*Alopias superciliosus*) y azul (*Prionace glauca*), que realizan migraciones verticales hacia el fondo oceánico durante el día y luego suben a la superficie durante la noche para alimentarse (Weng y Block 2004).

Situación Actual

De acuerdo al Grupo Técnico de la FAO sobre la Conservación y Ordenación del Tiburón, la pesca de elasmobranquios ha aumentado significativamente durante los últimos 30 años en los océanos de todo el mundo (FAO 1995). Son capturados por modalidad de pesca dirigida, pero también forman parte de la pesca incidental (bycatch), como fauna acompañante, en la captura de atunes y picudos (Musick *et al.* 2000). Durante un tiempo se despreció la mortalidad pesquera, dado que su captura se consideraba incidental y nunca fue objeto de pesquerías dirigidas. Sin embargo, la creciente demanda en el mercado mundial ha llevado a la necesidad de considerar el posible impacto de la pesquería sobre cada una de las especies (Fig. 1). También se debe considerar la pesca no dirigida y el impacto que pueden tener sobre otras poblaciones, como la de grandes pelágicos, entre ellos dorado, atunes, pez espada, pez vela y otras.

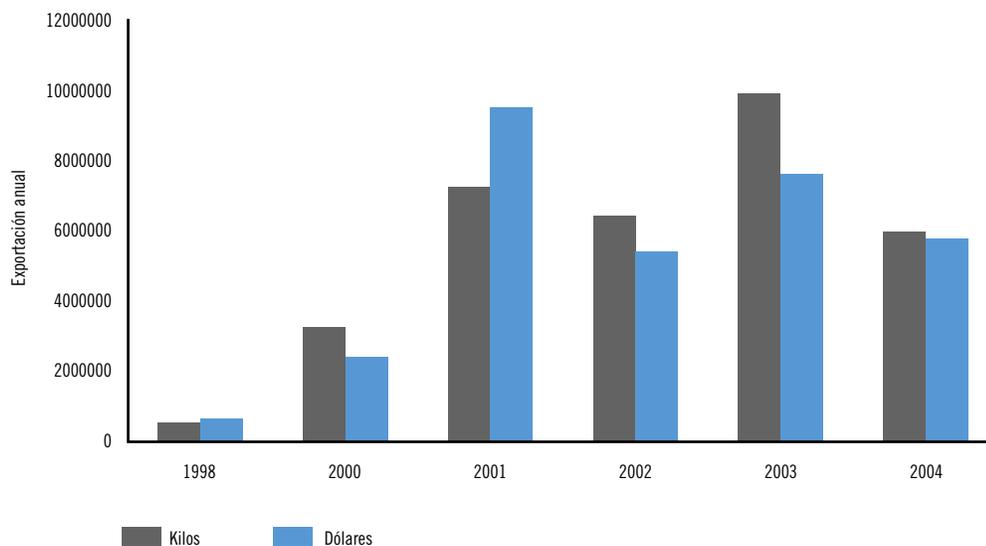


Figura 1. Exportaciones anuales de tiburones para Costa Rica (1999-2004). Fuente: Departamento de Mercadeo – Incopescas 2005.

Actualmente más de 700 000 toneladas de peces cartilaginosos, entre ellas tiburones y rayas, son extraídas anualmente en todo el mundo. A pesar de que esta cifra continúa aumentando, representa menos del 1% de la captura total de peces (Bonfil 1994). Los tiburones constituyen un valioso recurso para la economía de muchos países costeros, que dependen de esta pesquería, tanto en la zona costera como en aguas abiertas, fuera de la plataforma continental. El aumento en la pesca de tiburones en los océanos del mundo ha llegado a generar un debate internacional sobre las posibles consecuencias que dicha presión pueda tener sobre el estado de sus poblaciones. En general, las opiniones coinciden sobre

la creciente necesidad de regular las pesquerías del tiburón, así como aquellas actividades en las que los tiburones constituyen un alto porcentaje de la captura incidental (Arauz *et al.* 2004, INCOPESCA 2005).

La sobre-explotación que afecta a la pesquería se debe principalmente, al aumento en la demanda del mercado mundial, sobre todo en países asiáticos en donde las aletas del tiburón son consideradas como un valioso recurso (Fig. 2, Cuadro 1). Este aumento en la demanda del tiburón ha impulsado un incremento en la presión de pesca y, por consiguiente, una disminución en las poblaciones de peces cartilaginosos en el mundo (Cuadro 2, Araúz *et al.* 2004).

Además, muchas de las especies de tiburones sobre-pescadas, han sido catalogadas como especies vulnerables o en estado crítico según la Convención sobre el Intercambio Internacional de Especies en Peligro de Flora y Fauna (CITES) y por el panel de expertos en tiburones de la IUCN (Cuadro 3). Sin embargo, en la mayoría de los casos se desconoce el estado poblacional debido principalmente a la falta de información biológica y pesquera (IUCN 2003; CITES 2005).

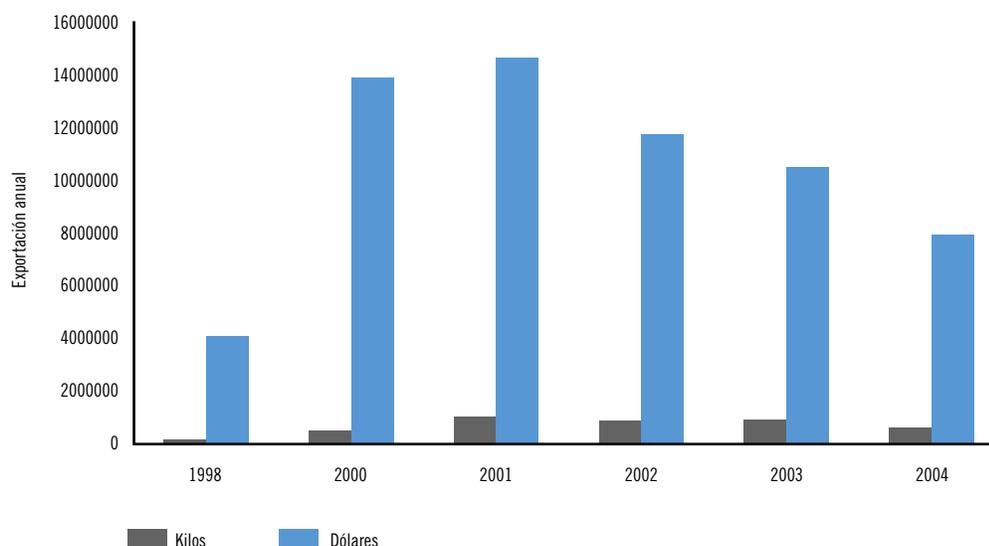


Figura 2. Exportaciones anuales de aleta de tiburón para Costa Rica (1999-2004). Fuente: Departamento de Mercadeo – Inco-pesca 2005.

Cuadro 1. Exportaciones totales de aleta de tiburón en kilogramos y dólares para Costa Rica: 2003-2004.

Fuente: Departamento de Mercadeo – Inco-pesca 2005.

AÑO	KILOGRAMOS	DÓLARES
2003	894 287	10 542 598
2004	570 036	8 850 112

Cuadro 2. Exportaciones totales de tiburón en kilogramos y dólares para Costa Rica: 2003-2004.

Fuente: Departamento de Mercadeo – Inco-pesca 2005.

AÑO	KILOGRAMOS	DÓLARES
2003	10 093 515	7 871 206
2004	5 928 921	5 826 046

Cuadro 3. Distribución, uso y composición taxonómica de las especies de importancia comercial en Costa Rica. Los tiburones azul y gris componen el 80% de las capturas en Costa Rica. Estado según la UICN: DD – Deficiencia en datos, A – Amenazado. Fuente: Rojas M. Rodrigo. Diagnóstico de la Pesquería del Tiburón en Costa Rica, con alcances a Centro América. 2000.

Nombre científico	Nombre común	Estado	Distribución		Uso Comercial	
			Pelágico	Costera	Carne	Aleta
<i>Alopias superciliosus</i>	Tiburón zorro ojón	DD	X		X	X
<i>Alopias pelagicus</i>	Tiburón zorro	DD	X		X	X
<i>Carcharhinus albimarginatus</i>	Tiburón punta blanca	-		X	X	X
<i>Carcharhinus altimus</i>	Tiburón mamón	-		X	X	X
<i>Carcharhinus falsiformis</i>	Tiburón gris	-	X		X	X
<i>Carcharhinus galapagensis</i>	Tiburón de galápagos	-	X		X	X
<i>Carcharhinus leucas</i>	Tiburón toro	A		X	X	X
<i>Carcharhinus limbatus</i>	Tiburón punta negra	A		X	X	X
<i>Carcharhinus longimanus</i>	Tiburón perro	A	X		X	X
<i>Carcharhinus porosus</i>	Tiburón poroso	-		X	X	X
<i>Galeocerdo cuvier</i>	Tiburón tigre	A		X	X	X
<i>Isurus oxyrinchus</i>	Tiburón mako	A	X		X	X
<i>Mustelus dorsalis</i>	Tiburón cazón	DD		X	X	
<i>Mustelus lunulatus</i>	Tiburón cazón	DD		X	X	
<i>Nasolamia velox</i>	Tiburón pico blanco	-		X	X	X
<i>Negaprion brevirostris</i>	Tiburón limón	A		X	X	X
<i>Prionace glauca</i>	Tiburón azul	A	X		X	
<i>Rhizoprionodon longurio</i>	Tiburón picudo	-		X	X	
<i>Sphyrna corona</i>	Cornuda	-		X	X	
<i>Sphyrna lewini</i>	Cornuda común	A	X	X	X	X
<i>Sphyrna media</i>	Cornuda	-		X	X	
<i>Sphyrna mokarran</i>	Cornuda	DD	X	X	X	X
<i>Sphyrna tiburo</i>	Cornuda de corona	-	X	X	X	
<i>Sphyrna zygaena</i>	Cornuda	A	X	X	X	X
<i>Trianonodon obesus</i>	Punta blanca	-		X	X	X

Pesquería del Tiburón

La costa Pacífica de Costa Rica ha sido históricamente uno de los sitios de mayor importancia para la economía del país (Fig. 3), en particular para las comunidades costeras del Golfo de Nicoya (Araya 1984, Rojas *et al.* 1994) y el Golfo Dulce (Campos 1989, Wolf *et al.* 2001). Además, es uno de los sitios con mayor intensidad de pesca, debido principalmente, a su riqueza biológica, al desarrollo urbano-costero y a la gran extensión de la Zona Económica Exclusiva (ZEE) (INCOPECA 2005, Rojas *et al.* 2005).

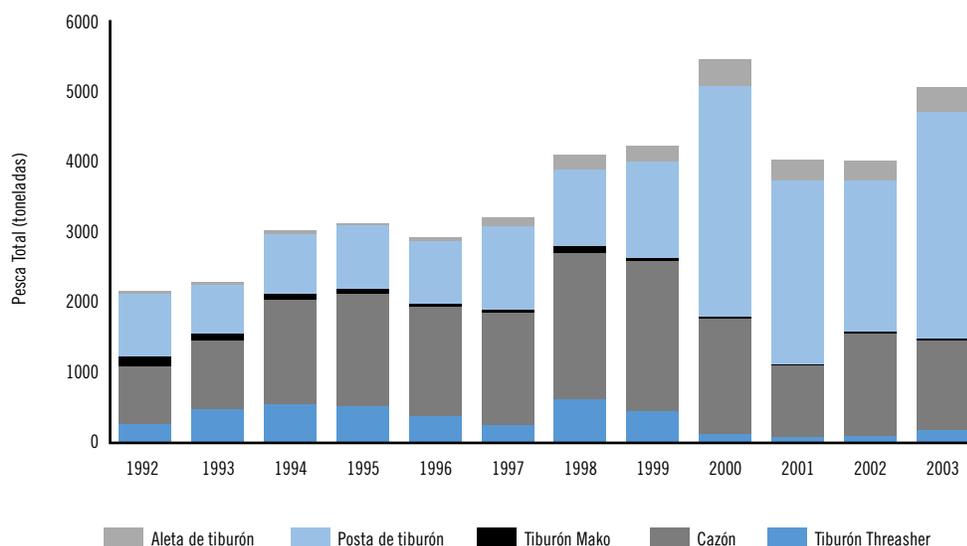


Figura 3. Pesca total (en toneladas) del tiburón en el Pacífico de Costa Rica (1992-2004).

Fuente: Departamento de Mercadeo – Incopecsa 2005.

El impacto del esfuerzo pesquero dentro de los golfos, afecta especialmente los estadios juveniles e individuos no reproductivos, repercutiendo sobre las poblaciones adultas e impidiendo una pronta recuperación natural (Erdman 1971, Bartels y Price 1983, Bonfil 1994, INCOPECSA 2005). Por esta razón, gran parte de la actividad pesquera que se localizaba dentro de los Golfos de Nicoya y Dulce ha tenido que extenderse a regiones más lejanas de la plataforma continental, inclusive fuera de la (ZEE) de Costa Rica. En el Caribe de Costa Rica, la pesca es más bien de carácter artesanal, y las descargas de tiburón reportadas, no son comparables con las del Pacífico nacional (Fig. 4).

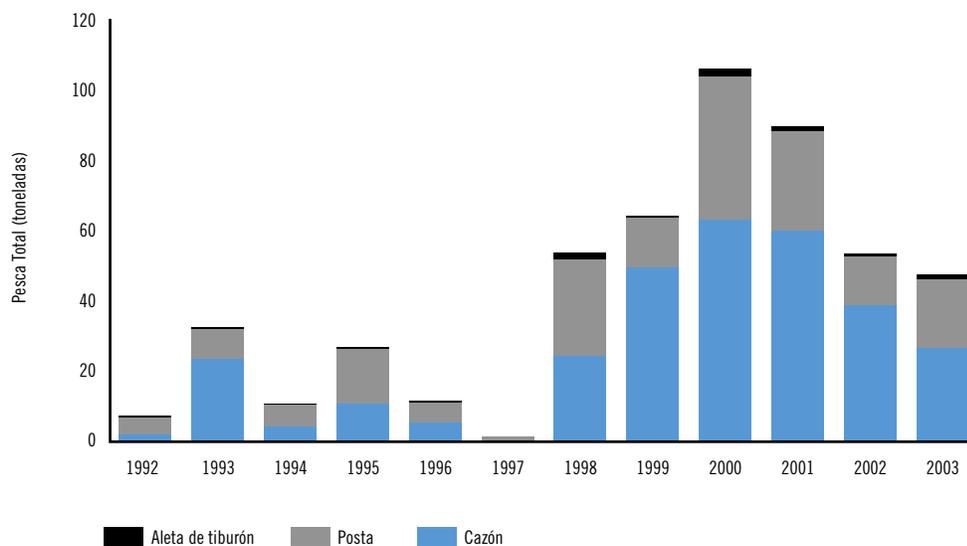


Figura 4. Pesca total (en toneladas) del tiburón en el Atlántico de Costa Rica (1992-2004).

Fuente: Departamento de Mercadeo – Incopecsa 2005.

Los tiburones oceánicos son capturados en grandes cantidades en las diversas pesquerías alrededor del mundo y constituyen un recurso frágil y susceptible a la sobre-explotación en comparación con los peces teleósteos (Compagno 1990; Bonfil 1994). La mayoría de las especies de tiburón son altamente migratorias, lo que dificulta la obtención de información sobre capturas, índices de abundancia, biología y ecología de las especies, así como el establecimiento de medidas de manejo, ordenamiento y conservación del recurso.

La pesquería de palangre de deriva es de las más importantes alrededor del mundo en la captura de pelágicos de gran tamaño, principalmente especies de interés comercial como atunes y picudos (INCOPECA 2005). En esta pesquería frecuentemente se capturan tiburones oceánicos como parte importante de las capturas. La cantidad de tiburones oceánicos en las capturas de palangreros se desconoce con exactitud, lo cual dificulta la evaluación apropiada de estas pesquerías (Bonfil 1994). La flota palangrera asiática inició exploraciones pesqueras en el Océano Pacífico Oriental en 1956, acercándose a las costas de países como México y luego extendiéndose hacia Centro América. Hasta hace poco tiempo, Costa Rica no controlaba el aleteo de tiburones, práctica que ha sido prohibida y declarada como pesca no responsable según la FAO (FAO 1995, PRETOMA 2005) y el grupo de especialistas de tiburones de la IUCN (IUCN 2003).

Actualmente, mediante un convenio entre el INCOPECA y el Colegio de Biólogos de Costa Rica, existe un sistema de recolección de la información de los desembarques de la flota palangrera. En este sistema se recolecta la siguiente información: 1) número de inspección, 2) fecha del desembarque, 3) nombre del regente, 4) nombre de la embarcación, 5) puerto del desembarque, 6) número de troncos de tiburón y fauna acompañante y 7) el peso total desembarcado. Esta información, que previamente no se incluía en los desembarques, permite estimar el aporte absoluto y relativo de los desembarques según especies de tiburón, además contribuye a tener mayor información de la fauna acompañante. Actualmente, los tiburones gris (*Carcharhinus falciformis*) y azul (*Prionace glauca*) constituyen el 74.9% y 21.6%, respectivamente, de los desembarques reportados (Cuadro 4).

Cuadro 4. Desembarque total según especie de tiburón durante el año 2004-2005, Pacífico de Costa Rica. Fuente: Departamento de Estadística del INCOPECA, 2006.

Nombre común	2004		2005	
	Cuerpo (Kg)	Aleta (Kg)	Cuerpo (Kg)	Aleta (Kg)
Tiburón gris	5293936	407798	3810655	293710
Tiburón azul	1467429	150612	1369885	162992
Cornuda	155328	11545	144498	10782
Tiburón perro	112907	8355	180668	20081
Tiburón zorro ojón	62524	4605	141108	8625
Tiburón punta negra	19720	750	9928	800
Tiburón mako	14498	1125	41695	2725
Otros	8968	1078	3303	206
Tiburón tigre	372	1	123	5
Cornuda blanca	320	33	0	0
Tiburón martillo	169	4	4090	196
Cornuda rosada	75	9	0	0
Cornuda fusia	34	0	0	0
Tiburón Cazón	0	0	524	26
Tiburón zorro	0	0	119	14
TOTAL	7136280	585915	5706596	500162

Con la entrada y desembarque de tiburones y sus aletas, por parte de embarcaciones extranjeras en Costa Rica, en el año 2001 el INCOPESCA adoptó el Acuerdo No.A.J.D.I.P./047-2001, mediante el cual se establecieron una serie de disposiciones obligatorias para la explotación y aprovechamiento de esos recursos. No obstante, dicha normativa debió ser actualizada y ello llevó la adopción del Acuerdo No.A.J.D.I.P./415-2003. Paralelamente, se estableció un Convenio de Cooperación que permitió implementar un Sistema de Regencias Pesqueras con el Colegio de Biólogos de Costa Rica, propiciándose de esta manera un mayor y más efectivo control sobre los desembarques del recurso. Sin embargo, dicho acuerdo (Acuerdo No.A.J.D.I.P./415-2003) generó mucha polémica en cuanto a la conservación del recurso tiburón en el país, debido principalmente a que permitía que las descargas de tiburones provinieran con las aletas no adheridas al cuerpo (Cuadro 5, Cuadro 6; Segura y Mug 2003).

Cuadro 5. Desembarques de tiburones y aletas reportados en toneladas métricas para la flota nacional en Costa Rica (1988-2004). Fuente: Departamento de Mercadeo – Incopescas 2005.

AÑO	CUERPOS	ALETAS
1990	1628	16
1991	1518	5
1992	1893	16
1993	1823	38
1994	2465	20
1995	2601	17
1996	2497	50
1997	2810	137
1998	3324	220
1999	3616	215
2000	7361	680
2001	7166	442
2002	5817	265
2003	9476	349
2004	347	30

Cuadro 6. Desembarques de tiburones y aletas reportados en toneladas métricas para la flota extranjera en Costa Rica (1988-2004). N.D: No disponible. Fuente: Departamento de Mercadeo – Incopecsa 2005

AÑO	CUERPOS	ALETAS
1990	0	0
1991	0	0
1992	0	0
1993	0	0
1994	0	0
1995	0	0
1996	0	0
1997	0	0
1998	0	0
1999	0	0
2000	2301	287
2001	3407	147
2002	2113	N.D.
2003	4899	N.D.
2004	0	0

Actualmente con la aprobación de la Ley de Pesca y Acuicultura se estableció la obligatoriedad del desembarque de las aletas de tiburón adherida a sus respectivos cuerpos. Máxime que nuestro país oficializó la aplicación obligatoria del Código de Conducta de Pesca Responsable de la FAO (FAO 1995), en el cual se establecen los principios y regulaciones para garantizar a las futuras generaciones, el aprovechamiento, conservación y protección de los recursos pesqueros.

Ante estas medidas, resulta importante subrayar que la protección y conservación de los tiburones en aguas de Costa Rica depende no sólo del esfuerzo nacional, pero también de la regulación de la pesquería y control sobre las embarcaciones extranjeras, cuyos desembarques se dan con frecuencia en muelles privados, lo cual limita la obtención de información referente a las capturas (Cuadro 6, PRETOMA 2005).

La limitada información de la biología y ecología de los tiburones en Costa Rica ha dificultado la determinación de la tolerancia de las poblaciones a la pesca y ha complicado el ordenamiento y desarrollo de políticas de conservación (Frisk *et al.* 2001). Esto unido a la falta de personal y presupuesto en las instituciones nacionales, para lograr hacer efectivas las regulaciones de pesca establecidas, constituyen dos problemas fundamentales a los que se enfrenta el país. Las iniciativas de ordenación pesquera para Costa Rica deben incluir: 1) destinación de mayor presupuesto nacional a las instituciones reguladoras de la pesca, 2) reconocimiento y reglamentación de todas las fuentes de mortalidad pesquera, 3) protección de hábitats críticos, que incluyan áreas de reproducción, zonas de crianza, sitios de alimentación, además de rutas migratorias, 4) sistemas más eficientes y confiables de recopilar la información pesquera, 5) la generación de información biológica y ecológica de las especies costeras y pelágicas capaces de sustentar el desarrollo de Áreas Marinas Protegidas (AMPs) en el territorio nacional y a nivel regional.

A continuación se describe la biología y ecología de las principales especies de tiburones que componen los desembarques en Costa Rica (Rojas 2000, Cuadro 3).

- **Tiburón Gris (*Carcharhinus falciformis*):** Es la especie más abundante en los desembarques de la flota palangre nacional dentro de la ZEE de Costa Rica. Habitan principalmente en la región trópic, cerca del borde de la plataforma continental y alrededor de islas oceánicas y son

considerados relativamente abundante en zonas oceánicas y costeras (Instituto Nacional de Pesca 2002). Sin embargo, algunos muestreos con palangre en el Océano Pacífico Oriental y Central muestran que son más abundantes en la región costera. Ocasionalmente se encuentran en la costa a profundidades de 18 m y en aguas pelágicas desde la superficie hasta profundidades de 500 m. Existen registros de su presencia a temperaturas entre los 23 y 24 °C. Se caracterizan por su gran actividad y comportamiento agresivo. La estructura poblacional es poco conocida, sin embargo se ha observado una segregación por tallas, en donde los juveniles se concentran en zonas de crianza cercanas a la costa y los adultos en la región oceánica (Compagno 1984, Instituto Nacional de Pesca 2002).

- **Tiburón Punta Negra (*Carcharhinus limbatus*):** es una especie pelágico-costera, que habita sobre y fuera de la plataforma continental. Es muy común en aguas tropicales y sub-tropicales (Compagno 1984) en temperaturas mayores de 21 °C. De acuerdo a Bonfil (1994), el tiburón punta negra realiza migraciones anuales siguiendo las corrientes de las masas de agua y sugiere que especies de aguas cálidas se mueven hacia el sur durante el invierno y hacia el norte a finales de primavera.
- **Tiburón Azul (*Prionace glauca*):** Es una especie de carácter oceánico y distribución circuntropical. Es considerada una especie de aguas templadas (con temperaturas entre los 10 y 21 °C), pudiendo desplazarse a mayores distancias que otros tiburones tropicales (Bonfil 1994). Además, muestra fuertes fluctuaciones estacionales en su abundancia, de acuerdo con las migraciones anuales hacia el hemisferio norte en el verano y hacia el sur en el invierno (Compagno, 1984).
- **Tiburón Martillo Común (*Sphyrna lewini*):** Es una especie de hábitos pelágicos y costeros, principalmente en aguas superficiales y cálidas (Compagno, 1984) y presenta una distribución circuntropical. Realiza migraciones estacionales siguiendo las corrientes marinas. Se desplaza en el invierno hacia el Ecuador y en el verano hacia las regiones polares (Bonfil 1994). Es una de las especies de mayor atractivo en la Isla del Coco, debido a la formación de grandes cardúmenes durante el día.
- **Tiburón ballena (*Rhincodon typus*):** Los tiburones ballena fueron objeto de varias pesquerías durante los siglos XIX y principios del siglo XX, sin embargo actualmente han sido incluidas, como especies amenazadas o en riesgo de extinción, de acuerdo a los Apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna silvestres (CITES) y el panel de especialistas en tiburones de la IUCN (CITES 2005, IUCN 2003). El tiburón ballena (*Rhincodon typus*) realiza migraciones circuntropicales en todos los océanos, incluyendo la región costera de Costa Rica. El tiburón ballena representa una de las especies más interesantes desde el punto de vista biológico, ecológico y evolutivo, debido a que es una de las tres especies de tiburones existentes en las que se dio un cambio en la alimentación: pasaron de ser depredadores, a convertirse en gigantes filtradores de plancton (Colman 1997, Herman *et al.* 2001, Eckert 2002).

Los tiburones ballena son en la actualidad los peces de mayor tamaño en los océanos y han logrado modificar la boca y hendiduras branquiales, en estructuras filtradoras para la alimentación. Debido a que el plancton es una fuente de alimento de amplia distribución en los océanos y fluctúa según parámetros físico-químicos, los tiburones ballena se ven obligados a desplazarse grandes distancias para poder conseguir su alimento (Eckert 2002). Esta especie de tiburón, actualmente se encuentra en la lista roja de especies en peligro (IUCN 2003, CITES 2005), por lo que resulta necesario aumentar los esfuerzos de conservación para lograr su protección tanto a nivel nacional como a nivel regional. En Costa Rica, los encuentros con tiburones ballena son cada vez más frecuentes, principalmente en el Golfo de Papagayo y en el Golfo Dulce (Alex Solís com. pers.). En 1995 se observaron 11 individuos en la Bahía de Cuajiniquil, entre los cuales habían varios juveniles y adultos (Minor Lara com. pers.). Estos tiburones representan uno de los grandes atractivos turísticos, por lo que además se debe regular el control sobre el eco-turismo y prácticas que afecten su comportamiento.

De acuerdo a Frisk y colaboradores (2001), es necesario aumentar el conocimiento científico con el fin de generar información para el desarrollo de estrategias de conservación y planes de manejo de las especies de tiburones más vulnerables a la presión pesquera (Musick *et al.* 2000). Como se mencionó anteriormente la limitada información de la biología y ecología de los tiburones en Costa Rica, ha hecho difícil determinar la tolerancia de las poblaciones de tiburones a la pesca y ha complicado el

desarrollo de políticas de conservación.

En vista de lo anterior, en Costa Rica, es necesario enfocar los esfuerzos en la investigación científica con el fin de facilitar la elaboración de planes de manejo. Entre las prioridades de información existentes se pueden mencionar las siguientes:

I. Identificación hábitats críticos

Desde el punto de vista funcional los hábitats críticos para elasmobranquios son principalmente: áreas de reproducción, zonas de crianza, sitios de alimentación, además de rutas migratorias (FAO 1994, Merson y Pratt 2001). El estudio y manejo de las poblaciones en función de dichos hábitats debe tomar en cuenta:

1. Cambios ontogenéticos en el desarrollo (neonatos, juveniles, subadultos y adultos).
2. Grupos funcionales (tiburones o rayas).
3. Utilización del espacio (zona costera o pelágica).

Los hábitats críticos representan unidades ecológicas geográficamente delimitadas que se caracterizan por una serie de condiciones abióticas (hidrología, climatología, oceanografía, geología y geomorfología) y condiciones bióticas, entre ellas regiones de alta diversidad y endemismo, complejidad estructural de biotopos (estuarios, arrecifes de coral, manglares, islas, lagunas costeras, pastos marinos, playas con fondos lodosos y arenosos, montañas submarinas, bordes de islas oceánicas, etc.) y sitios de alta productividad (zonas de afloramiento, domo térmico) que se caracterizan por un alto porcentaje de captura.

Zonas de crianza

Las zonas de crianza o criaderos de tiburones a menudo son sitios costeros y someros en regiones muy productivas y relativamente libres de depredación (Castro 1993, Rojas en prensa), en donde las hembras preñadas ponen las crías y estas se desarrollan hasta poder unirse al stock adulto (Robertson y Duke 1987, Valesini *et al.* 1997, Stoner 2003). Se han identificado dos tipos de criaderos, 1) los primarios, en donde las crías de tiburones nacen y permanecen semanas, meses o años, y 2) los secundarios, que son sitios en donde los tiburones juveniles migran y completan su desarrollo hasta alcanzar la madurez sexual (Merson y Pratt 2001, Rechisky y Wetherbee 2003). Varios estudios han encontrado que los juveniles tienden a concentrarse en las zonas someras dentro del rango de distribución de la población (Holland *et al.* 1993, Morrissey y Gruber 1993, Simpfendorfer y Milward 1993, Merson y Pratt 2001, Hueter *et al.* 2004). Algunos de los sitios identificados como criaderos, han sido: manglares, zonas estuarinas, arrecifes de coral, pastos marinos, y además zonas profundas en regiones pelágicas o montañas submarinas. En el caso de estas últimas, su identificación representa un enorme reto debido al alto costo de investigación asociado.

El estudio de la ecología reproductiva de las poblaciones de tiburones, a través de zonas de crianza, es necesario para definir hábitats esenciales y evaluar los efectos de la pesca comercial y recreacional, contaminación, deterioro o fragmentación del hábitat, y en general, cualquier actividad antropogénica que afecte la sobrevivencia de los tiburones juveniles. El apropiado manejo de los tiburones resulta de gran interés en el campo biológico, económico, social y político del país. Por esta razón, es necesario avanzar en la identificación y utilización de zonas de crianza. En Costa Rica la identificación de zonas de crianza se ha centrado en especies comerciales de peces dentro del Golfo de Nicoya (Brenes 1999, Rojas *et al.* 2002a y 2002 a,b), sin embargo los estudios en tiburones han sido escasos o no existen (Rojas en prensa). Se debe priorizar la identificación de criaderos para tiburones costeros y pelágicos de Costa Rica.

II. Programas nacionales y regionales de marcaje

El conocimiento sobre los patrones de actividad y utilización del espacio resulta fundamental para entender el comportamiento ecológico de una especie. Los patrones de distribución espacial y temporal tienen implicaciones en estudios de consumo de energía, comportamiento social, y reproducción dentro de una población (Holland *et al.* 1993).

Morrissey y Gruber (1993) consideran el "rango habitual" de una especie, como el área definida espacial y temporalmente dentro de la cual el organismo se moviliza en sus actividades normales. La

estimación del área del rango habitual de una especie ha sido recomendada para estudiar la biología y ecología de diferentes especies, debido a que las propiedades del espacio en donde una especie es activa (tamaño y forma), deberían tener un significado adaptativo (Schoener 1981).

La selección de un hábitat mejor resulta en un aumento en el éxito reproductivo y en la sobrevivencia de la especie (Itzkowitz 1991). Existe una selección muy fuerte para organismos que ocupen áreas con recursos disponibles óptimos (Mathews 1990). La información acerca de la utilización del hábitat en peces se ha obtenido por registros de datos de capturas, a nivel de pesquerías. Recientemente, se han utilizado técnicas de telemetría y marcaje satelital, en estudios que incluyen la dinámica de las poblaciones de tiburones, la preferencia por algún hábitat en particular o la actividad diaria y migración en patrones espacio-temporales (Holland *et al.* 1993, Merson y Pratt 2001, Hueter *et al.* 2004). Morrissey y Gruber (1993), realizaron el primer estudio de selección del hábitat en tiburones, en el cual utilizaron técnicas de telemetría acústica manual para estudiar la selección del hábitat por el tiburón limón, *Negaprion brevirostris* (Poey), a lo largo de 153 días, en el Caribe. En cada uno de los tiburones estudiados se tomaron los contornos de profundidad del agua, temperatura del agua, y caracterización del tipo de fondo. Ellos encontraron que los tiburones juveniles de esta especie seleccionan zonas someras, con temperaturas más calientes y sustratos, generalmente, de piedra disgregada o arena, posiblemente para evitar la interacción con depredadores.

La utilización de técnicas como el marcaje de individuos y telemetría satelital, podría generar información acerca de las áreas claves para la protección de los tiburones, principalmente, de juveniles y adultos no reproductivos. Este tipo de información fortalecerá las políticas de conservación existentes y facilitará el diseño de nuevas AMPs. En la actualidad, la Universidad de Stanford desarrolla un programa de marcaje y monitoreo de grandes peces pelágicos (tiburones incluidos) en las aguas del Pacífico Oriental Tropical. Además, existen organizaciones no gubernamentales locales que impulsan la marcación de tiburones en la zona de la Isla del Coco. Este tipo de información, junto con un proceso consultivo de toma de decisiones que involucre a un amplio rango de grupos interesados (pescadores, gobierno, operarios turísticos, etc.) facilitará el desarrollo de planes de manejo para las pesquerías de tiburones en Costa Rica, tanto a nivel costero como en aguas oceánicas de la Zona Económica Exclusiva del país.

III. Estudios de genética de poblaciones en tiburones

La reducción drástica en las poblaciones de tiburones ha causado una gran preocupación con respecto a las relaciones genéticas entre los individuos que se reproducen (Hueter *et al.* 2004). Es por esto, que conocer el nivel de variabilidad genética en poblaciones silvestres es de suma importancia, en particular al tratarse de especies en peligro de extinción, en las que un reducido número de individuos aumenta la probabilidad de endogamia. El estudio de la genética de poblaciones provee también herramientas adecuadas para determinar aspectos de la biología poblacional de los tiburones que son difíciles de conocer por otros métodos (Hueter *et al.* 2004).

Los estudios genéticos y moleculares han sido incorporados recientemente como herramientas para el estudio de la biología y ecología de tiburones. Cuando los organismos se segregan geográficamente durante el apareamiento y puesta de crías pueden ser separados genéticamente en grupos reproductivos discretos. La deriva génica produce que la frecuencia alélica de los genes diverja de forma que, luego de un número suficiente de generaciones de aislamiento reproductivo, los grupos presentan su propio perfil genético. La migración y apareamiento (intercambio de genes) entre grupos reproductivos elimina los efectos de deriva génica al mantener frecuencias alélicas similares entre grupos (Hueter *et al.* 2004).

Estudios con el ADN mitocondrial y microsátelites, pueden darnos una mejor visión acerca de la interconexión genética entre poblaciones reproductivas, que se encuentran geográficamente separadas. Este tipo de estudios puede ir ligado a la identificación y determinación de zonas de crianza en tiburones y con las campañas de marcaje. De este modo, se podrían monitorear las distintas poblaciones y estudiar el grado de interconexión genética entre poblaciones, que sustenten el desarrollo de Áreas Marinas Protegidas en el territorio nacional, reconociendo así, las unidades básicas para un manejo y conservación de las especies de tiburones de Costa Rica.

Conclusiones y Recomendaciones

La ordenación de la pesquería de tiburones en Costa Rica debe contar con 1) un mayor presupuesto a las instituciones reguladoras de la pesca, 2) el reconocimiento y reglamentación de todas las fuentes de mortalidad pesquera, 3) la protección de hábitats críticos (áreas de reproducción, zonas de crianza, sitios de alimentación y rutas migratorias), 4) sistemas más eficientes y confiables de recopilar la información pesquera, 5) la generación de información biológica y ecológica de las especies capaces de sustentar el desarrollo de Áreas Marinas Protegidas (AMPs) en el territorio nacional y a nivel regional.

Se recomienda que la regulación y generación de información científica no recaiga únicamente sobre el INCOPECA, sino que se evalúe la posibilidad de crear una institución que se dedique específicamente a monitorear el estado actual de las poblaciones explotadas y que genere información necesaria para la protección del recurso. También se recomienda que el INCOPECA junto con la cooperación de regentes pesqueros del Colegio de Biólogos incluyan, durante los desembarques, el registro de información más detallada de las capturas de tiburón, como son la separación por especies, composición de sexos, tallas, zonas de pesca, esfuerzo pesquero, tipo de arte, tipo de embarcación, etc. Además es importante implementar programas de vigilantes abordo, los cuales colaborarán con la confiabilidad de los datos, la vigilancia en el mar y además, que generen información necesaria para evaluar la pesquería.

Finalmente, es importante destacar que la pesquería de tiburones en Costa Rica se concentra tanto en la región costera como en la zona pelágica, fuera de la ZEE de Costa Rica. Se deben establecer monitoreos continuos que evalúen el estado de ambas poblaciones y que tomen en cuenta que varias especies presentan un patrón migratorio que no se restringe al territorio nacional. Por lo tanto se recomienda implementar planes de manejo a nivel regional que cuenten con la cooperación en conjunto de los países centroamericanos.

Referencias

- Arauz, R., Y. Cohen, J. Ballester, A. Bolaños y M. Pérez. 2004. Decline of Shark Populations in the Exclusive Economic Zone of Costa Rica. International Symposium on Marine Biological Indicators for Fisheries Management. UNESCO, FAO. París, Francia. Marzo, 2004.
- Bartels, C. E. y K. S. Price. 1983. Occurrence, distribution, abundance and diversity of fishes in the Gulf of Nicoya, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 31: 75-101.
- Bonfil, R. 1994. Overview of world elasmobranch fisheries. *FAO Fish. Tech. Pap.* No. 341.
- Carlson, J.K. 1999. Occurrence of neonate and juvenile sandbar shark, *Carcharhinus plumbeus*, in the northeastern Gulf of Mexico. *Fish. Bull.* 97: 387-391.
- Castro, J.I. 1993. The shark nursery of Bulls Bay, South Carolina, with a review of the shark nurseries of the southeastern coast of the United States. *Env. Biol. Fish.* 38: 37-48.
- CITES 2005. Appendices I, II and III of the Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora 2005. <http://www.cites.org/>
- Colman, J.G. 1997. A review of the biology and ecology of the whale shark. *J. Fish. Biol.* 51: 1219-1234.
- Compagno L.J.V. 1984. Sharks of the world. *FAO Fish. Synop.* 125 (1-2):1-655.
- Compagno, L.J.V. 1990. Alternative life-history styles of cartilaginous fishes in time and space. *Env. Biol. Fish.* 28:33-75.
- Curie, P., L. Shannon y J. Shin. 2003. The Functioning of Marine Ecosystems: a fisheries perspective. En: "Responsible Fisheries in Marine Ecosystem". FAO. pp: 103-123.
- Eckert, S.A., L.L. Dolar, G.L. Kooyman, W. Perrin y R.A. Rahman. 2002. Movement of whale sharks (*Rhincodon typus*) in South-east Asian waters as determined by satellite telemetry. *J. Zool. Lond.* 257: 111-115.
- Erdman, D. S. 1971. Notes on fishes from the Gulf of Nicoya, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 19: 59-71.
- FAO, 1995. Código de conducta para la pesca responsable. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 46 p.
- Francis, M.P., y J.D. Stevens. 2000. Reproduction, embryonic development, and growth of the porbeagle shark, *Lamna nasus*, in the southwest Pacific Ocean. *Fish. Bull.* 98: 41-63.
- Frisk, M.G., T.J. Miller, y M.J. Fogarty. 2001. Estimation and analysis of biological parameters in elasmobranch fishes: a comparative life-history study. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 58: 969-981.
- Gilmore, R.G. 1993. Reproductive biology of lamnoid sharks. *Env. Biol. Fish.* 38: 95-114.
- Golman, J.G. 1997. A review of the biology and ecology of the whale shark. *Journal of Fish Biology* 51: 1219-1234.
- Hamlett, W. 1997. Reproductive modes of elasmobranchs. *Shark News* 9: 1-2.

- Hamlett, W. 1999. *Sharks, Skates, and Rays: The Biology of Elasmobranch Fishes*. The Johns Hopkins University Press, London. 515p.
- Hedgepeth, J., V. F. Gallucci, J. Campos y M. Mug. 2000. Hydroacoustic estimation of fish biomass in the Gulf of Nicoya, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 48: 371-387.
- Heyman W.D., R.T. Graham, B. Kjerfve y R.E. Johannes. 2001. Whale sharks *Rhincodon typus* aggregate to feed on fish spawn in Belice. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 215: 275-282.
- Holden, M. J. 1974. Problems in the rational exploitation of elasmobranch populations and some suggested solutions. En: "Sea Fisheries Research. Halsted Press. New York. pp: 117-137.
- Holland, K.N., B.M. Wetherbee, J.D. Peterson y C.G. Lowe. 1993. Movement and Distribution of hammerhead shark pups on their natal grounds. *Copeia*, 1993(2): 495-502.
- Hueter, R.E., M.R. Heupel, E.J. Heist y D.B. Keeney. 2004. Evidence of philopatry and implications for the management of sharks fisheries. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science*. En prensa.
- Hyslop, E.J. 1980. Stomach contents analysis - a review of methods and their applications. *J. Fish. Biol.* 17:411-429.
- INCOPECSA, 2002. Memoria Institucional Administración 1998-2002. Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura. 61p.
- INCOPECSA, 2005. Memoria Institucional Administración 2004-2002. Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura. 61p.
- Instituto Nacional de Pesca 2002. Breviario de la Pesquería Oceánica de Tiburón. Instituto Nacional de Pesca de México. Pp: 179-209.
- Itzkowitz, M. 1991. Habitat selection and subsequent reproductive success in the beaugregory damselfish. *Env. Biol. Fish.* 30: 287-293.
- Klimley, A.P., S.B. Butler, D.R. Nelson y T. Stull. 1988. Diel movement of scalloped hammerhead sharks, *Sphyrna lewini* Griffith and Smith, to and from a seamount in the Gulf of California. *J. Fish. Biol.* 33: 751-761.
- Kohler, N.E., y P.A. Turner. 2001. Shark tagging: a review of conventional methods and studies. *Env. Biol. Fish.* 60: 191-223.
- Mathews, K.R. 1990. An experiment study of the habitat preferences and movement patterns of copper, quillback, and brown rockfishes (*Sebastes* spp.). *Env. Biol. Fish.* 29: 161-178.
- Merson, R.R., y H.L. Pratt. 2001. Distribution, movement and growth of young sandbar sharks, *Carcharhinus plumbeus*, in the nursery grounds of Delaware Bay. *Env. Biol. Fish.* 61: 13-24.
- Morrissey, J.F., y S.H. Gruber. 1993. Habitat selection by juvenile lemon shark, *Negaprion brevirostris*. *Env. Biol. Fish.* 38: 311-319.
- Motta, P.J., y C.D. Wilga. 2001. Advances in the study of feeding behavior, mechanisms, and mechanics of sharks. *Env. Biol. Fish.* 60: 131-156.
- Musick, J.A., G. Burgess, G. Cailliet, M. Camhi y S. Fordham. 2000. Management of sharks and their relatives (Elasmobranchii). *Fisheries* 25: 9-13.
- PRETOMA 2005. Finning in Costa Rica. <http://www.tortugamarina.org>
- Robertson, A.I., y Duke. N.C. 1987. Mangroves as nursery sites: comparison of the abundance and species composition of fish and crustaceans in mangroves and other nearshore habitats in tropical Australia. *Mar. Biol.* 96: 193-205.
- Rojas M. Rodrigo. 2000. Diagnóstico de la Pesquería del Tiburón en Costa Rica, con alcances a Centro América.
- Rojas, J. R. En prensa. Reproducción y alimentación del tiburón enano *Mustelus dorsalis* (Pisces:Triakidae) en el Golfo de Nicoya, Costa Rica: Elementos para un manejo sostenible. *Rev. Biol. Trop.*
- Simpfendorfer, C.A., y N.E. Millard. 1993. Utilization of a tropical bay as a nursery area by sharks of the families *Carcharhinidae* and *Sphyrnidae*. *Env. Biol. Fish.* 37: 337-345.
- Segura, A., y M. Mug. 2003. Informe del análisis de desembarques de tiburón para evaluar la relación de peso aleta y peso cuerpo por tipo de corte y especies. Borrador v. 1.1. 10 p.
- Snelson, F.F., T.J. Mulligan, y S.E. Williams. 1984. Food habits, occurrence, and population structure of the bull shark, *Carcharhinus leucas*, in Florida Coastal Lagoons. *Bull. Mar. Sci.* 34: 71-80.
- Schoener, T.W. 1981. An empirically based estimate of home range. *Theor. Pop. Biol.* 20: 281-325.
- Stoner, A.W. 2003. What constitute essential nursery habitat for a marine species? A case of study of habitat form and function for queen conch. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 257: 275-289.
- Thorson, T.B., D.E. Watson, y C.M. Cowan. 1966. The status of the freshwater shark of Lake Nicaragua. *Copeia* 1966(3): 385-402.
- IUCN. 2003. 2003 IUCN Red List of Threatened Species IUCN, Gland, Switzerland <http://www.redlist.org>
- Valesini, F.J., I.C. Potter, M.E. Platell, y G.A. Hyndes. 1997. Ichthyofaunas of a temperate estuary and adjacent marine

embayment. Implications regarding choice of a nursery area and influence of environmental changes. *Mar. Biol.* 128: 317-328.

Wourms, J., y L. Demski. 1993. Reproductive and development of sharks, skates and rays: Introduction, history, overview and future prospects. *Env. Biol. Fish.* 38:7-21.

NORMATIVA NACIONAL E INTERNACIONAL

Código de Conducta para la Pesca Responsable de la FAO. Firmado en 1995, aplicado en Costa Rica a partir del 14 de junio de 1999, mediante Decreto Ejecutivo N° 27919-MAG.

Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres (CITES). Firmado en Washington DC en 1973, aprobado mediante Ley N° 5605 y ratificado el 22 de octubre de 1974. Convenio de Protección Patrimonial, Cultural y Natural. Firmado en Francia en 1972 y aprobado mediante ley N° 5980 en noviembre de 1976.

ACUERDOS DE JUNTA DIRECTIVA DE INCOPECSA

AJDIP/47. Puntarenas, 1° de febrero del 2001.

AJDIP/415. Reglamento para la protección aprovechamiento y comercialización del tiburón y de la aleta del tiburón. Puntarenas, 19 de septiembre del año 2003.

CAPITULO X

MAMÍFEROS MARINOS

Laura J. May Collado¹¹

Resumen: Un total de 34 especies de mamíferos marinos se han reportado y se espera que ocurran en aguas costarricenses. Treinta de estas especie pertenecen al orden Cetacea (grupo que incluye a la ballenas, delfines, y marsopa), una especie de manatí del orden Sirenia, y tres especies de focas del orden Carnívora (una de las cuales esta extinta desde los años 50's). La gran mayoría de estas especies habitan en aguas oceánicas. Sin embargo, algunas tienen poblaciones tanto en aguas oceánicas como costeras, y otras habitan exclusivamente costas, bahías, canales, lagunas y ríos. Pese a que Costa Rica es el país Centroamericano con mayor conocimiento sobre su masto fauna marina, gran parte de este conocimiento esta limitado a pocas especies (con distribución accesible costera y riverina) y a áreas con facilidades de acceso. Debido a esto, mucho del estado del conocimiento se concentra en cinco especies de mamíferos marinos: *Tursiops truncatus* (delfín nariz de botella), *Stenella attenuata graffmani* (delfín manchado costero), *Sotalia guianensis* (delfín de Guyana), *Megaptera novaengliae* (ballena jorobada), y *Trichechus manatus* (manatí). Esto significa que hay una escasez de conocimiento del 85% de las especies en territorio nacional. Esto es un problema a la hora de establecer políticas adecuadas de conservación y manejo las que deben fundamentarse en el conocimiento científico de las poblaciones de estas especies. A lo largo de casi 15 años de investigación se han identificado varias amenazas a la diversidad de mamífero marinos costarricense como a su hábitat. En su mayoría estas amenazas son de naturaleza antropogénica que afectan directamente e indirectamente la sobre vivencia de muchas de estas especies. Entre las amenazas directas están la caza “accidental” tanto por pesca atunera como artesanal y la caza directa con fines de carnada y consumo directo. Las amenazas indirectas incluyen pérdida de hábitat debido a altos niveles de contaminación sónica y química, exceso en el tránsito y persecución por parte de botes de observación comercial de cetáceos, incremento en la sedimentación debido al desarrollo costero, entre otras. Las amenazas indirectas son quizás de mayor preocupación porque sus efectos son acumulativos, de manera que, el impacto en la salud de las poblaciones afectadas no se nota hasta que ya es tarde. Por lo tanto, las políticas de conservación y manejo de estos animales y su hábitat deben incluir estrategias de prevención y monitoreos a mediano y largo plazo.

Costa Rica es el país centroamericano con mayor conocimiento sobre sus poblaciones de mamíferos marinos. (La denominación “mamíferos marinos” se refiere a un grupo artificial, es decir que

¹¹ Department of Biological Sciences, Florida International University, 11200 SW 8TH Street, Miami, FL 33199, lmayc002@fiu.edu. Website: www.delphinids.com y Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica, San José 2060, Costa Rica

no todos estos animales comparten una historia evolutiva en común, sino que cada grupo independientemente invadió el ambiente marino. Por ejemplo el orden de las ballenas y delfines, Cetacea no está evolutivamente relacionado con el orden de los manatíes, Sirenia.). En el país se han desarrollado investigaciones para determinar la distribución, abundancia, uso del hábitat y el efecto de varias actividades humanas en el hábitat y biología de varias especies de mamíferos marinos a lo largo de la costa Pacífica, Isla del Coco, Zona Económica Exclusiva Pacífico en general, Refugio de Vida Silvestre Gandoca-Manzanillo y los Canales del Tortuguero. Este capítulo resume el estado del conocimiento sobre los mamíferos marinos de Costa Rica, las amenazas a sus poblaciones y hábitats, y brinda recomendaciones para su manejo y conservación.

Antecedentes

Treinta y cuatro especies de mamíferos marinos han sido reportados y se espera que ocurran en aguas costarricenses, representando cerca del 26% y 45% de las especies descritas a nivel mundial y Latinoamericano, respectivamente (Rodríguez-Fonseca 2001, May-Collado en prensa) (Apéndice I). Estas 34 especies se distribuyen en tres órdenes: Cetacea (30 spp.), Sirenia (1sp), y Carnívora [Suborden Pinnipedia] (3spp). En el Pacífico cerca de 19 especies de cetáceos han sido confirmados (May-Collado *et al.* 2005) y dos de pinnipedios (Cubero-Pardo y Rodríguez-Fonseca 1996, Acevedo 1994). Aparte del manatí y de la foca *Monachus tropicalis* (extinta), solamente 6 especies de cetáceos han sido confirmadas en el Caribe nacional (May-Collado en prensa).

La mayoría de las especies habitan aguas oceánicas (e.g., *Delphinus delphis*, *Steno bredanensis*), otras tanto aguas oceánicas como costeras (e.g., *Tursiops truncatus*, *Stenella attenuata*), otras especies son exclusivamente costeras (e.g., *Sotalia fluviatilis*, *Megaptera novaengliae*, *Monachus tropicalis*) (May-Collado *et al.* 2005), y otras habitan en canales, lagunas y ríos (e.g., *Trichechus manatus*) (Jiménez 1999, 2000, 2002).

Se cree que la mayoría de las especies permanecen en aguas de la ZEE (Zona Económica Exclusiva) de Costa Rica a lo largo de todo el año (Rodríguez-Fonseca 2001, May-Collado *et al.* 2005). Sin embargo, hay especies migratorias que habitan aguas nacionales solamente durante su época reproductiva. Este es el caso de la ballena joroba, azul, y posiblemente otras ballenas rorcuales (Apéndice I). En cuanto a las tres especies de pinnipedios reportados para el país, la foca monje del Caribe (*Monachus tropicalis*) no se ha vuelto a ver desde los años 50s (Kenyon 1977, 1986) y las otras dos especies (*Zalophus* spp.) realmente no tienen poblaciones “estables” en Costa Rica. Sus avistamientos son resultado de animales perdidos debido a tormentas o corrientes (Cubero-Pardo y Rodríguez 1996).

De las treinta y cuatro especies reportadas y esperadas, las siguientes son las más documentadas en Costa Rica: *Tursiops truncatus* (delfín nariz de botella), *Stenella attenuata graffmani* (delfín manchado costero), *Sotalia guianensis* (delfín de Guyana), *Megaptera novaengliae* (ballena jorobada), y *Trichechus manatus* (manatí).

I. CETACEA

El orden Cetacea es el orden más diverso de mamíferos marinos de Costa Rica. Treinta especies organizadas en 18 géneros y cinco familias (Apéndice I) han sido reportadas en total para el país. Estas representan cerca del 36% y 39% de las especies de cetáceos descritas a nivel mundial y de Latinoamérica, respectivamente (May-Collado en prensa, Fig.1). Un total de 19 especies han sido confirmadas para el Pacífico (Rodríguez-Fonseca 2001, May-Collado *et al.* 2005) y seis en el Caribe (May-Collado en prensa, Apéndice I: especies con **).

La figura 1 muestra la distribución de avistamientos de cetáceos desde 1979 hasta el 2001. Estos datos fueron obtenidos por tres organizaciones: Southwest Fisheries Science Service (NOAA), el Instituto de Investigación Cascadia, y el Centro de Investigaciones del Mar y Limnología (CIMAR).

En general, la familia de los delfines verdaderos, Delphinidae es la más diversa, seguido de las familias Balaenopteridae (ballenas rorcuales), Ziphiidae (ballenas picudas), Physteridae (cachalote), y Kogiidae (cachalote pigmeo y enano) (May-Collado *et al.* 2005, Apéndice I). Se han reportado un total de 13 y 16 especies de delfines en el Pacífico y Caribe nacional, respectivamente, representando cerca de un 43% y 53% de la diversidad de cetáceos del país (May-Collado en prensa). Se ha logrado confirmar la presencia de 12 de las 13 especies de delfines esperadas para el Pacífico (May-Collado *et al.* 2005), mientras que solamente cinco especies se han confirmado en el Caribe (May-Collado en prensa).



Fig. 1. Distribución general de todos los avistamientos hechos de cetáceos hechos desde 1979-2001 en la ZEE del Pacífico costarricense (Tomado de May-Collado *et al.* 2005).

En cuanto a la abundancia relativa de cetáceos en Costa Rica, Gerrodette y Palacios (1996) encontraron que las especies de delfines más abundantes del Pacífico nacional son *Stenella coeruleoalba*, *S. attenuata*, *Delphinus delphis*, y *Tursiops truncatus*. May-Collado *et al.* (2005), generó mapas de distribución de cetáceos en aguas de la ZEE del Pacífico de Costa Rica, incluyendo las especies citadas arriba. En el Caribe los delfines más comunes son *Sotalia guianensis* y *Tursiops truncatus* (Gamboa-Poveda y May-Collado 2006).

En cuanto al resto de los cetáceos, de las ballenas rorcuales, la ballena jorobada es la más común de todas y hasta el momento solo se ha reportado en el Pacífico (e.g., Rasmussen *et al.* 2001, Calambokidis *et al.* 1999-2002, May-Collado *et al.* 2005). De los zífidos (ballenas picudas) la ballena de Cuvier es la que más se observa, y de las kogias el cachalote enano es la única de las dos especies observadas hasta el momento (May-Collado *et al.* 2005).

En general, tanto la distribución (temporal y espacial) como la abundancia de los cetáceos está determinada por diversos factores los cuales a menudo interactúan entre sí. Entre los factores descritos más importantes están las corrientes marinas, disponibilidad de alimento, temperatura del agua, irregularidades de la costa y topografía del fondo marino (May-Collado 2001, May-Collado y Forcada 2001, Rodríguez-Fonseca 2001). En Costa Rica, varios de estos factores se han identificado como importantes en determinar la distribución y abundancia de cetáceos. En Cuajiniquíl, Islas Murciélagos, y Bahía Culebra la profundidad y transparencia del agua y la concentración de oxígeno (May-Collado 2001) parecen influenciar la disponibilidad de alimento de los delfines manchados costeros (*Stenella attenuata graffmani*) de forma estacional, causando fluctuaciones anuales en la distribución y abundancia de delfines manchados (May-Collado 2001, May-Collado y Morales 2005). En contraste, los patrones de distribución de los delfines manchados y nariz de botella del Golfo Dulce parecen estar más influenciados por las irregularidades de la costa y la topografía del fondo marino (Acevedo y Burkhard 1998).

Como se mencionó anteriormente las especies de mamíferos marinos más documentadas para Costa Rica son *Tursiops truncatus*, *Stenella attenuata graffmani*, *Sotalia guianensis*, *Megaptera novaengliae*, y *Trichechus manatus*. A continuación reseñaré el trabajo realizado en los últimos 15 años por mastozoólogos marinos (biólogos especialistas en el estudio de los mamíferos marinos) nacionales e internacionales sobre estas especies:

A. *Tursiops truncatus* (delfín nariz de botella o bufeo)

Tursiops truncatus es una de las especies de delfines costarricenses más comunes. Hay tanto poblaciones oceánicas como costeras (May-Collado *et al.* 2005). Sin embargo las poblaciones más estudiadas son las residentes ubicadas en aguas costeras de la Isla del Coco y Golfo Dulce (e.g., Acevedo y Wursig 1991, Acevedo y Smultea 1995, Acevedo Gutiérrez 1996, Acevedo 1999, 2000, 2002, Cubero-Pardo 1998), del Pacífico Central (José Palacios en proceso), y del Refugio de Vida Silvestre Gandoca-Manzanillo (Gamboa-Poveda y May-Collado 2006).

En la Isla del Coco, los delfines se alimentan de cardúmenes de macarelas aproximadamente a 500 m de la isla y a profundidades de 100 m en grupos de 22-27 individuos (Acevedo y Wursig 1991). El comportamiento de alimentación parece estar determinado por el patrón espacial de distribución de las presas. Cuatro categorías de alimentación se han definido con base al comportamiento de los delfines y la distribución espacial y posición de las presas en la columna de agua (Acevedo y Parker 2000). Finalmente, el comportamiento aéreo de estos delfines no facilita la socialización como se ha propuesto en otras especies, sino más bien facilita la captura de presas (Acevedo 1999).



En el Golfo Dulce, estos delfines forman grupos de 5.8 ± 4.14 en promedio (con un rango de 1 a 25 individuos). Se los observa frecuentemente en aguas someras, cercanas a la orilla, de las desembocaduras de ríos, y en áreas con pendiente (Acevedo y Burkhard 1998). Las actividades de alimentación son particularmente intensas en la época seca. A principios de las lluvias, los delfines invierten más tiempo en actividades sociales pasivas y en desplazamiento (Cubero-Pardo 1998).

En Gandoca-Manzanillo, cerca 40 individuos han sido foto-identificados, usando marcas únicas en sus aletas dorsales y cuerpo (Apéndice II) durante tres años. Cerca del 50% de estos animales han sido avistados durante este tiempo. A diferencia de lo encontrado por Acevedo y Burkhard (1998) en el Golfo Dulce donde los delfines nariz de botella y manchados usan la misma área pero raramente forman grupos mixtos. En Gandoca-Manzanillo, los delfines nariz de botella y el delfín de Guyana son comúnmente observados en grupos mixtos interactuando durante actividades sociales y de alimentación (Forestell *et al.* 1999, Gamboa-Poveda y May-Collado 2006.).

B. S. attenuata (delfín manchado)

En el país hay dos ecotipos o subespecies: el manchado costero (*S. a. graffmani*) y el manchado oceánico (*S. a. attenuata*) (Dizon *et al.* 1994, ver fotos abajo). La subespecie costera se ha dividido en seis poblaciones residentes a lo largo de Centroamérica, las cuales tienen ámbitos de distribución pequeños que parecen corresponder a los límites políticos de los países (Escorza *et al.* 2001). Este localismo podría hacerles más susceptibles ante los cambios estacionales en sus hábitats y en la distribución de sus presas, y por supuesto ante una variedad de actividades humanas (May-Collado y Morales 2005).



A. Ecotipo oceánico



B. Ecotipo costero

Recientes estimaciones de abundancia del Southwest Fisheries Science Center, sugiere que la población de manchados costeros en el Pacífico Oriental Tropical es de 97,000 a 228,000 individuos (con un coeficiente de variación del 35%) (Gerrodette y Forcada 2002). Sin embargo, es importante notar que aún se requieren más esfuerzos de muestreo. No hay publicaciones sobre la abundancia relativa de manchados costeros para Costa Rica, sólo una estimación general para la especie. Gerrodette y Palacios (1996) estimó una abundancia de 8.482 delfines manchados en aguas del Pacífico de Costa Rica, con una densidad de 18.68 delfines por 1000 km².

En Costa Rica, el manchado costero es particularmente abundante en Cuajiniquil, Golfo de Papagayo, y desde Bahía Drake hasta la Península de Osa (incluyendo el Golfo Dulce e Isla del Caño) (e.g., Cubero-Pardo 1998, Acevedo y Smultea 1998, May-Collado 2001, May-Collado y Forcada 2001, May-Collado *et al.* 2005, Rasmussen *et al.* 2003). El tamaño del grupo es de 10.16 ± 9.61 (rango de 1 a 50 individuos), siendo la categoría de tamaño de 5 individuos la más común (May-Collado y

Morales 2005). En el Pacífico norte la abundancia varía estacionalmente posiblemente en respuesta a la disponibilidad de alimento, la que a su vez parece estar asociada con los afloramientos estacionales del área (May-Collado y Forcada 2001). Las actividades alimentarias son más intensas que las interacciones sociales y de desplazamiento, particularmente durante la época seca (May-Collado y Morales 2005). Tanto la variación diaria como estacional en los patrones de comportamiento, parecen estar asociadas con la disponibilidad, distribución, y arreglo espacial de las presas (May-Collado y Forcada 2001, May-Collado y Morales 2005). Finalmente, estos delfines utilizan dos técnicas principales de alimentación una pasiva (usada por grupos pequeños) y otra de acorralamiento (usada por grupos grandes) (May-Collado 2001, May-Collado y Morales 2005), las cuales parecen estar asociadas con el tipo y distribución de las presas semejante a lo descrito por Acevedo y Parker (2000) con los de los delfines nariz de botella de Isla del Coco.

En el Golfo Dulce (Acevedo y Smultea 1995, Acevedo Gutiérrez 1996, Cubero-Pardo 1998) estudiaron la distribución y comportamiento de delfines manchados (posiblemente costeros). Los delfines manchados del Golfo Dulce muestran un ordenamiento estacional y diario similar de las actividades de comportamiento a lo reportado en el Golfo de Papagayo y Cuajiniquil. En el Golfo Dulce los delfines manchados invierten más tiempo en actividades sociales pasivas, alimentarias, y de desplazamiento, particularmente en la época seca, merodeo a principios de las lluvias, y a actividades sociales activas al final de la época lluviosa (Cubero-Pardo 1998). En cuanto a su distribución Acevedo y Burkhard (1998) encontraron que estos prefieren las áreas más profundas del golfo. En el Golfo Dulce el tamaño de grupo es en promedio de 37.6 (rango de 1 a 300 individuos) (Acevedo-Gutiérrez 2002, Acevedo-Gutiérrez comunicación personal 2005).

En cuanto a la subespecie oceánica poco sabemos sobre sus patrones de comportamiento y abundancia relativa en aguas nacionales. Los mapas de distribución de avistamientos de esta subespecie en la ZEE del Pacífico nacional sugiere que esta es una especie común (May-Collado *et al.* 2005). El tamaño de grupo de estos delfines es en promedio de 101.2 individuos (Gerrodette y Palacios 1996).

C. *Sotalia guianensis* (Delfín de Guyana)

El delfín de Guyana es uno de los delfines más pequeños en el mundo. Anteriormente, se conocía como el ecotipo marino de la especie *Sotalia fluviatilis* (Rice 1998). Sin embargo, recientemente la especie se ha separado en dos *Sotalia guianensis* (marina) y *Sotalia fluviatilis* (riverina) (Cunha *et al.* 2005). A diferencia de todas las otras especies de delfines reportados para Costa Rica, este delfín es la única especie endémica para Latinoamérica que habita en aguas costarricenses. En Latinoamérica hay aproximadamente 7 especies endémicas de cetáceos, incluyendo *S. guianensis*.



La distribución general de *S. guianensis* va desde el norte de Nicaragua hasta el sur de Brasil (Carr y Bonde 2000). Con base en exploraciones realizadas en otras partes del Caribe nacional (L. J. May-Collado obs. pers.) y trabajo preliminar sobre aspectos físico-químicos del hábitat de la especie (M. Gamboa-Poveda pers. comn.) es muy probable que la distribución de *Sotalia* en Costa Rica este limitada a una pequeña área costera, en el Refugio de Vida Silvestre, Gandoca-Manzanillo (Gamboa-Poveda y May-Collado 2006).

En el Refugio de Vida Silvestre Gandoca-Manzanillo *Sotalia* se observa en grupos generalmente de 2 a 20 individuos y pueden formar grupos mixtos con el delfín nariz de botella (*Tursiops truncatus*) de hasta 30-40 individuos. Estos grupos mixtos son frecuentes a lo largo del año y particularmente durante actividades de socialización (Acevedo-Gutiérrez *et al.* 2005, Forestell *et al.* 1999, Gamboa-Poveda y May-Collado 2006). Acevedo-Gutiérrez *et al.* (2005) y Forestell *et al.* (1999) han sugerido la presencia de híbridos de estas dos especies en Costa Rica.

La especie parece estar asociada a desembocaduras de ríos y asociadas plumas de sedimento (Gamboa-Poveda comn. pers.). Se han foto-identificado un total de 64 delfines desde el 2003. Cerca de un 77.2% de estos individuos has sido avistados desde entonces (Gamboa-Poveda y May-Collado 2006). Junto con el delfín nariz de botella, es la especie de delfín más común del Caribe nacional (Gamboa-Poveda y May-Collado 2006, May-Collado en prensa).

Entre las amenazas más importantes esta la pérdida de hábitat. Esto es particularmente problemático en esta especie con una distribución tan restringida. Resultados preliminares sugieren que botes cuyo objetivo es permanecer largos periodos de tiempo en compañía de los delfines (como botes de observación comercial de cetáceos) afectan tanto la producción y la estructura acústica de silbidos como el comportamiento (incrementando la velocidad de nado y la duración de buceo) de *Sotalia* (May-Collado *et al.* 2005, May-Collado y Gamboa-Poveda 2006). El ruido causado por los motores enmascara las señales acústicas de estos delfines que son utilizadas para encontrar alimento y detectar depredadores, de manera que afecta de manera indirecta la sobre vivencia de los individuos en la población. Finalmente, la posible existencia de híbridos entre *Sotalia* y *Tursiops* debe ser considerada cuidadosamente, especialmente porque esta tiene consecuencias importantes a nivel de conservación y manejo de la especie en el país.

D. *Megaptera novaengliae* (ballena jorobada)

La ballena jorobada es el rorcual más abundante de Costa Rica (May-Collado *et al.* 2005). A diferencia de las especies anteriores, las cuales se observan a lo largo del año, la ballena jorobada es una residente estacional. Esto lo sabemos gracias a la técnica de fotoidentificación. Cada animal tiene un patrón de marcas naturales en la parte trasera de su aleta caudal como lo muestra la fotografía.

Son dos las poblaciones que utilizan nuestras aguas para reproducirse. Las ballenas que migran del hemisferio norte (principalmente del sur de California) llegan entre enero y abril (Steiger *et al.* 1991, Calambokidis *et al.* 2000), y las que migran del hemisferio sur vienen principalmente de la Península Antártica, llegando a nuestras aguas entre julio y octubre (Rasmussen *et al.* 2001a,b, 2002). Las jorobadas sureñas siguen una de las rutas más largas realizadas por mamífero alguno, recorriendo cerca de 8, 400 Km. solo de ida entre la Península Antártica y Costa Rica (Rasmussen *et al.* 2001, 2002). Ambas poblaciones llegan cada año a la Península de Osa (incluyendo la Isla del Caño, Bahía Drake y el Golfo Dulce), Bahía Cuajiniquil, y al Golfo de Papagayo (Islas Murciélagos, Bahía Culebra, Isla Catalina). (Calambokidis 1999, 2000, 2002, Rasmussen 2001, 2002).



E. *Trichechus manatus* (manatí antillano)

El manatí es la única especie de mamífero marino que es catalogado como en peligro de extinción en el país. Habita en 19 países del continente Americano (Reynolds y Powell 2002). Factores ambientales tales como la temperatura del agua, agua dulce y alimento determinan la distribución actual de la especie. En Centro América, Nicaragua es el país con una extensión de hábitat más favorable para estos animales (Reeves *et al.* 1992).

Jiménez (1999, 2000, 2002) encontró que los manatíes de Costa Rica prefieren hábitats (ríos y lagunas) ricos en vegetación, aguas claras, con alta cobertura de bosque. La corta de bosque a lo largo de la orilla de sus hábitats, tráfico de botes y la caza directa son las amenazas más importantes para el hábitat de los manatíes en Costa Rica y Nicaragua (Jiménez 1999, 2000, 2002).

Jiménez (1999) identificó dos subpoblaciones, una que se distribuye en los cursos de agua del noreste del país, la cual alberga la mayoría de los individuos de la especie junto con la mayor extensión de hábitat apropiado, y otra que habita el extremo sudeste cercano a la frontera con Panamá donde quedan escasos individuos. De acuerdo a Jiménez (1999) se frecuentaba ver grupos de manatíes en los ríos Parismina y la Estrella así como tres lagunas de la mitad norte (Caldera, Limón y Banana) del país (donde ahora se ha cerrado el paso a estas lagunas). Estos se alimentan de manera generalista de plantas acuáticas y muestran una actividad preferentemente nocturna y crepuscular influenciada por las mareas (Jiménez 1999, 2000, 2002).



Amenazas Antropogénicas

Son varias las actividades antropogénicas que amenazan nuestras poblaciones de mamíferos marinos, entre ellas: la mortalidad incidental debido a la pesca artesanal y atunera tanto en aguas oceánicas como costeras, la caza directa, la pérdida de hábitat debido a la tala de bosque (lo que incrementa el flujo de sedimento a ríos y costas), la sobre explotación de nuestras poblaciones de peces y fauna asociada, la contaminación sónica y química de nuestras aguas, y las técnicas inapropiadas para la observación de ballenas.

1. Mortalidad Incidental relacionada a la pesca artesanal y atunera:

Aunque la caza comercial ha disminuido en muchas partes del mundo, los cetáceos siguen siendo afectados por la caza o “pesca” directa ilegal e incidental (Mitchell *et al.* 1986, Wade 1995). Por ejemplo en Costa Rica, algunas comunidades pesqueras aún utilizan delfín como carnada para la pesca de tiburón (comunicación personal de pescadores de varias partes del país 2000).

En cuanto a la pesca incidental artesanal, muchos pescadores nacionales siguen utilizando redes “agalleras” (Reyes y Oporto 1994, Vidal y Van-Waerebeek 1994). Palacios y Gerrodette (1996) estimaron que Costa Rica es el país centroamericano con mayor mortalidad de delfines en redes de este tipo. (Este número fue calculado con base en información disponible de número de embarcaciones pesqueras, esfuerzo de pesca, y la tasa de cetáceos pequeños capturados (ver Palacios y Gerrodette 1996 por detalles). Se predice una mortalidad anual de 16,600 delfines para Costa Rica mientras que en Panamá es de 3,600 delfines. Considerando todos los cetáceos pequeños, la mortalidad anual en aguas del Pacífico costarricense es del 9.5% (Palacios y Gerrodette 1996, Wade *et al.* 2002). De acuerdo a la Comisión Internacional de Ballenas (1996), la tasa de mortalidad de cetáceos no debe exceder el 1-2% del tamaño de la población. (Este 1-2% está basado en la baja tasa reproductiva de los cetáceos Comisión Internacional de Ballenas 1996).

Estas estimaciones de mortalidad anual en aguas nacionales evidencian que la pesca artesanal tiene un impacto más alto de lo esperado.

Estos números son importantes para especies como los *S. attenuata* (delfines manchados) y *S. longirostris* (delfines tornillo) cuyas poblaciones se han reducido dramáticamente debido a la industria atunera (Perrin *et al.* 2002a,b, Apéndice I). El Pacífico Oriental Tropical, es uno de los sitios de pesca de atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) más importantes del mundo. Aquí el atún se asocia regularmente con grupos mixtos de delfines manchados y tornillo; esta congregación es seguida por aves varias especies de aves marinas, lo que hace a la congregación conspicua a los atuneros (Au y Pitman 1986). Esta técnica de detección del atún es muy exitosa, pero desafortunadamente ha causado que las poblaciones de estas dos especies de delfines hayan sido reducidas a niveles preocupantes (Ballance *et al.* 2002). Por ejemplo, la población del delfín tornillo oriental (*Stenella longirostris orientalis*) ha sido reducida el 70% de su tamaño original (Wade *et al.* 2002).

Aunque Costa Rica no cuenta con flotillas para la pesca atunera, esta concede licencias a varios países para la pesca de este grupo. Estas licencias se adjudican bajo los estatutos del Acuerdo Internacional de Conservación de Delfines. En la sexta reunión del Grupo de Trabajo Permanente Sobre el Seguimiento del Atún celebrada en San José, Costa Rica 2001, se habló de los buenos resultados del Acuerdo Internacional de Conservación de Delfines. En este documento se habla de atún “dolphin safe” aquel que ha sido pescado sin dejar delfines muertos o gravemente heridos. Sin embargo, investigadores del Southwest Fisheries Science Center (National Oceanographic Atmospheric Administration de los Estados Unidos), han demostrado que a pesar de los esfuerzos en controlar la mortalidad de delfines durante esta actividad a través de una serie de regulaciones y requisitos (e.g. observadores del CIAT), no ha habido una recuperación de las poblaciones de las especies de delfines más afectadas por la pesca de atún (el delfín manchado y el delfín tornillo) (Gerrodette y Forcada 2005).

Estos resultados sugieren que otros factores no considerados, tales como la separación de madres y crías y adultos con heridas deben ser incluidos en las estimaciones de mortalidad. La separación de crías de sus madres, disminuye sus posibilidades de sobrevivencia, particularmente cuando estas están en edades de lactancia. Adultos con heridas considerables pueden morir días después de la captura y por lo tanto no ser considerados por los observadores del CIAT (Gerrodette y Forcada 2005).

Finalmente, la caza directa del manatí en aguas nacionales fue uno de los factores que cause el

declive de la población a finales de los 40's (O'Donnell 1982, COU-Sue *et al.* 1990, Reynolds y Odell 1991).

2. Estrategias no adecuadas para la observación comercial de cetáceos:

Las actividades de observación de ballenas se han vuelto la actividad eco turística más importante a nivel mundial (Hoyt y Hvenegaard 2002, Hoyt 2001, 2002) debido a sus innegables beneficios económicos, que exceden la cifra de los mil millones de dólares americanos, y en términos de educación al público sobre la importancia de la conservación (Hoyt 2001). Al inicio, la Comisión Internacional de Ballenas (1994) incentivó esta actividad como una manera sostenible de utilizar las ballenas. Sin embargo, debido al rápido incremento de la industria, y a que el 72% de las observaciones se hacen desde botes, se ha dado un incremento alarmante en el tráfico de botes en los hábitats de estos animales (Duffus y Dearden 1990, Hoyt y Hvenegaard 2002).

Debido a que la visibilidad bajo el agua es considerablemente limitada, los cetáceos son animales que dependen un 99% del sonido para alimentarse, reproducirse, y explorar su ambiente. El problema de un alto tráfico de botes, se traduce en un aumento en los niveles de ruido bajo el agua, que enmascaran las señales acústicas importantes para la sobre vivencia de estos organismos. De esta manera, en 1995 y 1996 la Comisión Internacional de Ballenas y el Fondo Internacional para el Bienestar de los Animales (IFAW), respectivamente, reconocieron los posible efectos negativos de la observación en las poblaciones de cetáceos a nivel mundial. De esta manera, a través de talleres y creación de guías de conducta para los capitanes esperan disminuir estos efectos.

Latinoamérica es una de las áreas con mayor crecimiento de esta industria en el mundo. En países como Costa Rica y Panamá la observación de ballenas representa una fuente económica importante (Lemay 1998). Centro América y las Antillas menores, ocupan el segundo lugar en crecimiento rápido de esta actividad, con un promedio 111.4% de incremento anual entre 1991 y 1994. En 1991 el número de turistas visitando Costa Rica para observar cetáceos fue de 2,034 mientras que en 1994 fue de 90,720 (Hoyt 2001). En el 2001 existían 25 compañías, la mayoría en el Pacífico y otras en el Caribe nacional. La ganancia total de éstas fue de US \$1,513,280, y el 57% de las ganancias se concentró en una sola compañía de Quepos (Cubero-Pardo 2001). Aún más, Cubero-Pardo (2001) reporta que el 85% del tiempo los botes de estas compañías usaban maneras inapropiadas de acercamiento causando comportamientos de huida, cambios repentinos de dirección, alejamiento del bote, etc. May-Collado y colaboradores (2005), también han encontrado que los animales pueden percibir el ruido de los botes a varios cientos de metros. Sus resultados preliminares indican que la presencia de más de dos embarcaciones enmascaran las señales de los delfines y los obliga a interrumpir sus actividades. En casos donde los botes son intrusivos los delfines reaccionan agresivamente golpeando el agua con la aleta caudal (o cola), o nadando con cambios bruscos de dirección para evitar el bote (May-Collado y Wartzok en proceso).

Relacionado al crecimiento de la industria, una amenaza indirecta a nuestros cetáceos, es que muchas de estas compañías pertenecen a extranjeros (algunos sin permisos de trabajo) y nacionales que usan una fachada de “investigación y educación” para promocionar y vender tours de nado con delfines. El nado con cetáceos esta prohibido en muchos países del mundo y ciertamente en Costa Rica. Sin embargo, se pueden hacer observaciones bajo el agua con fines científicos y de filmación. La falta de una definición clara de lo que se entiende por “investigación” en las regulaciones abre una puerta a estas compañías para continuar sus tours con delfines.

Los cetáceos con hábitos costeros y con predictibilidad temporal, como las ballenas jorobadas, delfín de Guyana, delfín nariz de botella, y el delfín manchado costero, son más susceptibles a la sobre explotación de la industria de observación de ballenas. En el caso particular de la ballena jorobada, la cual migra exclusivamente para reproducirse y dar a luz, los excesos de esta industria podrían afectarla. No cabe duda que la industria de observación de cetáceos tienen un potencial alto, tanto en la economía local de nuestro país como en la conservación de nuestras poblaciones de cetáceos, sin embargo, estas deben ejecutarse bajo las regulaciones establecidas si queremos que esta mina de oro sea “sostenible”.

Aunque no hay actividades de observación de manatíes, debido a lo difícil que es observarlos en estado silvestre, estos animales también se ven amenazados por el incremento de tráfico de botes a lo largo de su distribución. En el año 1999 se encontró un manatí muerto en el Caño Negro del Parque

Nacional Tortuguero. Miembros de la Fundación Salvemos al Manatí de Costa Rica realizaron una necropsia y encontraron que la muerte del animal se debió al impacto con una embarcación a motor. El animal tenía cicatrices viejas que evidenciaban colisiones pasadas con otros botes con motor fuera de borda (Jiménez 2002).

3. Pérdida de hábitat: Cambio Climático, Sedimentación, y Contaminación Sónica y Química

La pérdida de hábitat es particularmente importante en especies con rangos de hogar restringidos tales como especies costeras y riverinas. Jiménez (1999) numera los siguientes factores como las causas principales de pérdida de hábitat de manatíes costarricenses como: deforestación de las orillas de ríos, uso de pesticidas, alteración de cuencas hídricas y actividades mineras. Aunque su estudio establece que la situación del manatí en Costa Rica es mejor de lo estimado anteriormente, este se encuentra en un equilibrio precario y se deben tomar medidas para asegurar su supervivencia a largo plazo.

La contaminación química se ha convertido en un problema, tanto a nivel mundial como del país. Varias especies de ballenas dentadas mundialmente están acumulando grandes concentraciones de pesticidas en sus tejidos. Los más peligrosos son los PCBs debido a que estos interfieren con hormonas importantes y el sistema inmunológico. La Fundación PROMAR encontró pesticidas en los delfines del Golfo Dulce, los cuales también podrían estar presentes en las personas de la comunidad.

El desarrollo costero a lo largo de las costas, así como la deforestación a las orillas de los ríos de Costa Rica, ha generado un flujo de sedimento y creado barreras que limitan y empobrecen el hábitat de los cetáceos costeros. Asociado al desarrollo costero, se ha dado un incremento en el turismo “acuático”, lo que significa un incremento en el tráfico de botes para la pesca deportiva y uso de jet-skis, los cuales contribuyen al incremento en los niveles de ruido y daño de estos animales.

La contaminación sónica, es una amenaza sutil para los cetáceos y una gran variedad de organismos marinos (e.g., camarones, peces, etc.) que dependen del sonido para detectar presas, depredadores, inspeccionar su ambiente, encontrar pareja, comunicarse, etc. Es una amenaza sutil debido a que sus efectos no son evidentes sino hasta que es muy tarde. En ambientes terrestres el ruido producido por fuentes humanas tiende a ser minimizado a través de mullas, barreras de sonidos, y zonas de amortiguamiento. Pero esto no se da en fuentes humanas usadas en ambientes acuáticos. Una ventaja [para los organismos que lo utilizan] y un problema en términos de contaminación sónica bajo el agua, es que el sonido tiene una baja atenuación [puede alcanzar distancias considerables manteniendo considerable energía, lo que percibimos como intensidad]. Esta característica le permite a las ballenas y delfines comunicarse a distancias de ciento de metros, pero también hace que la contaminación sónica tenga un mayor impacto. Por ejemplo, un delfín nariz de botella puede escuchar un jet-ski a 450 m de distancia, un bote inflable a 1 Km., botes de pesca deportiva a 800m (a baja velocidad) y a 1800m (a alta velocidad), y embarcaciones pesqueras a un 1 Km. (a baja velocidad) y a 3.1 Km. (a alta velocidad) (Evans *et al.* 1992).

Cuando los niveles de ruido alcanzan niveles altos se ha reportado abandono temporal o permanente de áreas importantes para la reproducción y alimentación (al no poder detectar a las presas o posibles parejas), y hasta la muerte cuando no pueden detectar depredadores o botes acercándose (caso de los manatíes), hasta sordera temporal o permanente en casos extremos (Richardson *et al.* 1995, Wartzok *et al.* 2004).

Conclusiones y recomendaciones finales

En el país contamos con 30 especies de cetáceos, una de manatí, y tres de focas (pinnípedios). De las tres especies de pinnípedios, la única con posible poblaciones residentes en el país está extinta, las otras dos son especies accidentales. Del total de las 34 especies conocemos los patrones de distribución de 20 y relativamente bien el estatus poblacional de cinco. En el caso particular del manatí, este habita tanto ríos, canales y lagunas, como aguas costeras. Mientras que la distribución de los cetáceos incluye especies con poblaciones costeras y oceánicas, exclusivamente oceánicas, y exclusivamente costeras.

Debido a la constante interacción entre humanos, cetáceos y el manatí en aguas costeras, el gobierno debe considerar extender considerablemente las áreas protegidas marinas actuales como Marino Ballena, Corcovado, Isla del Caño, Cabo Blanco, Refugio de Vida Silvestre Gandoca-Manzanillo entre otras y establecer nuevas particularmente en el Pacífico Central y Sur. La razón principal es que la mayoría de las áreas marinas protegidas hasta el momento son insignificantes en comparación con

el ámbito de hogar de las poblaciones residentes de cetáceos del área. Además, existe una gran preocupación sobre la mortalidad de cetáceos pequeños en aguas oceánicas debido a la pesca artesanal e industria atunera. Es en aguas oceánicas (ZEE) donde la gran mayoría de nuestra masto fauna marina se encuentra. Áreas como el Domo de Costa Rica [cuya posición geográfica varía estacionalmente] también debe ser considerado en vista de que es una fuente importante de alimento para un gran número de especies de cetáceos incluyendo la ballena azul. En el caso de las especies migratorias como la ballena jorobada, la azul y otros miembros de esta familia, cuya distribución no sólo se limita al territorio nacional, sino también a otros países a lo largo de su ruta migratoria, es necesario que el país forme parte de la Convención Bonn para la protección de especies silvestres migratorias.

Establecer nuevas áreas marinas protegidas, preferiblemente refugios de vida silvestre, donde puedan establecerse estrategias adecuadas de manejo de observación de cetáceos, pesca artesanal, y atunera, niveles de ruido, etc. Acompañando la creación de estas nuevas áreas protegidas y correspondientes estrategias de manejo, debe velarse por el cumplimiento de regulaciones y acuerdos establecidos para la protección de estos animales. La investigación y educación de cetáceos debe ser realizada por profesionales capacitados [biólogos nacionales y extranjeros formados y con experiencia en el campo].

El tráfico de botes debe ser regulado principalmente en áreas donde hay poblaciones residentes y áreas de reproducción de especies migratorias. Jiménez (2002) identificó la necesidad de establecer un sistema de señalizaciones y santuarios que permitiese la convivencia óptima entre manatíes y embarcaciones a motor. Se recomendó los siguientes puntos para ordenamiento de tráfico de botes: Cano Servulo, Ciego, Negro, y Aguas Negras. Lo mismo se necesita para el Refugio de Vida Silvestre Gandoca-Manzanillo, la Península de Osa (incluyendo la Bahía Drake, Isla del Caño, y el Golfo Dulce), y el Golfo de Papagayo (incluyendo Cuajiniquil y las Islas Murciélagos).

Finalmente el diseño e implantación de estrategias de conservación para la protección de estos mamíferos marinos debe considerarse una prioridad. Esto se puede lograr a través del establecimiento de programas de largo plazo para la investigación de estos animales, sus hábitats, y sus amenazas, así como exploraciones a area del país que se conocen poco como el Caribe nacional. Es evidente que algunas especies y sus hábitats requieren una protección rápida (e.g., ballena jorobada, el delfín de Guyana).

Agradecimientos

Agradezco a Mario Espinoza y Priscilla Zamora por su colaboración en la búsqueda de literatura. Gracias a Ana Cecilia Fonseca por comentarios a este manuscrito y a Marco Quesada Alpizar y Vanessa Nielsen por su invitación a escribir este capítulo.

Referencias

- Acevedo, A. y B. Wursig. 1991. Preliminary observations on bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, at Isla del Coco, Costa Rica. *Aquat. Mamm.* 17: 148-151.
- Acevedo-Gutiérrez, A. 1994. First record of a sea lion *Zalophus californianus*, at Isla del Coco, Costa Rica. *Mar. Mamm. Sci.* 10: 484-485.
- Acevedo-Gutiérrez, A. 1996. Lista de mamíferos marinos en Golfo Dulce e Isla del Coco, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 44: 933-934.
- Acevedo-Gutiérrez, A. y B. Wursig. 1991. Preliminary observations on bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, at Isla del Coco, Costa Rica. *Aquatic Mamm.* 17: 148-151.
- Acevedo-Gutiérrez, A. y M.A. Smultea. 1995. First records of humpback whales including calves at Golfo Dulce and Isla del Coco, Costa Rica, suggesting geographical overlap of northern and southern Hemisphere populations. *Mar. Mamm. Sci.* 11: 554-560.
- Acevedo, A., B. Brennan, P. Rodríguez y P. Thomas. 1999. Resightings and behavior of false killer whales (*Pseudorca crassidens*) in Costa Rica. *Mar. Mamm. Sci.* 13: 307-314.
- Acevedo-Gutiérrez, A. y S. Burkhart. 1998. Seasonal distribution of bottlenose (*Tursiops truncatus*) and pantropical spotted (*Stenella attenuata*) dolphins (Cetacea: Delphinidae) in Golfo Dulce, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 46: 91-101.
- Acevedo-Gutiérrez, A y E.N. Parker. 2000. Surface behavior of bottlenose dolphins is related to spatial arrangement of prey. *Mar. Mamm. Sci.* 16: 287-298.
- Acevedo-Gutiérrez, A., DiBerardinis, A., Larkin, S., Larkin, K., y Forestell, P. 2005. Social interactions between tucuxis

- and bottlenose dolphins in Gandoca-Manzanillo, Costa Rica. *Latin American Journal of Aquatic Mammals*. 4, 49-54.
- Au, D.W.K. y R.L. Pitman. 1986. Seabird interactions with dolphins and tuna in the Eastern Tropical Pacific. *Condor* 88: 304-317.
- Ballance, L.T., P.C. Fiedler, T. Gerrodette, R.L. Pitman y S.B. Reilly. 2002. An overview of Eastern Tropical Pacific ecosystem studies within the context of international dolphin conservation program act research. SWFSC Administrative Report, La Jolla, IJ-02-14. 9 p.
- Calambokidis, J., K. Rasmussen y G.H. Steiger. 1999. Humpback whales and other marine mammals off Costa Rica, 1996-1999. Report of research during Oceanic Society Expeditions in 1999 in cooperation with Elderhostel volunteers. *Cascadia Res. Collec.* 35 p.
- Calambokidis, J., G.H. Steiger, Rasmussen, K. Urbán, J.R. Balcomb, K.C. Ladrón de Guevara, P. Salinas, M. Jacobson J.K. Herman, L.M. Cerchio y J.D. Darling. 2000. Migratory destinations of humpback whales that feed off California, Oregon and Washington. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 192: 295-304.
- Calambokidis, J., K. Rasmussen y G.H. Steiger. 2002. Humpback whales and other marine mammals off Costa Rica, 1996-1999. Report of research during Oceanic Society Expeditions in 2002 in cooperation with Elderhostel volunteers. *Cascadia Res. Collec.* 33 p.
- Carr, T. y R.K. Bonde. 2000. Tucuxi (*Sotalia fluviatilis*) occurs in Nicaragua, 800 Km north of its previously known range. *Mar. Mamm. Sci.* 16: 452-459.
- Cubero-Pardo, P. 1998. Patrones de comportamiento diurnos y estacionales de *Tursiops truncatus* y *Stenella attenuata* (Mammalia: Delphinidae) en el Golfo Dulce, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 46: 103-110.
- Cubero-Pardo, P. 2001. Assessing the impact of whalewatching activities on wild cetaceans in Costa Rica. 14th Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals, Vancouver Nov.28-Dec.2, 2001.
- Cubero-Pardo, P. y J. Rodríguez. 1996. Ampliación de ámbito de *Zalophus californianus* (Pinnipedia: Otariidae) en Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 44: 273.
- Dizon, A.E., W.F. Perrin, y P.A. Akin. 1994. Stocks of dolphins (*Stenella* spp. and *Delphinus delphis*) in the Eastern Tropical Pacific: A phylogeographical classification. NOAA Technical Report. NMFS 119. 20 p.
- Duffus, D A y P. Dearden. 1990. Non-consumptive wildlife oriented recreation: a conceptual framework. *Biol. Conserv*, 513-531.
- Escorza-Trevino, S., A. Lang y A.E. Dizon. 2002. Genetic differentiation and intraspecific structure of eastern tropical Pacific spotted dolphins, *Stenella attenuata* revealed by mitochondrial and microsatellite DNA analyses. SWFSC Administrative Report, La Jolla, IJ-02-38. 20 p.
- Evans, P. G. H., P.J. Canwell y E. Lewis. 1992. An experimental study of the effects of pleasure craft noise upon Bottlenosed Dolphins in Cardigan Bay, West Wales. In *European Research on Cetaceans*. Evans, P. G. H. (ed). European Cetacean Society: 43-46.
- Forestell, P., A. Wright, A. DiBerardinis, S. Larkin y V. Schot. 1999. Sex and the single tucuxi: mating between bottlenose and tucuxi dolphins in Costa Rica. Abstracts 13th Biennial Conf. Biol. Mar. Mamm. Nov. 28 to Dec. 3rd. Wailea, Maui, Hawaii.
- Gamboa, M. y May-Collado, L.J. (2006). Insights on the occurrence, residency, and behavior of two coastal dolphins from Gandoca-Manzanillo, Costa Rica: *Sotalia guianensis* and *Tursiops truncatus* (Family Delphinidae). Scientific Committee of the International Whaling Commission. Annual Meeting of the Scientific Committee in St Kitts, June 2006.
- Gerrodette, T. y D.M. Palacios. 1996. Estimates of cetacean abundance in EEZ waters of the Eastern Tropical Pacific. National Marine Fisheries Service, Southwest Fisheries Science Center, Administrative Report JL-96-10. 27 p.
- Gerrodette, T. y J. Forcada. 2005. Non-recovery of two spotted and spinner dolphin populations in the eastern tropical Pacific Ocean. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* Vol. 291: 1-21, 2005.
- Hoyt, E. 2001. Whale watching: Worldwide tourism numbers, expenditures, and expanding socioeconomic benefits. Yarmouth Port, MA: International Fund for Animal Welfare.
- Hoyt, E. 2002. Whale watching. In *Encyclopedia of marine mammals*, eds. W. R. Perrin, B. Würsig, and J. G. M. Thewissen, 1305-1310. San Diego, CA: Academic Press.
- Hoyt, E. 2000. Whale watching 2000. Worldwide tourism numbers, expenditures and expanding socioeconomic benefits. IFAW, Crowborough, UK.
- Hoyt, E. y G. T. Hvenegaard. 2002. A review of whale-watching and whaling with applications for the Caribbean. *Coastal Management*, 30:381-399

- International Whaling Commission. 1994. Forty-fourth report of the International Whaling Commission. Cambridge: IWC
- International Whaling Commission. 1995. Forty-fifth report of the International Whaling Commission. Cambridge: IWC.
- IICAW, Tethys Research Institute, and Europe Conservation. 1996. Report of the Workshop on the Scientific Aspects of Managing Whale Watching. Crowborough, UK: International Fund for Animal Welfare.
- International Whaling Commission. 1996. Report of the Scientific Committee, Annex G. Report of the Sub-Committee on Small Cetaceans. Rep. Int. Whaling Comm. 45: 165-186.
- Kenyon, K.W. 1977. Caribbean Monk Seal extinct. J. Mamm. 58: 97-98.
- Kenyon, K.W. 1986. Caribbean Monk Seal extinct. Mar. Mamm. Sci. 2: 70-72.
- Kinzey, D., T. Gerrodette, J. Barlow, A. Dizon, W. Perryman, P. Olson y A. Von Saunder. 1999. Marine Mammal Data Collected during a survey in the Eastern Tropical Pacific ocean aboard the NOAA ships McArthur and David Starr Jordan, July 31-December 9, 1998. U.S. Department of Commerce, NOAA Technical Memorandum NMFS-283. 113 p.
- Kinzey, D., T. Gerrodette, J. Barlow, A. Dizon, W. Perryman y P. Olson. 2000a. Marine Mammal Data Collected during a survey in the Eastern Tropical Pacific ocean aboard the NOAA ships McArthur and David Starr Jordan, July 28-December 9, 1999. Department of Commerce. NOAA Technical Memorandum NMFS-293. U.S. 89 p.
- Jiménez, I. 1999. Estado de conservación, ecología y conocimiento popular del manatí (*Trichechus manatus*) en Costa Rica. Vida Silvestre Neotropical 8(1-2): 18-30
- Jiménez, I. 2000. Los manatíes del río San Juan y los Canales de Tortuguero: ecología y conservación. Amigos de la Tierra. San José, Costa Rica. 120 pp.
- Jiménez, I. 2002. Heavy poaching in prime habitat: the conservation status of the West Indian manatee in Nicaragua. Oryx 36(3):1-13.
- Kinzey, D., P. Olson, y T. Gerrodette. 2000b. Marine mammal data collection procedures on research ship line-transect surveys by the Southwest Fisheries Science Center. Southwest Fisheries Science Center, Administrative Report LJ-00-08, 32 p.
- Kinzey, D., T. Gerrodette, A. Dizon, W. Perryman, P. Olson, y S. Rankin. 2001. Marine Mammal Data Collected during a survey in the Eastern Tropical Pacific ocean aboard the NOAA ships McArthur and David Starr Jordan, July 28-December 9, 2000. U.S. Department of Commerce. NOAA Technical Memorandum NMFS-303. 99 p.
- Lemay, M. H. 1998. Coastal and marine resources management in Latin America and the Caribbean. Technical Study. Washington, D.C. December 1998 - N ENV-129. 62 p.
- May-Collado, L.J. 2001. Ecología y comportamiento del delfín manchado costero, *Stenella attenuata graffmani* (CETACEA: DELPHINIDAE) del Pacífico norte de Costa Rica. Tesis de Maestría, Universidad de Costa Rica. 78 p.
- May-Collado, L.J. y J. Forcada. 2001. Abundance, Occurrence and Behavior of the coastal spotted dolphin (*Stenella attenuata graffmani*) in the northern Pacific of Costa Rica. 14th Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals, Vancouver Nov.28- Dec. 2, 2001.
- May-Collado, L.J. y A.R. Morales. 2005. Presencia y patrones de comportamiento del delfín manchado costero, *Stenella attenuata graffmani* (Cetacea: Delphinidae) en el Golfo de Papagayo, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 53: 265-276.
- May-Collado, L., T. Gerrodette, J. Calambokidis, K. Rasmussen, y I. Sereg. 2005. Patterns of cetacean sighting distribution in the Pacific Exclusive Economic Zone of Costa Rica, based on data collected from 1979-2001. Rev. Biol. Trop. 53: 249-263.
- May-Collado, L., Wartzok, D., y M. Gamboa. 2005. Platicidad en las vocalizaciones de delfines?: efecto del ruido antropogenico en Costa Rica. Primer Congreso de Vida Silvestre Latinoamericano, San Jose Costa Rica, Feb 2005.
- May-Collado, L.J., y Gamboa-Poveda, M. (2006). Insights on the biology of *Sotalia guianensis* at Gandoca-Manzanillo, Costa Rica: residency, habitat use, acoustics, and reactions to anthropogenic noise. Sociedad Latinoamericana de Especialistas en Mamíferos Acuáticos-SOLAMAC and The Latin American Journal of Aquatic Mammals-LAJAM. Workshop on Research and Conservation of the genus *Sotalia*. Pedra da Laguna Inn, Armação dos Búzios, Rio de Janeiro, Brazil 19-23 June 2006
- May-Collado, L.J. Marine Mammals. In Wehrtmann, I. y J. Cortes (eds.). Marine biodiversity of Costa Rica, Central America. Monographiae Biologicae. Kluwer Academic. In press.
- Mitchell, E.D., R.R. Reeves y A. Evely (eds.). 1996. Introductory essay. Pp. 1-12. In: Bibliography of whale killing techniques. Rep. Int. Whal. Comm., Spec. Issue 7. Cambridge.

- Mou-Sue, L. Chen, D.H., Bonde, R.K. y T.J. O'Shea. 1990. Distribution and status of manatees (*Trichechus manatus*) in Panama. *Mar. Mamm. Sci.* 6: 234-241.
- O'Donnell, D.J. 1982. Manatees and Man in Central America. *Dissertation Abstract International Biological Sciences and Engineering* 42 (8): 3175.
- Palacios, D.M. y T. Gerrodette. 1996. Potential impact of artisanal gillnet fisheries on small cetaceans populations in the Eastern Tropical Pacific. National Marine Fisheries Service, Southwest Fisheries Science Center, Administrative Report JL-96-11. 17 p.
- Perrin, W.P. 2002a. Pantropical spotted dolphins (*Stenella attenuata*). Pp. 865-867. In: W. Perrin, B. Würsig y J.G.M. Thewissen (eds.). *Encyclopedia of Marine Mammals*. Academic Press, San Diego, California.
- Perrin, W.P. 2002b. Spinner dolphins (*Stenella longirostris*). Pp. 1174-1178. In: W. Perrin, B. Würsig y J.G.M. Thewissen (eds.). *Encyclopedia of Marine Mammals*. Academic Press, San Diego, California.
- Rasmussen, K. J., Calambokidis, G. Steiger, M. Saborío, L.J. May-Collado y T. Gerrodette. 2001. Extent of Geographic Overlap of North Pacific and South Pacific Humpback Whales on their Central America wintering grounds. 14th Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals, Vancouver Nov:28-Dec. 2, 2001.
- Rasmussen, K., J. Calambokidis y G. Steiger. 2002. Humpback whales and other marine mammals off Costa Rica and surrounding waters, 1996-2002. Report of the Oceanic Society 2001 field season in cooperation with Elderhostel volunteers. Dec. 2001. 21 p.
- Reyes, J.C. y J.A. Oporto. 1994. Gillnet fisheries and cetaceans in the southeast Pacific. *Rep. Int. Whal. Comm.* (spec. issue 15): 467-474.
- Reynolds, J.E. y D.K. Odell. 1991. Manatee and Dugongs. *Press Facts on File*, New York and Oxford. 192 p.
- Reynolds, J.E., W.A. Szelistowski y M.A. León. 1995. Status and conservation of manatees *Trichechus manatus manatus* in Costa Rica. *Biol. Cons.* 71: 193-196.
- Rice, D.W. 1998. *Marine Mammals of the World: Systematics and Distribution*. Special Publication No. 4. The Society for Marine Mammalogy. Allen, Lawrence, KS.
- Richardson, W. J., Greene, C. R., Malme, C. I. y Thomson, D. H. 1995. *Marine mammals and noise*. San Diego: Academic Press. CA. Pp. 576.
- Rodríguez-Fonseca, J. 2001. Diversidad y distribución de los cetáceos de Costa Rica (Cetacea: Delphinidae, Physteridae, Ziphiidae y Balaenopteridae). *Rev. Biol. Trop.* 49: 135-143.
- Rodríguez-Herrera, B., F.A. Chinchilla y L.J. May-Collado. 2002. Lista de especies, endemismo, y conservación de los mamíferos de Costa Rica. *Rev. Mex. Mastozool.* 6: 19-41.
- Smethurst, D. y B. Nietschmann. 1999. The distribution of manatees (*Trichechus manatus*) in the coastal waterways of Tortuguero, Costa Rica. *Biol. Cons.* 89: 267-274.
- Steiger, G.H.; J. Calambokidis, R. Sears; K.C. Balcomb y J.C. Cabbage. 1991. Movements of humpback whales between California and Costa Rica. *Marine Mammal Sci.* 7: 306-310.
- Vidal, O., K. Van Waerebeek y L.T. Findley. 1994. Cetaceans and gillnets fisheries in Mexico, Central America and Wider Caribbean: a preliminary review. *Rep. Int. Whal. Commn.* (special issue 15): 221-233.
- Wade, P.R. 1995. Revised estimates of incidental kills of dolphins (Delphinidae) by purse-seine tuna fishery in the eastern tropical Pacific 1959-1972. *Fish. Bull.* 93: 345-354.
- Wade, P.R., S.B. Reilly y T. Gerrodette. 2002. Assessment of the population dynamics of the northeastern offshore spotted and the eastern spinner dolphin populations through 2002. SWFSC Admin. Rep., La Jolla, LJ-02-13. 58 p.
- Wartzok, D., A.N. Popper, J. Gordon, y J. Merrill. 2004. Factors affecting the response of marine mammals to acoustic disturbance. *Mar. Tech. Soc. J.* 37: 6-15.

CAPITULO XI

TORTUGAS MARINAS

Estefanía Pihen¹², Vanessa Nielsen y Mario Espinoza

Resumen: Las tortugas marinas juegan un papel de gran importancia en la ecología de los ecosistemas que habitan. Cada especie contribuye de manera sustancial, y de forma particular, en el reciclaje de materia y energía, y por lo tanto, en la dinámica de los ecosistemas marinos. Existen siete especies y una subespecie de tortugas marinas, cinco de las cuales están presentes en Costa Rica: *Lepidochelys olivacea*, *Dermochelys coriacea*, *Eretmochelys imbricata*, *Chelonia mydas*, *Caretta caretta*. El presente capítulo discute aspectos generales sobre la biología de las tortugas marinas y aspectos específicos relevantes a las especies que anidan en el país. Entre las principales amenazas a las que estos animales están expuestos, se cuentan la captura de hembras anidadoras, el saqueo de nidos, la depredación, la destrucción y/o alteración del hábitat de desove, la destrucción de la vegetación costera, la instalación de luces artificiales y el desarrollo de infraestructura costera. A estas, se les agrega la mortalidad de animales en relación a la contaminación costera y la pesca incidental. Costa Rica sostiene a la mayor agregación de tortugas lora del Pacífico Este y una de las más grandes del mundo. Las playas de Costa Rica también juegan un papel vital en la supervivencia de la tortuga baula. Estas anidan en varias de las playas de Guanacaste, incluyendo Playa Grande, Playa Langosta, Playa Naranjo y Playa Cabuyal. Además, se conoce de su anidación en el Caribe, en particular en Tortuguero y Gandoca. De igual forma, la tortuga verde tiene uno de sus puntos principales de anidación en Costa Rica: el PN Tortuguero. Este es uno de los sitios más importantes de anidación para la tortuga verde (*Chelonia mydas*) en el mundo, y los 35 Km de la playa de Tortuguero representan la anidada más grande del Mar Caribe. Tortuguero, además es el sitio que posee el programa de monitoreo de tortugas marinas más antiguo del mundo (desde 1955). Finalmente, esta área es también la mayor y más importante para la anidación de tortugas carey en Costa Rica. Sobre la base del análisis de la información disponible, se propone una serie de recomendaciones para mejorar el manejo de las tortugas marinas y sus playas de anidación en Costa Rica.

Importancia Ecológica:

Las tortugas marinas tienen un papel de gran importancia en la ecología de los ecosistemas que habitan. Cada especie contribuye de manera sustancial, y de forma particular, en el reciclaje de materia y energía, y por lo tanto, en la dinámica de los ecosistemas marinos.

Bouchard y Bjordnal determinaron que entre un 25 y un 39% de la materia y energía que una

¹² Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica. 2060 San Pedro, San José, Costa Rica. estefania.pihen@gmail.com, vnielsen@cariari.ucr.ac.cr, marioespinozam@hotmail.com

tortuga verde deposita en una playa retorna al océano en forma de crías (neonatos). El resto es reincorporado a la playa en forma de materia orgánica (16,000,000 Kg), lípidos (365,000 Kg), nitrógeno (170,000 Kg), fósforo (15500 Kg) y una gran cantidad de energía. Este patrón de contribución de materia y energía es similar para todas las otras especies de tortugas marinas, poniendo en evidencia el rol dinámico de las tortugas marinas en la ecología de las playas en las que desovan.

Según Frazier (1999), las tortugas marinas al llegar a sus playas de desove, fertilizan las costas, tanto de islas como de zonas costeras, por medio de una gran corriente de nutrientes que son impulsados al interior de la tierra en sucesivas olas de transporte biológico. Esto sucede año con año, temporada con temporada, donde toneladas de nutrientes y gran cantidad de energía llegan a las costas, como ha sucedido desde hace millones de años.

Las tortugas marinas también promueven el crecimiento de plantas que estabilizan las playas, contribuyendo así con la protección de los sitios de anidación. Pero no solo estos hábitats son beneficiados con la interacción de las tortugas marinas: los ambientes marinos, delicados y fácilmente alterables, reciben también una contribución beneficiosa por parte de las tortugas marinas. La tortuga carey, por ejemplo, juega un papel vital en el mantenimiento de la dinámica de los arrecifes coralinos, al alimentarse de esponjas que potencialmente podrían encerrar y asfixiar al arrecife. Desde este punto de vista, el carey se puede considerar como un controlador biológico. Para el caso de las tortugas verdes, estas al alimentarse de pastos marinos en un arrecife, promueven un incremento en la productividad de estas áreas del arrecife (Thayer *et al.* 1984, McNaughton 1985).

Biología:

En la actualidad existen siete especies y una subespecie de tortugas marinas, representantes de las familias *Cheloniidae* y *Dermochelyidae*. La primer familia incluye a *Caretta caretta* (cabezona), *Eretmochelys imbricata* (carey), *Lepidochelys olivacea* (lora), *Chelonia mydas* (verde), *Chelonia mydas agassizii* (verde del Pacífico, considerada por muchos expertos como una subespecie), *Natator depressus* (espalda plana, no se encuentra en Costa Rica), *Lepidochelys kempii* (lora, no se encuentra en Costa Rica). La familia *Dermochelyidae*, por su parte, solo incluye a una especie: la tortuga baula (*Dermochelys coriacea*). Aunque cada especie de tortuga marina presenta particularidades con respecto a su anatomía, reproducción, alimentación y ciclo de vida, es posible señalar varias generalidades que se dan entre especies (Cornelius y Robinson 1986).

En general, una vez alcanzada la madurez sexual, que varía entre especies pero en promedio es de 10-50 años, la hembra regresa a su playa de nacimiento para desovar. En promedio cada hembra deposita 110 huevos por nido, el cual se construye desde pocos metros después de la línea de marea hasta más de 5 metros, como en el caso de la baula. La profundidad del nido también varía entre especies, y tiene a su vez un efecto importante al nivel de la depredación y el saqueo de huevos.

El proceso de desove es lento y puede dividirse en varias etapas, como serían la limpieza del área donde el nido se irá a excavar, la excavación del nido, la puesta de los huevos, la cobertura del nido y el camuflaje de este. Una vez puestos los huevos, la hembra regresa al mar y permanece en aguas cercanas a la playa de desove por períodos de 2 semanas, después del cual regresa nuevamente a desovar, ciclo que se repite hasta el final de temporada. (Steyermark *et al.* 1996).

El período de incubación varía según la especie, siendo en promedio de 50-70 días, pero en general los mismos factores abióticos propios de la playa afectan el proceso de incubación, como lo son la temperatura de la arena, humedad, tipo de grano de la arena, cantidad de oxígeno disuelto en la cámara del nido, entre otros (Leslie *et al.* 1996). Una vez eclosionadas, las tortuguitas (neonatos) deben emerger a la superficie, lo cual les puede tomar hasta dos o tres días según la especie. Luego los neonatos se dirigen al mar, momento en que deben hacer frente a una amplia variedad de depredadores. Estos incluyen desde cangrejos y gaviotas hasta zorros, perros domésticos, zopilotes y otros, dependiendo en gran medida del área en la que esta la playa de desove (Chacón *et al.* 2001). La ruta que siguen los neonatos al llegar al mar abierto y durante su primer año de vida es aún un misterio. Se sabe que una vez en el mar abierto, los neonatos se dirigen en ocasiones hacia zonas superficiales de forrajeo. Probablemente los juveniles pasan algunos años flotando en las corrientes oceánicas y alimentándose de organismos planctónicos, pero más que esto no se sabe con certeza (NOAA 1996). Por esto, los primeros años de una tortuga marina se conocen como “los años perdidos”.

En general, los estudios indican que las tasas de crecimiento de estos organismos son muy lentas,

alcanzando en promedio la madurez sexual entre los 10 y 15 años. Las hembras inmaduras, así como los machos adultos y hembras adultas, convergen en aguas costeras poco profundas, en lo que se conocen como zonas forrajeras bénticas, en donde se alimentan. De estas zonas, los adultos, machos y hembras, migran hacia las áreas de apareamiento, en aguas poco profundas conocidas como los hábitat de preanidación (NOAA 1996).

El apareamiento ocurre pocas semanas antes de iniciar la temporada de desove, tanto en los sitios de alimentación, como durante la migración hacia las playas de desove y en aguas cercanas a la playa de desove, por lo que es de vital importancia definir estas zonas de aguas costeras y protegerlas al máximo, especialmente antes y durante los meses de desove, ya que son habitadas tanto por los machos como por las hembras adultas, y cualquier actividad que ponga en peligro a estos individuos tendría serios y profundos efectos en la población general, especialmente en términos del tamaño poblacional (NOAA 1996).

A continuación se da una breve reseña sobre las particularidades sobre las cuatro principales especies de tortugas marinas que desovan en las playas de la costa Pacífica y Caribe de Costa Rica.

1. *Lepidochelys olivacea* (tortuga lora):

La lora es la tortuga marina más pequeña de las 7 especies, con caparazones promedio entre los 60-70 cm de largo. En general, una lora adulto no llega a pesar más de 50 Kg, con un promedio general de 35 Kg. Las loras adultas se alimentan de una amplia variedad de presas tanto pelágicas como bentónicas. Las presas pelágicas incluyen medusas y cangrejos pelágicos rojos (*Pleuroncodes planipes*), mientras que las bentónicas incluyen peces de profundidad, cangrejos, ostras, erizos de mar, caracoles, tunicados sesiles, algas y camarones.

Las tortugas loras se encuentran tanto en aguas tropicales como en aguas templadas de todo el mundo. Las concentraciones en el mar se han observado principalmente en aguas neríticas tropicales, especialmente en áreas adyacentes a las playas de desove. Información sin publicar colectada por la IATTC (Inter.-American Tropical Tuna Comisión CIAT) muestra que las loras se encuentran desde los 30 °N hasta los 15 °S, siendo más comúnmente observadas alrededor de las 1200 millas náuticas (a partir de la costa) (Pitman 1990).

La información existente sobre los movimientos de las loras adulto provienen de las tortugas previamente marcadas en playas de desove, y posteriormente recapturadas, y de estudios con telemetría satelital. Cornelius y Robinson (1986) reportaron 189 individuos recapturados de un total de 45,000 loras marcadas en Costa Rica. Los autores indican que tortugas lora marcadas en Costa Rica, fueron encontradas en latitudes tan lejanas como Perú y Oaxaca, México, y hasta 2000 km mar adentro. La mayoría de estas tortugas (37.6%) fueron recapturadas en aguas costarricenses, mientras que el resto en aguas de países tanto al norte como al sur de Costa Rica.

Costa Rica sostiene a la mayor agregación de tortugas lora listas para desovar del Pacífico Este, y con la excepción de Orissa, India, es la agregación más grande de loras en desove del mundo. La tortuga lora es de especial interés científico ya que no sólo desova solitariamente, sino que también lo hace junto a miles de otros individuos en un fenómeno conocido como arribada. Las arribadas ocurren en pocas partes del mundo como en La Flor, Nicaragua y las Islas Canas, Panamá, y en las playas de Nancite y Ostional, en la costa pacífica de Costa Rica. Las arribadas son un fenómeno poco entendido, y se tratarán con más detalle más adelante. En Costa Rica, los anidamientos solitarios de loras ocurren en varias playas de la costa Pacífica, como Playa Piro, Punta Banco, Naranjo, San Miguel, Playa del Rey y Playa Grande.

Situación actual:

La tortuga lora está clasificada como “En Peligro” de acuerdo con la UICN (World Conservation Union), y está nombrada en el Apéndice I de la Convención para el Tratado Internacional de Especies de Flora y Fauna En Peligro (CITES). Las poblaciones de tortugas loras a lo largo de la costa Pacífica de México se encuentran como en peligro y todas las otras poblaciones se encuentran amenazadas.

Refugio de Vida Silvestre Ostional:

El Refugio de Vida Silvestre de Ostional en la costa Pacífica de Costa Rica fue establecido en 1983, para la protección de la anidación de la tortuga lora (*Lepidochelys olivacea*). La arribada (anidamiento masivo) de tortugas lora en Ostional es una de las nueve reportadas en el mundo, y la segunda más

grande, y se extiende aproximadamente en un período entre 3 y 10 días (Campbell 1998). Típicamente, Ostional recibe alrededor de 450000-600000 tortugas por año. Un total máximo de 100000 hembras pueden llegar a desovar a Ostional en una sola arribada.

Las arribadas en Ostional ocurren más o menos mensualmente, pero en algunos meses no llegan tortugas, usualmente durante la estación seca (Diciembre a Mayo) y a veces más de una arribada por mes durante la estación lluviosa (Junio a Noviembre). Las estimaciones van desde 20000 hasta 60000 tortugas que anidan en un mes durante la estación seca y entre 90000 y 180000 durante la estación lluviosa (Ballester 1994).

Debido a la anidación masiva que ocurre en Ostional durante varios días, las tortugas anidan en los sitios de anidación que ya habían sido ocupados, produciendo una alta mortalidad de huevos, debido principalmente a factores denso-dependientes durante la anidación (Cornelius 1986, Cornelius *et al.* 1991). La pérdida natural de huevos asociada a las “arribadas” fue un argumento clave a favor de la legalización de la extracción y tráfico de huevos en Ostional. A partir de la información científica generada a través de muchos años (Cornelius y Robinson 1985, Cornelius *et al.* 1991, Araúz y Mo 1994), se realizaron planes de manejo que integraron a la comunidad costera de Ostional, así de forma sostenible, se puede hacer uso racional de este recurso (Campbell 1998).

Playa Nancite:

Playa Nancite, localizada dentro del Parque Nacional Santa Rosa, Guanacaste, posee aproximadamente 1300 m de longitud. Durante los años 70's, Hughes y Richard (1974), describieron la anidación de la tortuga lora (*Lepidochelys olivacea*) en Playa Nancite y estimaron alrededor de 280000 tortugas que anidaron durante 3 arribadas (períodos de anidamiento masivo), mientras que sólo 2178 lo hicieron en períodos entre arribadas (anidamientos solitarios). Datos más recientes muestran que en una sola arribada, hasta 30000 hembras pueden llegar a Nancite, y típicamente por año esta playa recibe alrededor de 25000-50000 hembras (NOAA 1997).

En un estudio, Cornelius y Robinson (1986), marcaron 27498 tortugas lora en playa Nancite y 18426 tortugas en Ostional. Se encontró que las tortugas se dispersaron hasta México, Ecuador, Perú y tres fueron encontradas en hábitat pelágicos. Las observaciones en Costa Rica, tanto en las playas, como en mar abierto sugieren que algunas tortugas se quedan dos o tres años en aguas costarricenses para anidar, mientras que otras se encuentran en otras partes durante la época de anidamiento (Plotkin *et al.* 1995).

Península de Osa:

Las playas del Pacífico Sur de Costa Rica, en la Península de Osa, han sido poco estudiadas en cuanto a la anidación de tortugas marinas. Estos sitios se enfrentan a amenazas como la depredación y saqueo de nidos de tortugas y al desarrollo urbano-turístico de la región (Drake 1996).

Costa Rica posee un precedente, entre los países en vías de desarrollo, de conservar sus recursos naturales, por medio de la creación de reservas y parques en todo el país. La preocupación de la conservación de las tortugas marinas es evidente en los Parques Nacionales de Tortuguero, Las Baulas y Santa Rosa, debido a que funcionan como los mayores sitios de anidación del país. Es necesario expandir las áreas de conservación que incluyan la región de Osa, y futuros estudios del anidamiento de tortugas marinas deberían concentrarse en esa zona (Drake 1996). Playa Río de Oro parece ser el sitio más importante de anidación de la tortuga lora, en la Península de Osa, y la comunidad local en algún momento colaboró con las medidas para el manejo y conservación de las tortugas marinas que ahí se dieron por medio de la Asociación de Desarrollo y Conservación Río de Oro (Govan 1996). Esta asociación se encargó del monitoreo de la anidación de tortugas marinas y depredación de nidos. En 1996 se registró un total de 3192 nidos puestos. La mayor parte de la anidación la realizan las tortugas lora (*Lepidochelys olivacea*), con un número relativamente bajo de tortugas verde y baulas (Govan 1996).

2. *Dermochelys coriacea*: tortuga baula

Biología:

La tortuga baula, *Dermochelys coriacea*, es uno de los reptiles más grandes que existe (1000 kg) y es la tortuga marina con mayor distribución en todos los océanos, excepto el Ártico y el Antártico (Reina *et al.* 2002). Las baulas tienen una distribución circumtropical y son animales pelágicos, acercándose a

aguas costeras solamente para desovar en playas altamente dinámicas adyacentes a aguas profundas. Estas tortugas desovan principalmente en áreas tropicales, y ocasionalmente en áreas subtropicales (ejemplo Florida y Sudáfrica) (Steyermark *et al.* 1996). Las colonias de mayor tamaño se encuentran en la Guyana Francesa, Suriname, y Costa Rica, tanto en la costa pacífica como en la costa atlántica (Leslie *et al.* 1996).

La ecología del desove de las baulas es particular debido a que las hembras desovan hasta 10 veces en una única temporada, mostrando los periodos entre anidadas más cortos (9-10 días), y debido a que el número de huevos que ponen no se relaciona con su gran tamaño (Rostal *et al.* 1996). Además, las baulas son únicas en cuanto a la ecología de desove debido a que producen numerosos huevos sin yema, infértiles en cada puesta, junto con el resto de huevos fértiles (Rostal *et al.* 1996).

Las baulas pasan la mayor parte de sus ciclos de vida en el océano, alimentándose casi exclusivamente de organismos pelágicos de cuerpos blandos, principalmente cnidarios como *Cyanea capillata*, *Rizoma octopus* y *Cyanea sp.*, y ctenóforos. Las baulas presentan una complicada estructura en forma de escalera, dentro de su garganta, formada por estructuras similares a espinas que les permiten tragar con facilidad sus resbaladizas presas (por ejemplo medusas) (Leslie *et al.* 1996).

Entre las particularidades sobre la fisiología de las baulas, se encuentran las increíbles adaptaciones respiratorias que presentan, similares a las de otros vertebrados que habitan el océano y respiran aire (Paladino *et al.* 1996). Estas tortugas tienen el doble de la capacidad de transporte de oxígeno en sangre que las otras tortugas marinas, además de concentraciones excepcionalmente altas de mioglobina, una mayor tolerancia a la hipoxia, tanto a nivel de tejido como de organismo, estructuras más rígidas a nivel de los pasajes no respiratorios en los pulmones e insensibilidad al sistema respiratorio de control de altas concentraciones de CO₂ en la sangre (Paladino *et al.* 1996). Todas estas adaptaciones a nivel de circulación y tejidos proveen a las baulas de un sistema más rápido de transporte de oxígeno hacia tejidos activos y de una amplia capacidad de almacenamiento de oxígeno (Paladino *et al.* 1996).

Las baulas presentan un amplio control sobre su temperatura corporal. Pritchard (1971) reportó que los individuos estudiados presentaban temperaturas corporales mayores que la temperatura del agua. Un sistema de circulación a contracorriente a nivel de las aletas anteriores y posteriores ayuda a retener el calor corporal. Cambios en el flujo de la sangre, junto con una capa de grasa subepidérmica y un gran tamaño corporal, proveen a las baulas de un mecanismo para mantener sus temperaturas corporales por encima de la temperatura ambiental (Paladino *et al.* 1996).

Las migraciones extensivas de tortugas baula se traducen en individuos de áreas geográficamente separadas que comparten zonas de alimentación (Hugues *et al.* 1998; Reina *et al.* 2002). Las baulas se mueven, generalmente, a través de los océanos buscando sitios de afloramiento, que presentan abundante alimento (medusas, ctenóforos y plancton gelatinoso). Las actividades humanas que afectan estas áreas de alimentación compartidas y producen la mortalidad, tanto de juveniles como adultos, de especies altamente migratorias y de lenta madurez sexual, pueden tener consecuencias globales (Troëng *et al.* 2004).

Situación actual:

En el Pacífico, las baulas anidan, principalmente, en 4 sitios, y sus poblaciones se han reducido dramáticamente en los últimos 20 años a alrededor de 250 en México, 117 en las Playas de Costa Rica, 2 en Malasia y menos de 550 en Indonesia (Crowder 2000). El Océano Pacífico puede contener aproximadamente unas 2300 hembras adultas, lo que significa que son las tortugas con mayor amenaza de extinción en el mundo (Spotila *et al.* 2000). La población mundial de baulas ha sufrido un marcado declive en su población mundial debido a la extracción de huevos y captura incidental en las redes o líneas pesqueras (Chan y Liew 1996, Eckert y Sarti 1997, Crowder 2000, Reina *et al.* 2002).

Sitios de anidación en Costa Rica:

Históricamente, las tortugas baulas anidan en varias de las playas de Guanacaste, incluyendo Playa Grande, Playa Tamarindo, Playa Langosta, Playa Naranjo, Playa Flamingo y Playa Cabuyal (Anexo 1). Sin embargo, el desarrollo turístico de la zona, ha eliminado el anidamiento en las Playas Flamingo y Tamarindo. No obstante, la actividad de anidamiento continúa en Playa Grande, Langosta y Naranjo (Chaves *et al.* 1996).

En Costa Rica, Playa Grande y Playa Langosta, constituyen los dos sitios de mayor anidamiento

en el país, donde Playa Grande es reconocido por ser una de las playas de mayor importancia para la anidación de tortugas baulas del Pacífico. Además, en la costa Caribe, tanto en el norte como en el sur, Tortuguero y Gandoca, respectivamente, constituyen también importantes playas para el desove de hembras adultas.

Parque Marino Las Baulas

El Parque Marino Las Baulas, Playa Grande, se ubica en la provincia de Guanacaste. Cuenta con una extensión de 22000 hectáreas de proporción marina y 445 hectáreas de playas, bosques y manglares. Comprende las Playas Carbón, Ventanas, Grande, Langosta, y los Manglares San Francisco, Tamarindo y Ventanas. De las tres playas que componen el parque, Playa Grande es la más importante y mejor estudiada (Reina *et al.* 2002). Los datos generados, por el estudio de Reina y colaboradores (2002), muestran que la actividad de anidamiento en Playa Grande es mayor entre Octubre y Febrero (época de anidamiento). Estos datos muestran que la población de tortugas que anidaron entre 1988-1989 fue de 1367 hembras adultas, mientras que en el período entre 1999-2000 fue de 231 tortugas baula. A pesar de la disminución exponencial de baulas desde 1990 (Spotila *et al.* 2000), el Parque Nacional Las Baulas todavía mantiene la población de anidamiento más grande en una única playa (5.8 Km.), para toda la región del Pacífico (Reina *et al.* 2002).

Playa Langosta:

Playa Langosta es una de las playas de anidación de tortugas baula más importantes de la costa Pacífica de Costa Rica (Chaves *et al.* 1996). La anidación de Playa Langosta es menor que la de Playa Grande (Steyrmark *et al.* 1996), y se ha detectado un intercambio de individuos entre estas dos playas, lo que indica que comparten los mismos sitios de anidación. Posiblemente, debido a la cercanía de Playa Grande a Tamarindo y Langosta, esta región representó una zona de anidación en común para las tortugas baula, pero con el creciente desarrollo urbano-turístico de Tamarindo, que afecta la preferencia de las tortugas por sitios de anidación tranquilos y oscuros, las tortugas baulas dejaron de anidar en Playa Tamarindo. Chávez y colaboradores (1996) encontraron una alta fidelidad por sitios de anidación en Playa Langosta, lo cual significa que las tortugas que han sido marcadas durante el anidamiento vuelven a las mismas playas para volver a anidar. De ahí que los esfuerzos de conservación de tortugas marinas no sólo deben dirigirse a las tortugas como especies en peligro, sino a los sitios que utilizan para la anidación.

3. *Chelonia mydas*: tortuga verde

Biología:

La tortuga verde tiene una distribución tropical y subtropical. Las mayores colonias de tortugas verdes del Atlántico y el Caribe ocurren en Isla Ascensión, Isla Aves, Costa Rica y Suriname. Las tortugas verdes se encuentran generalmente en aguas poco profundas (excepto cuando migran) dentro de arrecifes y bahías. Las tortugas son atraídas hacia lagunas con abundantes algas y pastos marinos. Playas abiertas con una pendiente poco marcada y con mínimas alteraciones son requeridas para que las tortugas verdes puedan desovar. Estas tortugas parecen tener una alta fidelidad con respecto a la playa en la que desovan y frecuentemente hacen largas migraciones entre los sitios de alimentación y las playas de desove.

Las áreas principales de anidación, alimentación y copulación de la población de tortugas verdes de Tortuguero están localizadas en Costa Rica, Nicaragua y Panamá (Troëng y Rankin, 2005). Las recapturas de hembras marcadas en estos tres países representan el 92,3% de todas las devoluciones de marcas de tortugas verdes de Tortuguero. Es por esto que las decisiones políticas, y acciones, que han sido tomadas por parte de los gobiernos de estos países son las que han tenido el mayor impacto sobre el uso de la tortuga verde y su supervivencia (Troëng y Rankin 2005).

Algunas decisiones políticas claves que han sido tomadas por el gobierno de Costa Rica son la prohibición de recolección de huevos y tortugas en Tortuguero desde 1963, la prohibición de exportación de grasa de tortuga en 1969 y la declaración del Parque Nacional Tortuguero por decreto ejecutivo en 1970 y por ley en 1975 (Troëng y Rankin, 2005). Estas decisiones contribuyeron a mejorar la protección de la tortuga verde de la playa de anidación y sus alrededores (Troëng y Rankin, 2005). Desde 1999 se ha observado que la cacería de tortugas verdes ha disminuido, junto con un incremento de la

sobrevivencia de adultos de tortugas verdes en Costa Rica, probablemente gracias a la prohibición de pesca de la tortuga verde (Instituto Costarricense de Pesca, 1999, Sala IV, 1999), y a la implementación de la ley (Troëng y Rankin, 2005).

Situación actual:

A nivel mundial se ha estimado que las poblaciones de tortuga verde han disminuido entre 37% y 61% en los últimos 141 años. Como resultado, la especie está clasificada como globalmente en peligro (UICN, 2003). El uso extractivo de las tortugas verdes para huevos, carne y otros productos puede considerarse la razón principal de la disminución poblacional (Troëng y Rankin, 2005).

Sitios de anidación en Costa Rica:

Tortuguero es uno de los sitios más importantes de anidación para la tortuga verde (*Chelonia mydas*) en el mundo, y los 35 Km de la playa de Tortuguero representan la anidada más grande del Océano Atlántico (Carr *et al.* 1978, Opay 1998, Bjorndal *et al.* 1999, Troëng 2000). Tortuguero, además es el sitio que posee el monitoreo de tortugas marinas más antiguo de la historia (desde 1955). Se han marcado más de 2,111 tortugas verdes, 8 carey (*Eretmochelys imbricata*) y 5 baulas (*Dermochelys coriacea*) desde 1997 (Carr *et al.* 1978, Bjorndal y Bolten 1992, Campbell *et al.* 1996, Leslie *et al.* 1996, Troëng 1998). El marcaje de tortugas marinas es un gran desafío, debido a que tienen una larga vida, aumentan de forma acelerada su masa corporal durante su vida, y viven en un ambiente en donde las marcas metálicas o de plástico en el cuerpo se herrumbra o se sueltan (Bjorndal *et al.* 1996, Troëng 2003).

La tortuga verde ha sido, y continúa siendo una especie clave importante de los recursos biológicos de Tortuguero. Sin embargo, actualmente se encuentra en peligro de extinción en toda su distribución global (Opay 1998). Tortuguero a pesar de ser un Parque Nacional, en donde la extracción de tortugas es ilegal y prohibida, se carece de recursos humanos y del equipo necesario para hacer cumplir las legislaciones (Opay 1998).

4. *Eretmochelys imbricata*: tortuga carey

La tortuga carey tiene una distribución circunglobal, que incluye a 110 países y territorios en los trópicos. Esta tortuga cumple un importante rol en el ecosistema del arrecife de coral, al influir en la diversidad y estructura de esta comunidad, a través de la reducción de la cubierta de varias especies de esponjas y cnidarios, de los cuáles se alimenta, y disminuyendo consecuentemente la habilidad de esas especies de competir con otros organismos del arrecife (Troëng *et al.* 2005).

Por siglos, las tortugas carey han sido capturadas por su considerable valor comercial (Bjorndal *et al.* 1993), en términos de su carne, huevos y para manufactura de productos de concha de carey, a partir de las escamas keratinosas del caparazón (Troëng *et al.* 2005). El comercio de concha de carey es la mayor causa de la disminución global observada en la anidación de la tortuga carey, actividad actualmente prohibida (Troëng *et al.* 2005). Desde 1956, una pequeña población de tortugas carey en Tortuguero ha sido monitoreada y se ha llegado a la conclusión de que estas tortugas han sufrido una continua disminución desde inicios del monitoreo. Para manejar este recurso compartido, todos los países, dentro de su rango de distribución, deben realizar esfuerzos aumentando la investigación y generando planes de manejo regional que se enfoquen en la conservación de las tortugas carey de Tortuguero (Bjorndal *et al.* 1993).

Situación Actual:

Las poblaciones de carey del Caribe están disminuyendo y se consideran agotadas en 22 de 26 unidades geopolíticas para las que hay información disponible (Troëng *et al.* 2005). Se piensa que se ha dado una disminución total de tortugas carey en el Caribe en un 95% desde la preexplotación, siendo aun explotadas en muchos países. Su disminución además se encuentra altamente asociada a la destrucción que actualmente sufren la mayor parte de los arrecifes coralinos, tanto en el Caribe como en el Pacífico (Troëng *et al.* 2005).

Para Costa Rica existen datos sobre el uso de tortugas carey desde 1799, de observaciones de los indios miskitos y piratas intercambiando concha de carey por comida en la costa del Caribe. Entre 1972 y 1991, se ha dado una disminución significativa en el número de tortugas carey anidadoras re-

gistradas para Tortuguero. Se cree que la población ha disminuido continuamente entre 1956 y 1991 (Troëng *et al.* 2005).

Sitios de anidación en Costa Rica:

La mayor y más importante área para la anidación de tortugas carey en Costa Rica es Tortuguero.

II AMENAZAS

A. Sitios de alimentación, cópula y migración:

Pesquerías:

La industria pesquera, en especial la camaronera de aguas someras, es uno de los principales factores que altera a las poblaciones de tortugas marinas. Las redes de arrastre que utilizan muchos tipos de pesquería, como la camaronera de aguas someras, captura indiscriminadamente toda clase de animales marinos, entre los que se encuentran las tortugas marinas. Es común observar atrapadas en las redes, tortugas juveniles, hembras en estado de gravidez y machos (Chacón *et al.* 2001).

Este tipo de impacto es considerado incidental o accidental, debido a que las presas que la operación pesquera busca son otras, aún cuando, los pescadores invadan los ecosistemas donde habitan las tortugas marinas, destruyendo zonas de alimentación y cópula de tortugas marinas con las redes de arrastre. Algunas especies, como la tortuga lora, se alimenta en zonas de traslape con camarones y por esta razón sus poblaciones se ven seriamente afectadas por la operación pesquera (Chacón *et al.* 2001).

El sistema de palangre o línea larga, atrapa miles de tortugas anualmente, también de forma incidental. Este sistema de pesca consiste en una línea madre de nylon, que se desliza horizontalmente sobre el agua, con líneas secundarias (“reinales”) provistas de anzuelos en sus extremos y distribuidas perpendicularmente a lo largo de la línea madre (Chacón *et al.* 2001). Las especies comerciales que se pescan con este sistema incluyen el dorado (*Coriphaena hippurus*), pez espada (*Xiphias gladius*), varias especies de tiburones (*Carcharinus* sp.), pez marlin (*Tetrapturus albidus*), pez vela (*Istiophorus platypterus*) y varias especies de atunes (*Thunnus* sp.), entre otras (Chacón *et al.* 2001). La reducción de las poblaciones de tortugas marinas por línea larga está iniciando, comparada con las redes de arrastre de captura del camarón en aguas someras. Sin embargo, la pesquería con línea larga se expande rápidamente a través del mundo (Chacón *et al.* 2001).

La captura incidental está disminuyendo en cantidades alarmantes las poblaciones de tortugas marinas. Además de eliminar todos los estadios de desarrollo, se están eliminando hembras en zonas cercanas a las playas de desove, lo que provoca en estas poblaciones situaciones críticas y cercanas a la extinción (Chacón *et al.* 2001).

Cacería:

En el Caribe de Costa Rica entre 1983 y 1998 se explotaron legalmente 18 000 hembras de tortugas verdes durante su época de desove, debido a la fuerte tradición de consumir carne de tortuga, que ha existido, y aun existe, en muchas comunidades costeras de Limón (Chacón *et al.* 2001). Estas tortugas eran capturadas tanto en el mar, siendo arponeadas, como en la playa durante el desove, momento en el que eran volcadas sobre su caparazón para evitar que escaparan. Las tortugas morían afuera por causa del calentamiento solar al que quedaban expuestas o por los golpes de los cazadores. Se cree que aún estas prácticas son llevadas a cabo por algunos miembros de distintas comunidades del Caribe costarricense (Chacón *et al.* 2001). Aunque las leyes actuales prohíben la cacería de tortugas verdes en Costa Rica, un gran porcentaje de la población de tortugas verdes del Caribe costarricense migran hacia Nicaragua, donde se sabe que ocurren cacerías de tortugas verdes de hasta 10000 individuos. Entre enero de 1994 y junio de 1996 se cazaron en las costas nicaragüenses un mínimo de 18 324 individuos (Chacón *et al.* 2001).

Históricamente en Costa Rica las tortugas carey han sido explotadas desde muchos siglos atrás. Para la costa Caribe costarricense existen reportes de explotaciones de tortugas carey en diferentes épocas. Se sabe que estas tortugas eran comercializadas entre pobladores indígenas y piratas que llevaban a la costa caribeña de Costa Rica. En 1881, 115 Km al sur de Tortuguero, un explorador sueco reportó unas 20 tortugas carey esperando ser destazadas, considerando a esta especie como el recurso más valioso de la costa Caribe de Costa Rica (Troëng *et al.* 2005). En 1923, en Limón, a 80 km al sur

de Tortuguero el cónsul de Estados Unidos estimó una captura anual de 750 tortugas carey en la pesquería local. Se cree que entre 1956 y 1991 la población de tortugas carey del Caribe de Costa Rica disminuyó considerablemente (Troëng *et al.* 2005).

Enfermedades:

Actualmente se tiene poca información sobre las enfermedades que afectan a las tortugas marinas, pero evidencia reciente indica que podría ser un factor importante en la disminución poblacional que hoy en día sufren las tortugas marinas (Chacón *et al.* 2001).

Una de las enfermedades más importantes para las poblaciones de tortugas marinas son los fibropapilomas, un tipo de tumor en la piel, principalmente la cabeza, nuca y aletas delanteras de la tortuga (Chacón *et al.* 2001). Esta enfermedad ocurre principalmente en las poblaciones de las tortugas verdes de las poblaciones de Florida y Hawaii, pero recientemente se ha observado una creciente cantidad de tortugas lora con esta enfermedad en Costa Rica (Chacón *et al.* 2001).

B. Sitios de anidación**Recolección de huevos:**

El consumo humano de huevos de tortuga marina se debe principalmente a usos industriales, nutricionales para la producción de aceites y por las creencias populares sobre las propiedades medicinales y afrodisíacas que poseen los huevos de tortuga marina (Chacón *et al.* 2001). Además por la falta de educación que hay en Costa Rica sobre el consumo de huevos de tortuga marina, ya que aún hoy en día, en Costa Rica, país reconocido mundialmente por sus esfuerzos conservacionistas, existe todavía la tradición de consumir huevos de tortuga sin tener información sobre las consecuencias de esta actividad en las poblaciones de tortugas marinas a largo plazo.

En general, los pobladores de las zonas costeras, usan constantemente los recursos marinos debido a la falta de alternativas económicas. Por esto los huevos de tortuga son recolectados en Costa Rica con dos fines: para consumo de subsistencia y para venderlos al mercado. En Costa Rica, solamente durante 1996, se explotaron en consumo local 30000 huevos de tortuga verde (Chacón *et al.* 2001).

El efecto del saqueo de huevos se observa a largo plazo en el número de hembras que lleguen a desovar, ya que no se permite que nuevas hembras se incorporaran a la población.

Construcción de infraestructura costera:

Los efectos de la infraestructura cercana a las playas de desove son múltiples. Hoteles, casas privadas, y otros tipos de construcciones, implican más personas en la playa de desove, que circulan a lo ancho y largo de las zonas donde los huevos están siendo incubados. Es difícil, por ejemplo, controlar a los huéspedes de un hotel ubicado en frente de una playa de desove. Además la presencia de personas, sin conocimiento sobre el comportamiento de las tortugas en las playas de desove, provoca que las hembras listas para desovar desistan de su intento de poner sus huevos, y si en una segunda ocasión, vuelve a ocurrir lo mismo, los huevos se perderán al ser “depositados” en el mar. En el reino animal existe evidencia suficiente sobre como una especie en particular se adapta a su ambiente cambiante, ya sea generando algún tipo de estrategia que le permita sobrevivir mejor en ese nuevo ambiente, o simplemente migrando hacia otro sitio. Para las tortugas marinas la solución al problema que representa la invasión de su hábitat de desove a raíz de asentamientos humanos es clara, dejar de desovar en esa playa es la única opción.

Otra consecuencia de las construcciones cercanas a las playas de desove es la iluminación con luz blanca sobre la playa. Los neonatos se encaminan hacia el mar orientados por la iluminación que se ve en el horizonte hacia mar adentro, guiados por un gradiente de luz ubicado entre el cielo y el océano. Cuando las luces artificiales como las comerciales, residenciales, luces de seguridad o recreación iluminan las playas de anidación, los neonatos se orientan hacia tierra adentro, donde pueden morir fácilmente, aplastadas por un vehículo, depredadas o por exposición al sol. En el caso de las hembras adultas, las luces en la costa provocan una reacción negativa evitando anidar. Ambos resultados se reflejan en una merma en la capacidad de las colonias de anidación de producir nuevos individuos y perpetuar su especie. Datos provenientes del análisis de las luces costeras de comunidades en Playa Grande y Tortuguero confirman que las tortugas prefieren anidar fuera de los sitios de influencia de las luces artificiales provenientes de las construcciones aledañas a la costa (Chacón *et al.* 2001).

Turismo:

El turismo es un importante medio de desarrollo para Costa Rica, siendo una prioridad en los sectores privados y públicos. El problema del turismo es la falta de planificación a la hora de desarrollar las zonas turísticas, y en el caso específico de Costa Rica la falta de conocimiento de cómo llevar a cabo un turismo ecológico, planificado y guiado.

El desarrollo del turismo, como cualquier actividad humana, puede tener consecuencias no previstas ni deseadas. El turismo puede amenazar los mismos recursos que los atraen y a las comunidades que se supone que se beneficiarían con la actividad (Chacón *et al.* 2001).

En Costa Rica se debe promover el turismo siempre que se tome en cuenta el precio en términos ecológicos y sociales, y no solamente monetarios, sólo así podremos ser una entidad mundial en turismo ecológico.

Desechos sólidos y líquidos en playas:

Los desechos sólidos arrojados al mar constituyen un problema importante para las poblaciones de tortugas marinas. Latas, plásticos, anzuelos, redes, vidrios, tubos, partes metálicas, entre muchos otros, llegan a la costa y se acumulan en las playas, formando verdaderas barreras entre las tortugas y sus sitios de anidación. Esta situación se agrava aún más en la época lluviosa, cuando en muchas playas de Costa Rica donde hay desove de tortugas marinas, quedan cubiertas por desechos, tanto naturales, como manufacturados por el hombre.

Además de constituir un problema en la playa, los desechos sólidos afectan también la condición general de los hábitats de alimentación y migración. Residuos sólidos que flotan con facilidad, como desechos plásticos, son comúnmente confundidos por alimento por tortugas marinas, las cuales mueren por asfixia al no poder tragar el plástico (Chacón *et al.* 2001).

En el caso de contaminantes químicos, solubles en agua, como metales pesados, DDT, químicos utilizados como fertilizantes, y que son deliberadamente y constantemente desechados a los ríos, eventualmente llegan al mar, la información que se tiene es sumamente escasa. Para otros organismos, como peces, se saben los efectos que éstos, y otros químicos, tienen sobre la salud reproductiva de los individuos. Para las tortugas marinas la información se limita a datos sobre concentraciones de diferentes químicos en tejidos y huevos, pero no hay información para las poblaciones que desovan en Costa Rica. Actualmente se está realizando un proyecto en el Golfo de Papagayo, a cargo de los investigadores José Antonio Vargas y Omar Lizano del CIMAR (Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología), para determinar las concentraciones de químicos, incluidos metales pesados, en diferentes especies marinas, como las tortugas. Los resultados provenientes de dicho estudio tendrán un alto valor científico y para la ejecución de planes de acción para evitar la contaminación de los ambientes marino-costeros.

Depredadores:

El ciclo de vida de una tortuga marina está caracterizado por una continua presencia de diversos tipos de depredadores, desde que apenas son huevos incubándose, hasta que han alcanzado una avanzada madurez. Los huevos son depredados por especies como cangrejos, serpientes, mapaches, coyotes, jaguares, cerdos y perros (Chacón *et al.* 2001). Una vez que han logrado salir de su nido, los neonatos en la superficie deben hacer frente a una inmensa variedad de depredadores tanto marinos como terrestres, como son cangrejos, aves, peces, gaviotas, zopilotes, y algunos mamíferos. A su vez las tortugas marinas en estado juvenil, sub adulto y adulto, son depredadas en el mar por tiburones y orcas entre otros. (Chacón *et al.* 2001).

Todos los anteriores son depredadores naturales, y han formado parte del ciclo de vida de las tortugas marinas desde siempre, formando parte del balance natural de sus poblaciones. Sin embargo, el hombre ha alterado los ecosistemas al desarrollar infraestructuras, eliminando hábitats, y practicando cacerías sobre algunas especies de animales, rompiendo así el equilibrio natural de las especies, desplazándolas hacia zonas donde ejercen presión sobre otros organismos, que a su vez ven aumentados sus depredadores y disminuidas sus probabilidades de sobrevivir. Es común encontrar poblaciones de mapaches, pizotes, zopilotes, ratas y otros animales en cantidades desproporcionadas ejerciendo presión sobre los huevos y sobre las hembras de tortugas marinas (Chacón *et al.* 2001).

Recomendaciones

Como se ha expuesto en párrafos anteriores, muchas de las playas de Costa Rica se encuentran entre las de mayor importancia mundial con respecto al desove de tortugas marinas que ocurre en ellas. Esto no sólo debe verse como un increíble atractivo turístico, sino en primer instancia como una obligación que lleve tanto a investigadores como a gobernantes hacia la puesta en práctica de planes de manejo, proyectos de conservación e investigaciones científicas que permitan hacer de nuestro país un verdadero líder en protección y estudio de nuestras especies de tortugas marinas.

Es necesario preservar la capacidad de una población para recuperarse de un estado disminuido por medio de la protección de las hembras anidadoras, sus nidos y neonatos y por medio de la preservación de la calidad del sitio de desove. La captura de hembras anidadoras, saqueo de nidos, depredación, destrucción y/o alteración del hábitat de desove, destrucción de la vegetación, luces artificiales, desarrollo no controlado son todos factores que degradan la habilidad de las poblaciones de tortugas marinas para poder recuperarse en términos poblacionales.

Las siguientes son algunas, de muchas, recomendaciones que se deberían poner en práctica para poder asegurarles a las tortugas marinas de Costa Rica un puesto en el futuro:

1. Generación de información científica por parte de entidades e investigadores costarricenses:

Para poder proteger se debe entender en detalle los aspectos más pertinentes correspondientes a la biología de las especies que se pretenden conservar. Es de vital necesidad que tanto las organizaciones de conservación como los investigadores costarricenses tengan un fuerte apoyo gubernamental para poder así generar información científica de calidad que sea de uso para la protección de las diferentes especies de tortugas marinas que desovan en playas costarricenses, y que habitan nuestras aguas. Nuestro país cuenta con excelentes investigadores y conservacionistas que en muchas ocasiones ven sus esfuerzos frenados por cuestiones económicas. En términos de investigación científica, nuestro país es un paraíso para biólogos y científicos de todo el mundo, donde muchísima de la información que se tiene sobre nuestras tortugas marinas proviene de investigaciones lideradas por extranjeros, investigaciones que han sido vitales para la creación de muchos planes de conservación y para entender el estatus de las poblaciones de tortugas marinas costarricenses. Estas investigaciones han impulsado a muchos científicos costarricenses, pero ahora es el momento de que sean estos los que lideren aquellas acciones que lleven a un mejor entendimiento de las poblaciones de tortugas marinas costarricenses y a mejores prácticas de conservación de éstas. Es nuestra obligación generar información de calidad que nos brinde la seguridad, confianza y suficiente conocimiento científico que permita a los costarricenses ser entidades mundiales en conservación de tortugas marinas.

La colecta de información biológica básica sobre el desove y las poblaciones de tortugas marinas es un paso crítico en la toma de decisiones inteligentes de manejo y conservación. Es conveniente llevar a cabo investigaciones con respecto al éxito de eclosión y desove en las diferentes playas de desove, tendencias poblacionales y tamaños poblacionales (en playas en las que no existe ningún tipo de proyecto de monitoreo, e.g. Playa del Rey, Junquillal), determinación sexual de neonatos (determinación de la producción de neonatos en términos de proporción sexual) y genética poblacional entre otros.

Aunque en playas como Grande y Tortuguero se han realizado muchos proyectos específicos sobre el éxito de eclosión y desove para una especie en particular, hay muchas otras zonas en las que no existe información sobre la producción de neonatos y el éxito de desove. Una de las formas más simples para mejorar la condición de una población es aumentando la producción de neonatos. El primer paso es determinar el éxito de desove/eclosión y caracterizar los factores que lo limitan. Una vez que esos factores han sido determinados, es posible implementar medidas de protección.

2-. Eliminación total de la extracción de huevos de tortuga y captura de adultos:

Con la excepción del Refugio de Vida Silvestre de Ostional, en el cual ha sido probado ya con varios estudios científicos que las actividades de colecta de huevos de tortuga lora no constituyen una amenaza a la población en general, aun en muchísimas playas de desove de Costa Rica se dan saqueos de nidos de tortugas marinas. Es común encontrarse con personas que venden huevos de tortuga marina en la calle, buses públicos y locales (bares, restaurantes), no sólo en zonas alejadas del Valle Central, aledañas a las costas, sino también en muchas regiones del centro del país. Las cantidad de personas encargadas de proteger las playas de anidación, sean funcionarios del MINAE, voluntarios, biólogos o

residentes de la zona, no es suficientes. En zonas como Tortuguero, Gandoca, Península de Osa, entre otras, las playas en donde las tortugas desovan son sumamente extensas, y todo el personal que trabaja allí no es suficiente para cubrir todos los kilómetros de playa que deben ser cubiertos a todas horas del día y todos los días de las semanas durante las temporadas de desove.

El patrullaje en playa, para la protección de las hembras anidadoras y nidos en incubación, es un trabajo difícil ya que implica largas horas, no sólo de caminatas en la playa y una constante coordinación entre turistas, guías y equipo de investigación y funcionarios del MINAE (en el caso en que hay tours en la playa durante los desoves), sino también implica marcaje de hembras, protección de los nidos en incubación tanto durante la noche como durante el día, protección de neonatos, traslados de nidos, protección de las hembras en contra de animales salvajes y personas no autorizadas que podrían disturbarlas, y patrullaje para evitar que personas sin un guía o sin el conocimiento adecuado sobre el comportamiento que debe seguirse durante un desove ingresen o permanezcan en la playa, entre otras. Por lo tanto, es evidente que las labores que se deben realizar en playa durante las épocas de desove demandan un personal no sólo altamente capacitado sino también con un número de miembros tal que permita realizar todas las funciones a la perfección para evitar que acciones ilegales, como saqueo de huevos, se den en la playa.

El sólo patrullaje en playa requiere un alto número de personal, sin embargo la situación de protección no sólo debe darse en la playa. Las hembras que llegan a desovar permanecen a pocos kilómetros de la costa durante sus intervalos de anidación, y es a este nivel donde menos se ha dado patrullaje y protección. En Playa Grande, sólo hasta la temporada 2004-2005 fue que iniciaron los patrullajes marinos, gracias a la colaboración entre al MINAE y la Asociación MarViva. Gracias a estos patrullajes se logró detener a un gran número de embarcaciones que se encontraban dentro de la zona marítima protegida por ley, y se logró una mayor protección de la zona. Es normal observar a los funcionarios de este Parque Nacional, no sólo patrullando toda la noche en playa, sino también todo el día en el mar. Esta situación es sólo un ejemplo de la situación en la que viven durante cada temporada de desove tanto los funcionarios del Parque Marino Las Baulas, como también todos los otros Parques Nacionales y Refugios de Vida Silvestre en donde ocurren desoves de tortugas marinas. Esta situación es inaceptable para un país que se conoce mundialmente por sus esfuerzos conservacionistas. Es de urgente necesidad que los diferentes lugares en donde ocurren desoves estén mejor preparados, con mayor cantidad de funcionarios y mejores equipamientos, para poder poner en práctica una protección completa y rigurosa de las hembras anidadoras, nidos y neonatos.

3-. Educación:

Mientras que un mejoramiento en las condiciones de las diferentes playas de desove, en términos de personal y equipo, resulta altamente efectivo, a corto plazo, sin el apoyo de las poblaciones locales, las regulaciones y el trabajo hecho por funcionarios del área sería insuficiente para lograr una protección al 100%. La educación de las comunidades locales es una de las mejores herramientas para erradicar las acciones ilegales que contribuyen con el estatus de declive en las que se encuentran las poblaciones de tortugas marinas costarricenses. Al educar no sólo a las comunidades locales, sino también a aquellas que están alejadas pero que de alguna forma podrían contribuir con acciones perjudiciales (compra de huevos, visitas no guiadas a las playas de desove) y que deben conocer sobre los recursos naturales del país, y el estado de estos, es una forma muy efectiva para mantener los esfuerzos de recuperación de las poblaciones de tortugas marinas y una excelente forma para fortalecer las regulaciones locales. Cuando las comunidades comienzan a entender sobre lo que se está haciendo por proteger, el porque de estas acciones y la importancia que los mismos habitantes de estas comunidades tienen en el rol de protección, es cuando se puede contar con su apoyo vital.

4-. Asegurarse de que las construcciones aledañas a las playas de desove no interrumpen las actividades normales y naturales de anidación y eclosión de neonatos:

Las construcciones costeras deben de ser estrictamente monitoreadas, por personas capacitadas, para minimizar el impacto sobre las playas de desove, tanto durante la construcción, particularmente durante las épocas de desove y eclosión de neonatos, como a largo plazo. Más aun, se debe actuar con mano firme, a la hora de permitir o no que se construya a la par de una playa de desove, especialmente si existen regulaciones que limitan estas construcciones o las prohíben del todo. En el segundo

caso, debe asegurarse de que aquellos involucrados en el proceso de aprobación o negación de una construcción costera, sigan las regulaciones para el área específica, y que sean las leyes ya establecidas por nuestros gobiernos las que manden y no el dinero a invertir. Si bajo todos los marcos legales, una construcción puede llevarse a cabo cerca de la playa de desove, el equipo de construcción no debe ser permitido en la playa, como tampoco la extracción de arena o degradación de cualquier forma del hábitat de desove. Las luces nocturnas utilizadas para la construcción deben de ser prohibidas durante las épocas de desove y eclosión. A largo plazo, las estructuras no deben bloquear el acceso de las tortugas a la playa, cambiar de cualquier forma la dinámica de la playa o fomentar actividades humanas que interfieren con el proceso de desove y eclosión.

5-. Reducción de depredación de huevos por parte de animales domésticos:

Animales domésticos como perros y cerdos constituyen una amenaza severa a las hembras anidadoras y neonatos. Es importante que este tipo de depredadores sean controlados o eliminados de las playas de desove. En particular, los perros domésticos no deben de ser permitidos en o cerca de la playa de anidación.

6-. Reducción de luces artificiales sobre las playas de desove:

Debido a que las tortugas marinas (especialmente los neonatos) se ven atraídos fuertemente por las luces artificiales, todas aquellas construcciones cercanas a la playa deben de estar colocadas de manera que las luces que utilicen no alumbren sobre la playa. De lo contrario, las tortugas pueden desorientarse y salirse de su curso natural.

7-. Cuantificar los efectos de las luces artificiales sobre neonatos y hembras anidadoras:

Es importante cuantificar el impacto de luces existentes en términos del éxito de desove y supervivencia de neonatos para que así una mitigación pragmática pueda aplicarse. Además este tipo de estudios puede usarse como una guía para el desarrollo de planes futuros correspondientes a posicionamiento de futuras fuentes de iluminación artificial.

8-. Implementar, evaluar y fortalecer las regulaciones correspondientes a iluminación artificial:

Bloquear la fuente de luz directamente o indirectamente con vegetación, colocar las luces a menores elevaciones, utilizar iluminación de poca potencia, utilizar bombillos rojos, son todas soluciones prácticas al problema que representa la iluminación ya existente en playas de desove.

9-. Determinación las rutas de migración de los individuos adultos y movimientos durante períodos entre nidadas:

Todas las especies de tortugas marinas, con la excepción de *Natator depressus*, migran desde sus sitios de forrajeo hasta las playas de desove. Aunque existe información sobre las rutas hipotéticas de migración de hembras adultas de baulas, verdes, carey y loras, sus movimientos necesitan ser clasificados en detalle, ya que probablemente implican en muchas ocasiones movimientos dentro de zonas con diferentes regulaciones y jurisdicciones. Para poder poner en práctica planes de conservación y manejo de los individuos durante sus migraciones, y aún más concerniente para Costa Rica, durante sus intervalos entre nidadas, es necesario determinar con detalle los movimientos de los adultos.

10-. Identificar hábitats marinos de importancia:

Es necesario determinar con exactitud si en aguas costarricenses hay áreas de forrajeo para neonatos, juveniles y adultos de las diferentes especies de tortugas marinas, y si las hay, que área en específico cubren y para qué especie son.

Referencias

- Anónimo. 2004. Formulario para el Primer Informe Anual. Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas Segunda Conferencia de las Partes 16 al 18 de Noviembre, 2004. Isla de Margarita, Venezuela. 24 p.
- Chacón, D., N. Valerín y M.V. Cajiao. 2001. Manual para mejores practicas de conservación de las tortugas marinas en Centroamérica. National Fish and Wildlife Foundation, International Fund for Animal Welfare y Programa Regional

- Ambiental para Centroamerica de la AID-G/CAP. 139 p.
- Chaves, A., G. Serrano, G. Marin, E. Arguedas, A. Jimenez, and J. R. Spotila. 1996. Biology and Conservation of Leatherback Turtles, *Dermochelys coriacea*, at Playa Langosta, Costa Rica. *Chel. Cons. Biol.* 2(2):184-189.
- Cornelius, S y D. Robinson. 1986. The Sea Turtles of Santa Rosa National Park. University of Costa Rica Press ISBN 84-599-1101-2.
- Leslie, A. J., D. N. Penick, J. R. Spotila, and F. V. Paladino. 1996. Leatherback turtle, *Dermochelys coriacea*, nesting and nest success at Tortuguero, Costa Rica, in 1990-1991. *Chel. Cons. Biol.* 2:159-168.
- Paladino, F. V., J. R. Spotila, M. P. O'Connor, and R. E. Gatten. 1996. Respiratory physiology of adult leatherback turtles (*Dermochelys coriacea*) while nesting on land. *Chel. Cons. Biol.* 2:223-229.
- Reina, R. D., J. R. Spotila, P. A. Mayor, R. Piedra, and F. V. Paladino. 2002. Nesting Ecology of the Leatherback Turtle, *Dermochelys coriacea*, at Parque Nacional Marino Las Baulas, Costa Rica: 1988-89 to 1998-99. *Copeia*. In review.
- Rostal, D. C., F. V. Paladino, R. M. Patterson, and J. R. Spotila. 1996. Reproductive physiology of nesting leatherback turtles *Dermochelys coriacea* at Las Baulas National Park, Costa Rica. *Chel. Cons. Biol.* 2:230-236.
- Spotila, J. R., R. D. Reina, A. C. Steyermark, P. T. Plotkin, and F. V. Paladino. 2000. Pacific leatherback turtles face extinction. *Nature* 405:529-530.
- Steyermark, A. C., K. Williams, J. R. Spotila, F. V. Paladino, D. C. Rostal, S. J. Morreale, M. T. Koberg, and R. Arauz. 1996. Nesting leatherback turtles at Las Baulas National Park, Costa Rica. *Chel. Cons. Biol.* 2:173-183.
- Troëng, S. 1998. Poaching threatens the green turtle rookery at Tortuguero, Costa Rica. *Marine Turtle Newsletter* 79:11-12.
- Troëng, S. 2000. Observations of male green turtles (*Chelonia mydas*) on the nesting beach at Tortuguero National Park, Costa Rica. *Chel. Cons. Biol.* 3(4):749-750.
- Troëng, S. D. Chacón y B. Dick. 2004. Posible declinamiento en la anidación de la tortuga baula *Dermochelys coriacea* a lo largo de la costa caribeña de Centroamérica. *Oryx* 38 (4): 395-403.
- Troëng, S. y E. Rankin. 2005 Esfuerzos de conservación de largo plazo contribuyen a una tendencia positiva de anidación de tortuga verde *Chelonia mydas* en Tortuguero, Costa Rica. *Biol. Conserv.* 121: 111-116.

Cuadro 1. Sitios de importancia en Costa Rica para la conservación de tortugas marinas según la Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas de 2004 (Anónimo 2004).

	Nombre del Sitio	Especie	Temporada	Ubicación geográfica	Extensión (km o ha)	Categoría de protección	Observaciones*
Sitio Anidación	Tortuguero - Parismina - Pacuare	Cc	Mayo	N10°35.51, 083°31.40 a N10°19.04, 083°21.39	50 km	25 km dentro del Parque Nacional Tortuguero	Ver referencias adjuntas: Troëng <i>et al.</i> 2004; Troëng y Rankin 2005; Troëng <i>et al.</i> en prensa.
		Cmm	junio-noviembre				
		Dc	febrero-julio				
		Ei	abril-octubre				
	Playa Matapalo, Guanacaste ¹	Cma	Setiembre-marzo			Ninguna	
		Dc	Octubre - marzo				
	Nombre de Jesús y Zapotillal ²	Cma	Setiembre-marzo			Ninguna	
		Dc	Octubre - marzo				

Continuación

Nombre del Sitio	Especie	Temporada	Ubicación geográfica	Extensión (km o ha)	Categoría de protección	Observaciones*
Playa Grande*	Dc	Octubre - marzo	N10°22'11.21" 085°52'10.73"		PN Marino las Baulas	
	Lo	Junio-diciembre				
Playa Langosta (PNM Baulas)*	Lo	Junio-diciembre	N10°16'21.39" 085°51'8.32"		PN Marino las Baulas	
	Dc	Octubre - marzo				
Playa Camaronal ^{1***}	Lo	Junio-diciembre			R.N.V.S. Camaronal	
	Dc	Octubre - marzo				
	Cma	Setiembre-marzo				
Playa Islita-Pilas ¹	Lo	Junio-diciembre				
Playa Bejuco ¹	Lo	Junio-diciembre				
Playa San Miguel****	Lo	Junio-diciembre				
Playa Coyote ¹	Lo	Junio-diciembre				
11. Playas Ario-Caletas - Bongo ² ****	Lo	Junio-diciembre				
	Cma	Setiembre-marzo				
	Dc	Octubre - marzo				
12. Playa Junquillal ^{*****}	Lo	Junio-diciembre				
	Cma	Setiembre-marzo				
	Dc	Octubre - marzo				
Playa Nancite	Lo	junio-diciembre	309.564 N 350.531 E	0.8 km	Parque Nacional	Playa protegida de acceso restringido
Playa Naranjo	Lo	junio-diciembre	306.841 N 354.109 E	3 km	Parque Nacional	Playa de uso turístico, con protección
	Dc	Octubre - marzo				
Playa Ostional	Lo	junio-diciembre	85 43' 50" W, 10 01' 00" N y 85 40' 40" W, 09 54' 30" N	7 km	Refugio Nacional de Vida Silvestre	Presenta anidaciones masivas de la tortuga Lo y más de 50 nidos al año de Dc y Cm (Chaves et al 2005a)
	Cma	Setiembre-marzo				
	Dc	Octubre - marzo				
Gandoca	Dc	febrero-julio	N9.60164 W82.60834	11 km	RNVS	Protección en manos de locales y ONG's, debil participación estatal
	Ei	abril-octubre				
	Cmm	Junio - noviembre				

Continúa

Continuación

Nombre del Sitio	Especie	Temporada	Ubicación geográfica	Extensión (km o ha)	Categoría de protección	Observaciones*
Cahuita	Dc	febrero-julio	N9.73221 W82.81706	14 km	Parque Nacional	Poblaciones muy deprimidas por la cacería y recolecta ilegal de huevos dentro del AAPP
	Ei	abril-octubre				
	Cmm	Junio-noviembre				
	Cc	Mayo				
Playa Negra de Puerto Viejo	Dc	febrero-julio		4 km	Ninguna	Amenazas por desarrollo turístico y por contaminación con agroquímicos de las bananeras
	Ei	abril-octubre				
	Cmm	Junio-noviembre				
	Cc	Mayo				
Playa Hermosa-Punta Mala (Pacífico Central)	Lo	Junio-Diciembre		9 km	Refugio Nacional de Vida Silvestre	Proyecto de vivero
Playa Cocos	Lo	Junio-Diciembre		400 m	RNVS Isla San Lucas	Anidamientos aislados
Playa Rey ³	Lo	Junio-Diciembre		14 km	PN	Problemas por extracción de huevos.
Playa Barú	Lo	Junio-Diciembre			Refugio Nacional de Vida Silvestre	Proyecto de rescate
Portalón-Matapalo-Guapil (Pacífico Central)	Lo	Junio-Diciembre			Refugio Nacional de Vida Silvestre	
Playa Ballena	Lo				PN Marino Ballena	
Playas Carate, Pejeperro, Río Oro y Piro	Lo	Junio-diciembre		10 km	Ninguna	
	Cma	Junio-diciembre				
	Dc	Octubre - marzo				
Playa Preciosa-Platanares	Lo	Junio-diciembre			RNVS	
	Cma	Junio-diciembre				
	Dc	Octubre - marzo				
Playa Matapalo	Lo	Junio-diciembre			Ninguna	
	Cma	Junio-diciembre				
	Dc	Octubre - marzo				
Punta Banco	Lo	Junio-diciembre				
	Cma	Junio-diciembre				

Continúa

Continuación

	Nombre del Sitio	Especie	Temporada	Ubicación geográfica	Extensión (km o ha)	Categoría de protección	Observaciones*
		Dc	Octubre - marzo				
	Playa Cabuyal	Lo	Junio-diciembre			Ninguna	
	Punta Mala, zona sur	Lo	Junio-diciembre		3 km	Humedal Sierpe Térraba.	
	Playas Madrigal, Sirena, Llorona, Corcovado	Lo	Junio-diciembre		40 km	PN Corcovado	
		Cma	Junio-diciembre				
		Dc	Octubre - marzo				
Sitio Forrajeo	Gandoca/Manzanillo	Ei / Cm		N9.64194 W82.64237	5000 ha	RNVS	Acceso libre a embarcaciones algunas ejecutando cacería
	Cahuita	Ei / Cm		N9.75054 W82.81296	600 ha	PN	Acceso libre a embarcaciones algunas ejecutando cacería

Datos tomados de:

**Datos tomados de: Reina et al. 2002, Paladino *et al.* 2003; Paladino *et al.* 2004, Piedra y Velez 2004.

***Datos tomados de: Quirós, 2004. Sin publicar. Datos de la temporada 2004 – 2005 únicamente.

****Datos tomados de: PRETOMA, 2005. Sin publicar.

*****Datos tomados de: Francia, 2005. Sin publicar.

1. No hay proyectos de investigación o de toma de datos continuos.
2. Proyectos de investigación no establecidos permanentemente.
3. Hubo presencia de proyectos de investigación, pero en la actualidad no operan por falta de presupuesto.
4. Existen proyectos de Protección de nidos y la información recopilada se refiere a la cantidad de huevos trasladados a vivero y cantidad de neonatos

CAPITULO XII

GOLFO DULCE¹²

Marco A. Quesada¹³ y Jorge Cortés¹⁴

Resumen: La mayor parte de la información científica publicada hasta la fecha para el Pacífico sur de Costa Rica se concentra en el área de Golfo Dulce, un sistema considerado como un “fiordo” tropical y la única cuenca anóxica de la costa Pacífica Americana. Entre otras características, Golfo Dulce destaca por ser un sistema de poco a medianamente productivo y que se asemeja a un sistema oceánico. La circulación de agua es limitada por un umbral que se ubica a su entrada y que determina en gran medida los gradientes físicos y biológicos que se observan en su columna de agua. Las partes interna y externa de su cuenca se distinguen física y biológicamente y es posible observar diferencias en el plancton, bentos, arrecifes de coral y otros ecosistemas al comparar ambas partes. Por su importancia biológica y características únicas en el ámbito nacional y regional, se recomienda prestar especial atención al manejo y conservación de Golfo Dulce.

Introducción

El Pacífico sur, en general, y el Golfo Dulce, en particular, tienen gran importancia debido a la diversidad biológica que presentan y a su relativamente bajo desarrollo costero. Las primeras investigaciones marinas en Golfo Dulce, fueron las de Richards *et al.* (1971), quienes describieron por primera vez las características oceanográficas de Golfo Dulce, y las de Nichols-Driscoll (1976), quien exploró la comunidad béntica de Golfo Dulce. Mas tarde, se inició el estudio de los arrecifes de coral y comunidades coralinas (Cortés 1990 a, b, 1992). Entre los años 1993 y 1994, el Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR) de la Universidad de Costa Rica y el Centro de Ecología Marina Tropical (ZMT) de la Universidad de Bremen, Alemania, realizaron una campaña oceanográfica en el Pacífico costarricense que incluyó puntos como el Golfo de Nicoya y Golfo Dulce. El Pacífico sur (en especial Golfo Dulce) fue objeto de numerosos estudios, entre los que se pueden citar trabajos sobre geología (Hebbeln *et al.* 1996), perfiles físicos y de nutrimentos de la columna de agua (Córdoba y Vargas 1996), plaguicidas organoclorados (Sponberg y Davis 1998), microbiología (Kuever *et al.* 1996, Thamdrup *et al.* 1996), zooplancton (Hossfeld 1996, Molina-Ureña 1996, Morales-Ramírez 1996, von Wangelin y Wolff 1996), moluscos (Cruz 1996, Høisæter 1998), crustáceos (Castro y Vargas 1996, Jesse 1996) y peces (Bussing y López 1996).

¹² Basado en su totalidad en Quesada y Cortés (2006)

¹³ Conservación Internacional, San José, Costa Rica, mquesada@conservation.org

¹⁴ Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR), Universidad de Costa Rica, San José 2060, Costa Rica y Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica. 2060 San Pedro, San José, Costa Rica, jcortes@cariari.ucr.ac.cr

Después de la expedición del Victor Hensen se continuó con la publicación de trabajos sobre el Golfo Dulce: por ejemplo sobre mamíferos marinos (Acevedo y Burkhart 1998, Cubero-Pardo 1998b), bioerosionadores de corales (Fonseca y Cortés 1998, Fonseca 1999, Fonseca 2006), moluscos (Høisæter 1998, Silva y Bonilla 2001), los sedimentos del fondo (Hebbeln y Cortés 2001), y sobre el reciclaje de nutrientes (Dalsgaard *et al.* 2003). Lo anterior, hace del Golfo Dulce el sistema más estudiado del Pacífico sur de Costa Rica y uno de los más estudiados del país.

Clima

El Pacífico sur de Costa Rica se caracteriza por su clima lluvioso y por tener una época seca poco pronunciada. La precipitación anual llega a superar los 5 000 mm y la estación lluviosa se extiende desde abril hasta diciembre, alcanzando su pico en el mes de octubre, cuando el promedio mensual de lluvia varía entre los 520 mm y los 860 mm.

Geología

Se considera que los basamentos de la zona ístmica de Osa (Bloque de Rincón), de Golfito y de Burica son de origen distinto: El Bloque de Rincón y Burica representan fragmentos compuestos de “plateaus” o montes marinos (“seamounts”) oceánicos, y la región de Golfito se caracteriza por la presencia de rocas de un arco primitivo (Di Marco 1994, Di Marco *et al.* 1995, Buchs 2003). Estos terrenos fueron acrecionados a la parte principal del istmo Centroamericano durante el Paleoceno-Eoceno.

La zona sur de Costa Rica tiene gran actividad tectónica debido a que a unos pocos kilómetros al suroeste de la costa se hunde la Cordillera Asísmica de Cocos debajo de la Microplaca de Panamá, produciendo un levantamiento de hasta 6,5 mm/año (Fischer 1980, Gardner *et al.* 1992, Denyer *et al.* 2003, Sak *et al.* 2004). Esta es una región compleja y se han propuesto varios modelos sobre la edad de subducción de la Cordillera de Cocos debajo de Costa Rica (MacMillan *et al.* 2004).

La principal característica tectónica en la parte interna de Golfo Dulce es una falla inversa del lado norte, que se manifiesta en terrazas de playas levantadas (Madrigal 1977) y en acantilados de gran altura que continúan bajo el agua con una pendiente muy pronunciada (Hebbeln *et al.* 1996). La fragmentación en bloques de la región alrededor del Golfo Dulce ha resultado en movimientos verticales desiguales, causando cambios en la dirección del desagüe de los ríos en el golfo (Wells *et al.* 1988). Hace unos 500 años la cantidad de agua dulce que llegaba a la parte interna de Golfo Dulce aumentó significativamente, al desviarse, por movimientos tectónicos, los ríos Rincón y Esquinas hacia la parte interna de Golfo Dulce, afectando el crecimiento de los arrecifes coralinos (Cortés *et al.* 1994).

Excepto por el área del umbral, la mayor parte de Golfo Dulce está cubierto por sedimentos suaves y recientes, con espesores entre 5 y 10 m (Hebbeln *et al.* 1996, Hebbeln y Cortés 2001). Los sedimentos de la región interna profunda están compuestos principalmente de turbiditas (Hebbeln y Cortés 2001). Así mismo, se ha determinado que casi toda la materia orgánica en los sedimentos de Golfo Dulce, sobre todo en la parte noreste, es de origen terrestre, y podría provenir de las áreas de manglar cercanas (Hebbeln y Cortés 2001).

Hidrografía

Golfo Dulce tiene cerca de 50 km de longitud, de 10 a 15 km de ancho y una superficie aproximada de 680 km². La línea costera está dominada por fuertes pendientes rocosas cubiertas de vegetación y por algunas playas arenosas (Hebbeln *et al.* 1996). Además, se caracteriza por poseer una cuenca interna de pendiente pronunciada con una profundidad máxima de 215 m y un umbral poco profundo (60 m) a su entrada (Cortés 1990a, b, Córdoba y Vargas 1996, Hebbeln *et al.* 1996). Estas características morfológicas tienden a restringir la circulación de agua en la cuenca interna y a favorecer el desarrollo de condiciones anóxicas en las aguas profundas. La morfología y circulación de Golfo Dulce se asemejan a la de los fiordos de latitudes altas. De hecho, Golfo Dulce es uno de los tan sólo cuatro sistemas de éste tipo que existen en los trópicos (Richards 1965). Más aún, Golfo Dulce es la única cuenca anóxica a lo largo de la costa Pacífica del continente Americano (Hebbeln *et al.* 1996, Hebbeln y Cortés 2001).

Golfo Dulce presenta gradientes pronunciados en la temperatura, salinidad y concentración de oxígeno disuelto en la columna de agua y es posible ubicar la picnoclina a una profundidad ligeramente menor que la profundidad del umbral (Richards *et al.* 1971, Córdoba y Vargas 1996, Thamdrup *et*

al. 1996, Quesada 2001). Dos capas son evidentes: una superficial, cálida (19-30°C) y diluida (<34‰) que alcanza los 50-60 m, justo sobre la profundidad del umbral. La otra capa está compuesta por las aguas profundas y físicamente homogéneas, con un mínimo de temperatura de 15.4°C y salinidades que alcanzan los 34.8‰ (Richards *et al.* 1971, Córdoba y Vargas 1996).

Circulación

De manera más reciente y como parte de un esfuerzo conjunto entre la Universidad de Bergen en Noruega y el CIMAR de la Universidad de Costa Rica, se trabajó en la evaluación de un modelo capaz de explicar los patrones de corrientes que se dan en Golfo Dulce. Este estudio ha identificado, de manera preliminar, que la circulación en Golfo Dulce está relacionada a la entrada de agua dulce de los ríos, a los vientos locales y el efecto de la topografía sobre los vientos (Svendsen *et al.* 2005).

Además, se han identificado masas densas de agua oceánica que pasan sobre el umbral externo y entran a la cuenca de Golfo Dulce, donde se hunden rápidamente y desplazan a las aguas profundas hacia arriba. De hecho, autores como Richards *et al.* (1971) y Quesada y Morales-Ramírez (2004) han observado elevaciones en la termoclina asociadas con fenómenos de entrada de agua oceánica. La advección de estas masas de agua oceánica aparentemente ocurre al menos dos veces al año (Quesada 2001, Quesada y Morales-Ramírez, 2004) y podría estar asociada a eventos de afloramiento costero ocasionales (Richards *et al.* 1971).

Nutrientes

Córdoba y Vargas (1996) y Wolff *et al.* (1996), describieron las aguas superficiales de la cuenca de Golfo Dulce como bajas en nutrientes y típicas de aguas costeras sin afloramientos. Esto coincide con lo hallado por Richards *et al.* (1971), quienes reportaron una rápida disminución en la concentración de nitratos al aumentar la profundidad, así como la aparición de un máximo en la concentración de nitritos a los 100 m en la parte interna de la cuenca.

Recientemente, se informó que en la cuenca anóxica de Golfo Dulce se dan reacciones anamóxicas y que estas producen hasta un 19-35% del total de N₂ formado en la columna de agua (Dalsgaard *et al.* 2003). La anamoxia es una reacción llevada a cabo por bacterias, que consiste en la oxidación anaeróbica del amonio con nitrito que genera N₂.

Por otra parte, las altas concentraciones de fosfatos en las aguas profundas de la parte interna del golfo sugieren la acumulación de materia orgánica en descomposición en el fondo de la cuenca. Sin duda, tanto el ingreso de materia orgánica disuelta y particulada, como la entrada de nutrientes al golfo han aumentado en los últimos 30 años (Cortés *et al.* 1994). Prueba de ello es la gran cantidad de sedimentos y materia vegetal en suspensión que se observan luego de períodos de fuertes lluvias (Quesada 2001, Fonseca *et al.* 2006). Esto se debe, probablemente, a la deforestación y a la expansión de la agricultura en la cuenca de Golfo Dulce. A pesar de ello, la profundidad de la oxiclina no parece haber cambiado dramáticamente en las últimas décadas, quizá debido a los períodos de renovación de las aguas profundas (Thamdrup *et al.* 1996, Córdoba y Vargas 1996, Quesada y Morales-Ramírez 2004).

Contaminación

Davis (1997) y Spongberg y Davis (1998, 2004 a, b) han investigado la geoquímica de los sedimentos de Golfo Dulce. Davis (1997) determinó la presencia de concentraciones relativamente altas de hidrocarburos aromáticos polinucleares, así como la presencia de otros contaminantes en los sedimentos del golfo. Spongberg y Davis (1998), mientras tanto, informaron bajas concentraciones de plaguicidas, sobre todo en los sedimentos del Río Esquinas, así como una mayor presencia de hidrocarburos aromáticos y de diesel en la zona de Golfito.

Recientemente, se publicaron varios estudios sobre contaminación en los que se incluyen datos de Golfito y Golfo Dulce: metales traza (García-Céspedes *et al.* 2004), bifenilos policlorinados (BPC) (Spongberg 2004) e hidrocarburos de petróleo (Acuña-González *et al.* 2004). En estos trabajos se informa que la Bahía de Golfito es la que en general presenta mayores niveles de contaminación al ser comparada con otros cuatro sistemas costeros de Costa Rica: Golfo de Papagayo, la parte sur de Golfo de Nicoya, la Bahía de Moín y la Isla del Coco (J. Acuña-González com. pers.).

Plancton

Golfo Dulce, presenta un comportamiento distinto al de la mayoría de los ecosistemas costeros tropicales, debido a que está dominado por el flujo de energía y biomasa dentro del grupo pelágico. Por esta razón, se asemeja más a un sistema oceánico abierto que a uno estuarino (Wolff *et al.* 1996). Estudios realizados en la zona muestran una fuerte estratificación de la actividad biológica, junto con una estratificación física y una limitada zona fótica (Richards *et al.* 1971, Córdoba y Vargas 1996, Thamdrupe *et al.* 1996, von Wangelin y Wolff 1996, Wolff *et al.* 1996, Quesada 2001, Quesada y Morales-Ramírez 2004).

En cuanto al zooplancton, Quesada y Morales (en prensa) reportan una fuerte estratificación biológica en la columna de agua y valores promedio de biomasa de zooplancton entre 12,07 y 19,42 mg/m³ en la capa superficial. Lo anterior podría estar asociado con el fuerte gradiente en la concentración de oxígeno disuelto que se observó en la columna de agua. Los valores de biomasa del zooplancton reportados confirman a Golfo Dulce como un sistema relativamente poco productivo. Un aspecto importante es la observación de incrementos temporales en la biomasa del zooplancton, que parecen estar relacionados con la entrada de masas de agua oceánica a Golfo Dulce (Quesada 2001).

La comunidad de zooplancton de Golfo Dulce esta dominada por organismos de tamaño pequeño (entre 150 μm y 500 μm). Su composición consistió principalmente de copépodos (71.4%), apendicularias (8.25%), ostrácodos (7.99%) y huevos de invertebrados (5.43%). De los 29 géneros de copépodos identificados durante ese estudio, tan sólo cinco constituyeron el 91.5% de la abundancia total: *Oithona* (46.9%), *Paracalanus* (21.4%), *Oncaea* (15.1%), *Euterpina* (4.5%) y *Corycaeus* (3.6%) (Quesada 2001, Morales-Ramírez y Quesada, en prep.). Esto coincidió con lo informado por Morales-Ramírez (2001), quien describió la comunidad de microcrustáceos de Golfo Dulce como una mezcla de especies estuarinas y oceánicas.

Estos resultados se ajustan a lo reportado por Wolff *et al.* (1996) en cuanto a los flujos de energía en Golfo Dulce y apoyan el hecho de que este sistema presente una productividad que puede ser considerada entre baja y moderada y que varía tanto espacial como temporalmente. Lo anterior, es un aspecto de suma importancia para el apropiado manejo de las pesquerías de la zona ya que el Golfo Dulce se comporta de manera radicalmente distinta de otros sistemas del Pacífico costarricense, como el Golfo de Papagayo y el Golfo de Nicoya, por ejemplo.

Bentos

Nichols-Driscoll (1976) caracterizó la fauna béntica de Golfo Dulce y reportó un total de 46 especies de poliquetos bénticos. Más tarde, Dean (1996) encontró para la misma zona un total de 47 especies de poliquetos bénticos pertenecientes a 25 familias. En total, ambos autores informaron sobre 31 familias de poliquetos, de las cuales sólo hay 17 en común entre ambos estudios. Los grupos identificados en el área fueron predominantemente animales que se alimentan de depósitos de materia orgánica (27 especies) y carnívoros (20 especies) (Dean 1996). Ambos autores coincidieron en señalar que las especies proceden de muestras de sedimento tomadas a menos de 100 m de profundidad, lo cual refleja los bajos niveles de oxígeno disuelto en las aguas profundas de Golfo Dulce.

Ecosistemas de manglar

Los ecosistemas de manglar que se ubican dentro de Golfo Dulce han recibido relativamente poca atención hasta la fecha. Jesse (1996) informa sobre la importancia de los pequeños parches de manglar en la parte interna de Golfo Dulce como áreas de crianza de especies comerciales de camarón, y Silva y Bonilla (2001) estudiaron el manglar de Purruja, en Golfito. Este tiene una extensión aproximada de 70 hectáreas y su vegetación nuclear está dominada por cinco especies: *Rhizophora mangle*, *R. racemosa*, *Pelluciera rhizophorae*, *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa*. Además, Silva y Carrillo (2004) informan sobre un proceso organizado y cooperativo entre miembros de la comunidad, un grupo local organizado (APIAPU: Asociación de Piangueros de Purruja), instituciones gubernamentales, no-gubernamentales y la Universidad de Costa Rica, el cual fue utilizado en el manglar de Purruja, Golfito para desarrollar un modelo de manejo. El mismo fue realizado y aprobado por todos los actores.

Silva y Bonilla (2001) estudiaron la abundancia y morfometría de las pianguas en el manglar de Purruja, el más importante de la bahía de Golfito. El estudio determinó que la mayor densidad poblacional la presentó *A. tuberculosa*, con 0,9 indiv./m² (longitud promedio de 43,3 mm), mientras que *A.*

similis presentó una densidad de 0,2 indiv./m² (longitud promedio de 42,8 mm). Los autores determinaron que ambas especies se encontraban en mayor abundancia en la desembocadura de los canales, sitio donde también se da la mayor presión de extracción. En ambos casos, la extracción se da por debajo del tamaño establecido por ley (47,0 mm). Los resultados obtenidos por Silva y Bonilla (2001) apuntan que la población de pianguas del manglar de Purruja podría estar disminuyendo.

Germain (2004) determinó que la cuenca del río Conte está relativamente poco contaminada. Sin embargo, informa sobre la presencia de bacterias coliformes, probablemente asociada a actividades ganaderas y a los numerosos asentamientos humanos en la zona cercana al río Conte.

Arrecifes y comunidades coralinas

En Golfo Dulce se ha identificado un total de diez especies de corales formadores de arrecife (Cortés 1990 a, b, Cortés y Guzmán 1998) y cinco especies de corales ahermatípicos (Cortés y Jiménez 2003), que se encuentran en varios tipos de arrecifes y comunidades de coral. Los arrecifes coralinos de Golfo Dulce se pueden dividir en dos grupos en base con su diversidad y estructura: en primer lugar, se encuentra el grupo de arrecifes de la parte interna (Punta Islotes y Punta Bejuco), los cuales son muy similares y tienen un relieve topográfico de hasta 12 m en Punta Islotes (Cortés 1992). Además, se encuentran microatolones vivos y muertos de *Porites lobata* en las zonas más someras. En general, los arrecifes de la parte interna del golfo consisten de parches vivos y muertos de *P. lobata* en el frente del arrecife, así como *Pocillopora damicornis* y *Psammocora stellata* en la plataforma arrecifal. Se observa una baja diversidad de coral en esta zona y la cobertura de coral vivo varía desde menos de un 1% hasta 8% (Cortés y Murillo 1985, Cortés 1992, Cortés *et al.* 1994, Fonseca 1999, Cortés y Jiménez 2003, Fonseca *et al.* 2006).

En la zona de Punta Bejuco, existen varios arrecifes separados por canales de arena. Los flancos y el frente del arrecife consisten de *P. lobata* (vivo y muerto), mientras que el área central consiste de *Pocillopora* spp. muerto y *Psammocora* spp. En general, la especie dominante en esta zona es *P. lobata* (Cortés 1990 a, b). También existen arrecifes totalmente muertos en Punta Estrella, Isla Mogos, Playitas, Punta Saladero, Punta Esquinas y Punta Cativo, todos cerca del río Esquinas, el cual es conocido por descargar gran cantidad de sedimentos en la parte interna de Golfo Dulce (Cortés 1990 a, b).

El otro tipo de arrecife de Golfo Dulce son los arrecifes de la parte externa (Sándalo y Punta El Bajo), que se diferencian por tener un relieve topográfico bajo, una cobertura de coral relativamente alta (29-46%), un alto porcentaje de coral vivo y una alta diversidad (Cortés 1990 a, b, Cortés 1992, Cortés y Jiménez 2003). Las áreas poco profundas en el arrecife de Sándalo están compuestas por *P. lobata*, mientras que la sección más profunda presenta varias especies, siendo la más abundante *P. damicornis*. Resulta importante mencionar que en esta región también se encuentran las colonias más grandes de *Pavona frondifera* que se han descrito para el Pacífico Oriental (Cortés 1990 a, b, Cortés y Guzmán 1998). Así mismo, otro arrecife externo ubicado en Punta El Bajo, en la vertiente norte del golfo, presenta un 100% de cobertura viva de *Psammocora obtusangula* y está rodeado por colonias de *P. lobata* y *P. stellata* (Cortés 1992). Cortés (1990 a, b) ha sugerido que las diferencias entre las partes interna y externa del golfo posiblemente son producto de la actividad tectónica en la zona (la parte interna del golfo está subsidiendo) y a diferencias de sedimentación, debido a que las partes internas reciben mayores descargas de sedimentos.

Se ha informado que los arrecifes de coral de Golfo Dulce están siendo destruidos por varias especies de bioerosionadores internos y externos. Entre los bioerosionadores internos destacan dos especies del bivalvo *Lithophaga*, así como *Gastrochaena rugulosa* y el sipuncúlido *Aspidosiphon elegans*, este último en densidades de hasta 300 individuos por cada 1000 cm³ de coral (Fonseca 1999). También se ha descrito la presencia de esponjas perforadoras, especialmente *Cliona ensifera*, presente en el 95% de las colonias examinadas en Sándalo, junto con el crustáceo perforador *Upogebia rugosa* (Cortés 1991, Fonseca y Cortés 1998). Estos organismos están destruyendo los corales de Golfo Dulce a una tasa más rápida de la que crecen en la actualidad (Fonseca 1999).

Ictiofauna

Rojas (2001) determinó la abundancia y distribución de 71 especies de peces, en 28 familias, asociadas con arrecifes coralinos y costas rocosas de la parte interna de Golfo Dulce. Según este estudio, las familias más numerosas en cuanto a especies e individuos fueron Labridae y Pomacentridae. El

90% de la abundancia total se concentró en tan sólo 11 especies. De estas, *Halichoeres melanotis*, *H. chierchiae* y *Caranx sexfasciatus* constituyeron más del 56% de la abundancia. Estas especies también presentaron los mayores valores de densidad por estación de muestreo. De acuerdo con Rojas (2001), sus resultados reflejaron que tanto a nivel local como regional, el número de especies de peces asociadas con zonas arrecifales fue bajo. Esto se pudo deber a que los arrecifes y costas rocosas estudiadas son relativamente pequeños y carecen de zonación estructural de hábitat. El autor agregó que otros factores que pudieron incidir en su estudio fueron la heterogeneidad estructural moderada de los sustratos coralinos, la baja densidad de peces piscívoros que regulan la abundancia de otras especies y la moderada productividad de Golfo Dulce. De las 71 especies observadas por Rojas, 36 habían sido reportadas por Campos (1989) como parte de las capturas comerciales. Rojas (2001) observó que la baja proporción (33%) de peces carnívoros, como pargos (Lutjanidae) y meros o cabrillas (Serranidae), se podría deber a la captura comercial de estas especies. Es importante señalar que estos grupos fueron sometidos a una considerable presión de pesca a raíz del desempleo originado en el sector agrícola de la zona producto del retiro de la Compañía bananera. La limitada productividad característica del golfo probablemente ha favorecido que algunos de estos grupos hayan sido sobre explotados rápidamente sin haberse podido recuperar hasta la fecha. Esto, a su vez, ha provocado que muchos de los pescadores que solían pescar en el golfo, ahora dirijan su esfuerzo hacia áreas oceánicas. Sin duda, la ausencia relativa de estas especies y su efecto regulador sobre las poblaciones de otras especies, tiene un efecto negativo sobre la diversidad íctica en áreas arrecifales del golfo (R. Rojas com. pers.).

La pesca es una de las principales actividades comerciales de la Península de Osa. La actividad es realizada por embarcaciones locales y de otros sectores del país, que pescan en aguas costeras y oceánicas de la Península de Osa, Golfo Dulce y Punta Burica. Además, se da la pesca artesanal y de subsistencia en manglares, lagunas costeras y desembocaduras de ríos. De acuerdo con Jiménez y Muñoz (1995) y Lagunas-Vázquez (2004), entre las especies extraídas en la zona sur destacan: *Caranx caballus*, *C. vinctus* y *C. speciosus* (jureles), *Carcharinus limbatus* (tiburón de aleta negra), *Centropomus unionensis*, *C. viridis* y *C. armatus* (róbalos), *Diapterus peruvianus* (mojarra), *Elops affinis* (sábalo), *Epinephelus analogus* (cabrilla), *Gerres cinereus* (mojarra amarilla), *Hoplopargus guntheri* (pargo roquero), *Lutjanus jordani* (pargo negro), *L. novemfasciatus* (pargo rayado), *L. guttatus* (pargo mancha), *L. argentiventris* (pargo colamarilla), *L. colorado* (pargo rojo), *L. peru* (pargo seda), *Mugil curema* (lisa), *Ophisoma* spp. (congrisos), *Scomberomorus sierra* (macarela), *Sphyrna lewini* (tiburón martillo), *Strongyula exilis* (aguja), *Synoscion* spp. (corvina) y *Trachinotus paitensis* (palomas).

Campos (1989) y Segura y Campos (1990) estudiaron las pesquerías comerciales de Golfo Dulce mediante datos de capturas pesqueras y muestreos de campo. De acuerdo con Campos (1989), el 87% de las capturas reportadas provino de zonas poco profundas y sobre todo de la parte externa de Golfo Dulce y las desembocaduras de los ríos más grandes. Segura y Campos (1990) determinaron que un 80% de las capturas correspondió a solo 35 de las 177 especies identificadas por Campos (1989) y que más de un 5% de las capturas se perdieron debido a la mala manipulación del producto. Las especies más abundantes en este estudio fueron la macarela (*S. sierra*), el tiburón martillo (*S. lewini*), la corvina agria (*Micropogonias altipinnis*), la lisa (*M. curema*), así como algunos jureles (*Carangidae*), pargos (*Lutjanidae*), róbalos (*Centropomidae*) y roncadores (*Haemulidae*) (Campos 1989).

Lagunas-Vázquez (2004) realizó un estudio socio ambiental sobre la pesca de subsistencia en dos comunidades costeras de Golfo Dulce: Rincón de Osa y Puerto Escondido-La Palma. La autora informó un total de 39 especies (34 de peces, 3 de crustáceos, 1 de molusco y 1 especie de tortuga marina) que son utilizadas como recursos pesqueros por los habitantes de ambas comunidades. De éstas, los grupos que fueron capturados con mayor frecuencia fueron pargos (Lutjanidae), lisas (Mugilidae), comearenas (Carangidae), barracudas (Sphyrnaenidae), atunes (Scombridae), tiburones (Sphyrnidae) y roncadores (Haemulidae).

Tortugas marinas

En la Península de Osa no existen playas donde ocurra la anidación masiva de tortugas, pero sí hay playas en donde se da la anidación solitaria de tortugas lora (*Lepidochelys olivacea*), verde (*Chelonia agassizi*), baula (*Dermochelys coriacea*) y carey (*Eretmochelys imbricata*). Se ha determinado, sin embargo, que la mayor parte de la costa suroeste de la península es muy rocosa y expuesta al oleaje como para permitir la anidación de tortugas. Igualmente, los informes de anidación en playas dentro de Golfo Dulce son

mínimos. La costa de la parte interna de Golfo Dulce está cubierta por pequeños parches de manglar o sustratos rocosos, por lo que las actividades de anidación de tortugas son raras o desconocidas (Drake 1996, Govan *et al.* 2000). Entre las playas de la península para las que se ha informado actividad de anidación de tortugas se encuentran las playas de la parte externa sur y central de la Península de Osa, como playa Piro, Pejeperro, Río Oro y Carate. También se pueden mencionar las playas Sombrero, Tamales, Platanares y el sector de Punta Banco (Drake 1996, Govan *et al.* 2000, Bedoya y Nahill en prensa).

Mamíferos marinos

La presencia de mamíferos marinos en Golfo Dulce fue documentada científicamente por Acevedo-Gutiérrez (1996), quien observó un total de 8 especies de mamíferos marinos de las cuales únicamente el delfín nariz de botella (*T. truncatus*) y el pantropical manchado (*S. attenuata*), fueron observados con frecuencia. Así mismo, Acevedo-Gutiérrez (1996) indicó que dichas especies parecen depender del área para su alimentación, reproducción y crianza, por lo que se les considera como especies residentes.

Más tarde, Acevedo y Burkhart (1998) realizaron un total de 529 avistamientos de *T. truncatus* y 200 de *S. attenuata* en Golfo Dulce entre septiembre de 1991 y diciembre de 1992. Durante el período de estudio observaron solamente un grupo mixto de estas dos especies. El tamaño promedio de los grupos de *T. truncatus* fue de 5.8 ± 4.17 individuos, mientras que el de los grupos de *S. attenuata* fue de 37.6 ± 49.54 individuos. *T. truncatus* fue observado con mayor frecuencia en aguas poco profundas, cercanas a la costa o a los ríos y a lo largo de pendientes pronunciadas en el fondo marino. *S. attenuata* apareció con una frecuencia mayor en aguas profundas, en las partes interna y externa del golfo y relativamente más lejos de la costa. No obstante, los patrones de distribución temporal mostraron que ambas especies utilizan las mismas áreas durante diferentes épocas. El alto número de avistamientos de *T. truncatus* hace suponer que la especie se mantiene casi todo el tiempo dentro del golfo. *S. attenuata*, por su parte, parece tener un ámbito de movimiento mayor, incluyendo la costa oeste de la Península de Osa e Isla del Caño, donde son vistos con frecuencia (Acevedo y Burkhart 1998, May-Collado *et al.* 2004, Rasmussen *et al.* 2001a).

De acuerdo con Cubero-Pardo (1998a, b), el grado y el tipo de actividad de *T. truncatus* y *S. attenuata* en Golfo Dulce varían durante el día. La alimentación se da sobre todo en la mañana, dedicándose más tiempo a esta actividad durante la época seca. Lo anterior podría estar asociado a la mayor disponibilidad de potenciales presas durante esa época del año (von Wangelin y Wolf 1996, Cubero-Pardo 1998a, b). Mientras tanto, durante la época lluviosa los animales parecen dedicar más tiempo a actividades de interacción social y movimiento (Cubero-Pardo 1998a, b).

Aparte de las especies de delfín anteriormente señaladas, en el Pacífico sur de Costa Rica se han llevado a cabo varios estudios sobre *Megaptera novaengliae*, la ballena jorobada (Calambokidis *et al.* 2000, Rasmussen *et al.* 2001b).

Referencias

- Acevedo-Gutiérrez, A. 1996. Lista de mamíferos marinos en Golfo Dulce e Isla del Coco, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 44: 933-934.
- Acevedo, A. y S. Burkhart. 1998. Seasonal distribution of bottlenose (*Tursiops truncatus*) and pantropical spotted (*Stenella attenuata*) dolphins (Cetacea: Delphinidae) in Golfo Dulce, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 46 (Suppl. 6): 91-101.
- Acuña-González, J., J.A. Vargas-Zamora, E. Gómez-Ramírez y J. García-Céspedes. 2004. Hidrocarburos de petróleo, disueltos y dispersos, en cuatro ambientes costeros de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 52 (Supl. 2): 43-50.
- Buchs, D. 2003. Etude géologique et géochimique de la région du Golfo Dulce (Costa Rica): genèse et évolution d'édifices océaniques accrés à la marge Caraïbe. Tesis Doctoral, Fac. Sci., Univ. Lausanne, Suiza.
- Bussing, W. y M. López. 1996. Fishes collected during the Victor Hensen Costa Rica expedition (1993/1994). *Rev. Biol. Trop.* 44 (Suppl. 3): 183-186.
- Campos, J. 1989. Evaluación de la pesca artesanal del Golfo Dulce. Informe Final de Proyecto, CIMAR, Univ. Costa Rica., San Pedro. 195 p.
- Castro, M. y R. Vargas. 1996. Annotated list of species of marine crustaceans (Decapoda and Stomatopoda) from Golfo Dulce, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 44 (Suppl. 3): 87-95.
- Córdoba, R. y J.A. Vargas. 1996. Temperature, salinity, oxygen and nutrient profiles at a 200 m station in Golfo Dulce,

- Pacific coast of Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 44 (Suppl. 3): 233-236.
- Cortés, J. 1990a. Coral reef decline in Golfo Dulce, Costa Rica, eastern Pacific: anthropogenic and natural disturbances. Tesis Doctoral, Univ. Miami, Miami, Florida. 147 p.
- Cortés, J. 1990b. The coral reefs of Golfo Dulce, Costa Rica: distribution and community structure. *Atoll Res. Bull.* 344: 1-37.
- Cortés, J. 1991. Los arrecifes coralinos de Golfo Dulce, Costa Rica: aspectos geológicos. *Rev. Geol. Amér. Central* 13: 15-24
- Cortés, J. 1992. Los arrecifes coralinos de Golfo Dulce, Costa Rica: aspectos ecológicos. *Rev. Biol. Trop.* 40: 19-26.
- Cortés, J. y H.M. Guzmán. 1998. Organismos de los arrecifes coralinos de Costa Rica: Descripción, distribución geográfica e historia natural de los corales zooxantelados (Anthozoa: Scleractinia) del Pacífico. *Rev. Biol. Trop.* 46: 55-92.
- Cortés, J. y C.E. Jiménez. 2003. Corals and coral reefs of the Pacific of Costa Rica: history, research and status, p. 361-385. In: J. Cortés (ed.). *Latin American Coral Reefs*. Elsevier Science, Amsterdam.
- Cortés, J. y M.M. Murillo. 1985. Comunidades coralinas y arrecifes del Pacifico de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 33: 197-202.
- Cortés, J., I.G. Macintyre y P.W. Glynn. 1994. Holocene growth history of an eastern Pacific fringing reef, Punta Islotes, Costa Rica. *Coral Reefs* 13: 65-73.
- Cruz, R. 1996. Annotated checklist of marine mollusks collected during the RV Victor Hensen Costa Rica Expedition. *Rev. Biol. Trop.* 44 (Suppl. 3): 59-67.
- Cubero-Pardo, P. 1998a. Distribución y patrones de actividad del bufeo (*Tursiops truncatus*) y el delfín manchado (*Stenella attenuata*) en el Golfo Dulce, en relación con variables ambientales. Tesis de Maestría, Univ. Costa Rica. San Pedro. 86 p.
- Cubero-Pardo, P. 1998b. Patrones de comportamiento diurnos y estacionales de *Tursiops truncatus* y *Stenella attenuata* (Mammalia: Delphinidae) en el Golfo Dulce, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 46 (Supl. 6): 103-110.
- Dalsgaard, T., D.E. Canfield, J. Petersen, B. Thamdrup y J. Acuña-González. 2003. N₂ production by the anammox reaction in the anoxic water column of Golfo Dulce, Costa Rica. *Nature* 422: 606-608.
- Davis, P. 1997. A geological investigation of the Golfo Dulce sediments, Costa Rica. M.Sc. Thesis, Univ. Toledo, Toledo, Ohio. 128 p.
- Dean, H. 1996. Polychaete worms (Annelida) collected in Golfo Dulce, during the Victor Hensen Costa Rica Expedition (1993/1994). *Rev. Biol. Trop.* 44 (Suppl. 3): 81-86.
- Denyer, P., W. Montero y G.E. Alvarado. 2003. Atlas tectónico de Costa Rica. Ed. Univ. Costa Rica, San Pedro. 81 p.
- Di Marco, G. 1994. Les terrains accrés du sud du Costa Rica : Évolution tectonostratigraphique de la marge occidentale de la plaque Caraïbe. Tesis Doctoral, Fac. Sci., Univ. Lausanne, Suiza. 183 p.
- Di Marco, G., P.O. Baumgartner y J.E.T. Channell. 1995. Late Cretaceous-early Tertiary paleomagnetic data and a revised tectonostratigraphic subdivision of Costa Rica and western Panama. In: P. Mann (ed.). *Geologic and Tectonic Development of the Caribbean Plate Boundary in Southern Central America*. *Geol. Soc. Amer. Spec. Paper* 295: 1-27.
- Drake, D.L. 1996. Marine turtle nesting, nest predation, hatch frequency and nesting seasonality on the Osa Peninsula, Costa Rica. *Chelon. Conserv. Biol.* 2: 89-92.
- Fischer, R. 1980. Recent tectonic movements of the Costa Rican Pacific coast. *Tectonophysics* 70: T25-T33.
- Fonseca, A.C. 1999. Bioerosión en arrecifes coralinos del Pacífico sur de Costa Rica. Tesis de Maestría, Univ. Costa Rica, San Pedro. 206 p.
- Fonseca E., A.C., H.K. Dean y J. Cortés. 2006. Non colonial macro-borers as indicators of coral reef status in the South Pacific of Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 54:
- Fonseca, A.C. y J. Cortés. 1998. Coral borers of the eastern Pacific: the sipunculan *Aspidosiphon* (A.) *elegans* and the crustacean *Pomatogebia rugosa*. *Pac. Sci.* 52:170-175.
- García-Céspedes, J., J. Acuña-González y J.A. Vargas-Zamora. 2004. Metales traza en sedimentos costeros de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 52 (Supl. 2): 51-60.
- Gardner, T.H., D. Verdonck, N.M. Pinter, T. Slingerland, K.P. Furlong, T.H. Bullard y S.G. Wells. 1992. Quaternary uplift astride the aseismic Cocos Ridge, Pacific coast, Costa Rica. *Geol. Soc. Amer. Bull.* 104: 219-232.
- Germain, N. 2004. Importancia de la calidad de agua del río Conte y recomendaciones para un plan de acción de gestión sostenible, Playa Blanca, Golfo Dulce, CR. Tesis de Maestría, Univ. Costa Rica, San Pedro. 81 p.
- Govan, H. y ADECORO. 1996. El recurso de tortugas marinas en Río Oro, Península de Osa. Informe al Ministerio del Ambiente y Energía, San José, Costa Rica. 40 p.

- Govan, H., E. Montenegro, G. Cascante, S. Mesén, D. Vásquez y O. Sandoval. 2000. Community monitoring of leatherback turtle nesting on the Osa Península, Costa Rica, 1999–2000. Final Report to the U.S. Nat. Mar. Fish. Serv.
- Hebbeln, D. y J. Cortés. 2001. Sedimentation in a tropical fjord: Golfo Dulce, Costa Rica. *Geo-Mar. Letters* 20: 142-148.
- Hebbeln, D., D. Beese y J. Cortés. 1996. Morphology and sediment structures in Golfo Dulce, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 44 (Suppl. 3): 1-10.
- Høisæter, T. 1998. Preliminary check-list of the marine, shelled gastropods (Mollusca) of Golfo Dulce, on the Pacific coast of Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 46 (Suppl. 6): 263-270.
- Hossfeld, B. 1996. Distribution and biomass of arrow worms (Chaetognatha) in Golfo de Nicoya and Golfo Dulce, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 44 (Suppl. 3): 157-172.
- Jesse, S. 1996. Demersal crustacean assemblages along the Pacific coast of Costa Rica: a quantitative and multivariate assessment based on the Victor Hensen Costa Rica Expedition (1993/1994). *Rev. Biol. Trop.* 44 (Suppl. 3): 115-134.
- Jiménez, C.E. y F. Muñoz. 1995. Plan de estrategias de uso múltiple de los recursos marinos y costeros del ACOSA. Parte primera: Evaluación del estado de los recursos, 23 p.; Parte segunda: Zonificación, 43 p. MINAE, San José.
- Kuever, J., C. Wawer y R. Lillebæk. 1996. Microbiological observations in the anoxic basin Golfo Dulce, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 44 (Suppl. 3): 49-57.
- Lagunas-Vázquez, M. 2004. Análisis socioambiental de la pesca ribereña como actividad de subsistencia en las comunidades costeras de Rincón de Osa y Puerto Escondido-La Palma, Península de Osa, Costa Rica. Tesis de Maestría, Univ. Costa Rica, San Pedro. 89 p.
- McMillan, I., P.B. Gans y G. Alvarado. 2004. Middle Miocene to present plate tectonic history of the southern Central American Volcanic Arc. *Tectonophysics*. 392: 325-348.
- Madrigal, R. 1977. Terrazas marinas y tectonismo en Península de Osa, Costa Rica. *Rev. Geogr.* 86: 161-166.
- May-Collado, L.J., T. Gerrodette, J. Calambokidis, K. Rasmussen y I. Sereg. 2004. Patterns of cetacean sighting distribution in the Pacific Exclusive Economic Zone of Costa Rica: based on data collected from 1979-2001. *Rev. Biol. Trop.* 52: en prensa.
- Molina-Ureña, H. 1996. Ichthyoplankton assemblages in the Gulf of Nicoya and Golfo Dulce. *Rev. Biol. Trop.* 44 (Suppl. 3): 173-182.
- Morales-Ramírez, A. 1996. Checklist of copepods from Gulf of Nicoya, Coronado Bay and Golfo Dulce, Pacific coast of Costa Rica, with comments on their distribution. *Rev. Biol. Trop.* 44 (Suppl. 3): 103-113.
- Morales-Ramírez, A. 2001. Biodiversidad marina de Costa Rica, los microcrustáceos: Subclase Copepoda (Crustacea: Maxillopoda). *Rev. Biol. Trop.* 49 (Supl. 2): 115-133
- Nichols-Driscoll, J. 1976. Benthic invertebrate communities in Golfo Dulce, Costa Rica, an anoxic basin. *Rev. Biol. Trop.* 24: 281-297.
- Quesada, M.A. 2001. Caracterización, composición, abundancia y biomasa del zooplancton en el Golfo Dulce durante el período 1997-1998. Tesis de Maestría, Univ. Costa Rica, San Pedro. 172 p.
- Quesada, M.A. y A. Morales-Ramírez. 2004. Comportamiento de las masas de agua en el Golfo Dulce, Costa Rica durante El Niño (1997–1998). *Rev. Biol. Trop.* 52 (Suppl. 2): 95-103.
- Quesada, M.A. y J. Cortés. 2006. Los ecosistemas marinos del Pacífico sur de Costa Rica: Estado del conocimiento y perspectivas de manejo. *Rev. Biol. Trop.* En Prensa.
- Rasmussen, K., J. Calambokidis y G. Steiger. 2001a. Report of the Oceanic Society 2001 field season in cooperation with Elderhostel Volunteers. *Oceanic Soc. Exp.*, Vancouver. 22 p.
- Rasmussen, K., J. Calambokidis, G. Steiger, M. Saborío, L. May-Collado y T. Gerrodette. 2001b. Extent of geographic overlap of North Pacific and South Pacific humpback whales on their Central American wintering grounds. 14th Biennial Conf. Biol. Mar. Mamm., Vancouver, Nov. 28-Dec.2. p. 175
- Richards, F.A. 1965. Anoxic basins and fjords: 611-645. In: J.P. Riley y G. Skirrow (eds.). *Chemical Oceanography*, Vol 1. Academic Press, London.
- Richards, F.A., J.J. Anderson y J.D. Cline. 1971. Chemical and physical observations in Golfo Dulce, an anoxic basin on the Pacific coast of Costa Rica. *Limnol. Oceanogr.* 16: 43-50.
- Rojas, R.E. 2001. Caracterización de la ictiofauna de los sustratos duros de la parte interna del Golfo Dulce, Costa Rica. Tesis de Licenciatura; Univ. Costa Rica, San Pedro. 71 p.
- Sak, P.B., D.M. Fisher y T.W. Gardner. 2004. Effects of subducting seafloor roughness on upper plate vertical tectonism: Osa Peninsula, Costa Rica. *Tectonics* 23: TC1017, doi:10.1029/2002TC001474.

- Segura, A. y J. Campos. 1990. Pérdidas post captura en la pesquería artesanal del Golfo Dulce y su proyección al Pacífico de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 38: 425-429.
- Silva, A.M y R. Bonilla. 2001. Abundancia y morfometría de *Anadara tuberculosa* y *A. similis* (Mollusca: Bivalvia) en el manglar de Purruja, Golfo Dulce, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 49 (Supl. 2): 315-320.
- Silva, A.M y N.N. Carrillo. 2004. El manglar de Purruja, Golfito, Costa Rica: un modelo para su manejo. *Rev. Biol. Trop.* 52 (Supl. 2): 195-201.
- Spongberg, A.L. 2004. PCB contamination in marine sediments from Golfo Dulce, Pacific coast of Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 52 (Suppl. 2): 23-32.
- Spongberg, A.L. y P. Davis. 1998. Organochlorinated pesticide contaminants in Golfo Dulce, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 46 (Suppl. 6): 111-124.
- Svendsen, H., R. Rosseland, S. Myking, J.A. Vargas, O.G. Lizano y E.J. Alfaro. 2005. A physical-oceanographic study of Golfo Dulce. *Rev. Biol. Trop.* 52 (Suppl.): en prensa.
- Thamdrup, B., D.E. Canfield, T.G. Ferdelman, R.N. Glud y J.K. Gundersen. 1996. A biogeochemical survey of the anoxic basin Golfo Dulce, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 44 (Suppl. 3): 19-33.
- von Wangelin, M. y M. Wolff. 1996. Comparative biomass spectra and species composition of the zooplankton communities in Golfo Dulce and Golfo de Nicoya, Pacific coast of Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 44 (Suppl. 3): 135-155.
- Wells, S., T. Bullard, C. Menges, P. Drake, K. Karas, K. Kelson, J. Ritter y J. Wesling. 1988. Regional variations in tectonic geomorphology along a segmented convergent plate boundary, Pacific coast of Costa Rica. *Geomorphol.* 1: 239-265.
- Wolff, M., H.J. Hartmann y V. Koch. 1996. A pilot trophic model for Golfo Dulce, a fjord-like tropical embayment, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 44 (Suppl. 3): 215-231.

CAPITULO XIII

GOLFO DE NICOYA

Cindy Fernández¹⁵, Juan José Alvarado y Vanessa Nielsen

Resumen: El Golfo de Nicoya, se localiza en la costa Pacífica de Costa Rica. Este representa uno de los estuarios más largos de Centro América, con unos 1530 km de largo. Se extiende alrededor de 80 km desde la desembocadura del Río Tempisque, y es el estuario más importante de la costa Pacífica del país. Este Golfo, a la vez, es uno de los estuarios más estudiados en América Central, siendo objeto de estudio desde hace 4 décadas. El Golfo de Nicoya se encuentra administrativamente dentro de dos áreas de conservación: Área de Conservación Tempisque y Área del Pacífico Central. Dentro del área del golfo no hay Parques Nacionales, sin embargo hay 6 Áreas Silvestres Protegidas y Otras zonas protegidas son los bosques de manglar (15.176 hectáreas) que se encuentran en los alrededores de las zonas costeras del golfo. El Golfo de Nicoya es un sistema estuarino clásico, el cual es manejado por la variación de la descarga de los ríos que desembocan en la parte alta y en la parte media-baja del golfo a lo largo de la costa este. La región del Golfo tiene dos estaciones climáticas: la estación seca de diciembre a abril y la lluviosa de mayo a noviembre. Está sujeto a grandes variaciones en salinidad y temperatura del agua sobretodo en la época lluviosa. Gradientes de salinidad parecen ser los responsables de la distribución del recurso pesquero sobre algunas depresiones específicas en el golfo. El golfo posee una alta productividad, y es considerado como uno de los más importantes en Costa Rica, ya que contribuye en un 90% del total del recurso pesquero. Además del recurso pesquero, el Golfo de Nicoya es un sitio con una gran diversidad de otros organismos de gran importancia ecológica y comercial. El Golfo de Nicoya es uno de los estuarios más productivos del mundo y es un sitio de importancia fundamental en la economía de Costa Rica por sus: recursos pesqueros, potencial y recursos turísticos, acceso portuario, potencial en acuicultura y producción de sal. Los principales procesos que afectan en la actualidad el Golfo de Nicoya, desde una perspectiva social y biológica son: a) Contaminación por descarga de desechos sólidos provenientes de los ríos, metales pesados y los compuestos orgánicos tóxicos, coliformes fecales (especialmente en las cercanías del estero de Puntarenas), entre otros. Esa degradación que soporta el Golfo de Nicoya, como consecuencia del manejo inadecuado de las cuencas, b) Mareas Rojas, recientemente la costa del Pacífico de Costa Rica ha experimentado un aumento en magnitud y frecuencia de proliferaciones algales nocivas. Estas proliferaciones han producido impactos negativos en los recursos pesqueros y en la salud humana en Costa Rica. c) Modificación del caudal de los ríos, muchas actividades humanas afectan el aporte de agua dulce proveniente de la descarga fluvial, su

¹⁵ Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR), Universidad de Costa Rica, San José 2060, Costa Rica, cindi@biología.ucr.ac.cr, juanalva@biología.ucr.ac.cr, vnielsen@cariari.ucr.ac.cr

distribución temporal y sus contenidos. d) Tala de Manglares, la cual es una práctica muy común en el Golfo de Nicoya, la madera extraída se utiliza en la construcción de cercas, pero principalmente se utilizan los suelos para agricultura provocando lavado del suelo y la sedimentación en las aguas costeras e) Sobrepesca. f) Extracción de Moluscos donde anualmente se extraen alrededor de 8 millones de pianguas (*Anadara tuberculosa*). En años recientes el Golfo ha sido el centro de un programa de investigación intensivo cuyo objetivo principal es definir el marco de referencia necesario para orientar la toma de decisiones en el manejo de sus recursos naturales. En este documento se presenta una recopilación de opiniones de varias autoridades científicas, que señalan claramente la necesidad de tomar una serie de políticas que permitan la sostenibilidad del estuario. Se requiere por tanto, una nueva forma de enfocar los problemas en que los costos sociales y del ambiente sean incorporados en los cálculos y análisis desde el comienzo del proceso de toma de decisiones.

Descripción del Área

Localización y características particulares del área

El Golfo de Nicoya, está localizado a 10°N y 85°W, en la costa Pacífica de Costa Rica. Este representa uno de los estuarios más largos de Centro América, con unos 1530 km de largo. Se extiende alrededor de 80 km desde la desembocadura del Río Tempisque, y es el estuario más importante de la costa Pacífica del país. Es un área de hundimiento tectónico y casi todas las formaciones que se observan son de sedimentación. Por su batimetría el golfo puede ser separado en dos zonas: la parte superior, hacia el Norte de Puntarenas, que es poco profunda (25 m) y esta rodeada por manglares, y el área baja que alcanza una profundidad de 200 metros, la cual está rodeada por costas rocosas y playas arenosas (Wolf *et al.* 1988). Este Golfo, a la vez, es uno de los estuarios más estudiados en América Central (Brenes 2001).

Como estuario tropical el Golfo de Nicoya, comenzó a ser objeto de estudio desde hace 4 décadas. Los estudios iniciales se remontan a Peterson (1958), donde apunta que el Golfo de Nicoya es un estuario tropical, en el cual las variaciones termohalinas de sus aguas están influenciadas fuertemente por las aguas costeras adyacentes, por los ciclos anuales de las descargas de los diferentes ríos que desembocan en sus aguas y por la variación temporal en el balance entre la evaporación y la precipitación.

El Golfo de Nicoya es un sistema estuarino clásico, el cual es manejado por la variación de la descarga de los ríos. Tres ríos principales desembocan en el Golfo de Nicoya: El Río Tempisque, El Río Barranca, ambos desembocan en la parte alta del golfo, y el Río Grande de Tárcoles que desemboca en la parte media-baja del golfo a lo largo de la costa este. Descargas típicas en la época lluviosa de estos ríos durante la época lluviosa son: Tempisque (incluyendo el Bebedero) superior a los 300 m³/seg, Tárcoles de 100-200 m³/seg y Barranca entre 30-50 m³/seg (Kress *et al.* 1998a).

La región del Golfo tiene dos estaciones climáticas: la estación seca de diciembre a abril y la lluviosa de mayo a noviembre. En la época seca caen alrededor de 50 mm de agua por mes, mientras que en la lluviosa hasta 600 mm por mes (Epifanio *et al.* 1983; Voorhis *et al.* 1983).

Durante la época lluviosa la descarga de los ríos en la parte interna del golfo producen un flujo superficial hacia fuera, el cual es compensado por un flujo más salino hacia adentro del golfo por el fondo. Durante esta estación el golfo muestra una gran estratificación vertical y fuertes gradientes horizontales (Lizano 1998). Está sujeto a grandes variaciones en salinidad y temperatura del agua, pero difiere de otros estuarios en que la mayor parte del nitrógeno que entra proviene de aguas costeras profundas, la cual aflora en el Golfo (Wolf *et al.* 1988). El sedimento acarreado por los ríos, durante esta época tiende a depositarse más en la parte interna del golfo, debido al fenómeno de floculación y la entrada de una cuña de agua salina por el fondo del golfo (Lizano 1998).

Durante la estación seca la mayoría de los nitratos y fosfatos se hayan en la zona exterior de la boca del Golfo. La estratificación vertical mantiene el agua ecuatorial superficial (ESW), rica en nutrientes, a profundidades por debajo de la termoclina en la mayor parte de la sección externa del Golfo. En la parte central, la mayor energía disipativa de las mareas, parece ser responsable de la mezcla de estos nutrientes a través de toda la columna de agua (Chávez y Birkicht 1996).

Gradientes de salinidad parecen ser los responsables de la distribución del recurso pesquero sobre algunas depresiones específicas en el golfo (Lizano 1998). El golfo posee una alta productividad, y es considerado como uno de los más importantes en Costa Rica, ya que contribuye en un 90% del total del recurso pesquero (Wolf *et al.* 1988).

Además del recurso pesquero, el Golfo de Nicoya es un sitio con una gran diversidad de moluscos bivalvos y gastrópodos (Cruz 1996), se han reportado 146 especies de poliquetos (Dean 1996), 10 especies de estomatópodos y 95 especies de decápodos (Rita *et al.* 1996), 37 especies de copépodos (Morales-Ramírez 1996), 9 especies de gusanos flecha (Hossfeld 1996), y hasta 214 especies de peces (Bartels y Price 1983, Bussing y López 1996).

En años recientes el Golfo ha sido el centro de un programa de investigación intensivo cuyo objetivo principal es definir el marco de referencia necesario para orientar la toma de decisiones en el manejo de sus recursos naturales (Cruz y Vargas 1987).

Zonas protegidas dentro del área

El Golfo de Nicoya se encuentra administrativamente dentro de dos áreas de conservación: Área de Conservación Tempisque y Área del Pacífico Central. Dentro del área del golfo no hay Parque Nacionales, sin embargo hay varias Áreas Silvestres Protegidas, las cuales son:

- Reserva Biológica Isla Pájaros
- Reserva Biológica Isla Negritos
- Reserva Biológica Isla Guayabo
- Zona protegida Río Tivives
- Refugio Nacional de Fauna Silvestre Curú
- Refugio Nacional Palo Verde

Otras zonas protegidas son los bosques de manglar que se encuentran en los alrededores de las zonas costeras del golfo. Con la ratificación de la convención Ramsar en 1991, Costa Rica se comprometió a designar los manglares como humedales dentro de una lista de humedales de importancia internacional y a conservar y manejar racionalmente estos sitios (MINAE-UICN 2001). En la zona costera del Golfo de Nicoya se estima una cobertura de manglares de 15.176 hectáreas, la segunda mayor cobertura del país después de los manglares de Térraba-Sierpe (17.737 ha) (Jiménez 1994).

Importancia para Costa Rica: Usos y Amenazas

El Golfo de Nicoya es uno de los estuarios más productivos del mundo (Córdoba-Muñoz 1998) y es un sitio de importancia fundamental en la economía de Costa Rica por sus recursos:

- **Recursos pesqueros:** Según estimaciones del Sindicato Unión de Pescadores de Puntarenas, en la zona hay 20 comunidades, cerca de 6000 pescadores que operan con 2600 embarcaciones (50% no registradas). El Golfo de Nicoya funciona como refugio, sitio de crianza para los juveniles y desove de gran cantidad de organismos marinos y a la vez es un ambiente adecuado para la reproducción, particularmente de especies con valor comercial como las anchoas (Ramírez *et al.* 1989).
- **Recurso turístico:** Los alrededores del golfo funcionan como atractivo turístico de gran importancia económica para muchas familias. Este es visitado cada año por gran cantidad de visitantes, donde los pescadores durante los fines de semana utilizan sus embarcaciones en viajes de pesca deportiva para los turistas (Loria *et al.* 2002).
- **Acceso portuario:** el puerto de Puntarenas es la base de operaciones de la flota pesquera y junto con el Puerto de Caldera desempeñan un papel importante en el comercio internacional.
- **Potencial en acuicultura:** Las especies de cultivo son el camarón marino (*Penaeus vannamei*), al tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*), la tilapia aurca (*Oreochromis aureus*), la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) y el camarón de agua dulce (*Macrobrachium rosenbergii*). Desde 1977 la acuicultura adquirió perfil comercial; el camarón y la tilapia se exportan a Estados Unidos y Europa; los excedentes se destinan al mercado nacional junto con la trucha y el camarón de agua dulce. Para 1999, se registran en piscicultura cerca de 320 pequeños y medianos productores (40 por ciento de ellos agremiados); en camarón marino hay cuatro grandes empresas con 1 430 Ha y se proyectan 2 300 Ha, 22 por ciento de ellas de pequeños cultivadores (Loría *et al.* 2002).
- **Producción de sal:** en el Golfo se utilizan alrededor de 656 hectáreas para la producción de sal, para este fin la extensión de los estanques fluctúa entre 1-80 hectáreas, así esas zonas se utilizan para satisfacer el consumo de sal en Costa Rica, el cual varía entre 16 y 19 millones de kilos por año.

De los anteriores, las principales actividades económicas de los habitantes del Golfo de Nicoya son la pesca y el turismo. No obstante ser considerado uno de los estuarios más productivos del mundo y su significativa capacidad de depuración por procesos naturales, viene soportando procesos de degradación en los últimos años.

Tal es el ejemplo de la desembocadura del Río Tárcoles que se caracteriza por:

- Altas concentraciones de nutrientes y por tanto limitadas concentraciones de oxígeno.
- Pérdida y deposición de sedimentos.
- Acumulación de metales pesados en los sedimentos
- Acumulación de desechos sólidos (basura) en las playas.
- Presencia de mareas rojas en los últimos años.

A continuación se desarrollan los principales procesos que afectan en la actualidad el Golfo de Nicoya, desde una perspectiva social y biológica:

Contaminación

Una de las principales fuentes de contaminación son las descargas de sólidos del Río Grande de Tárcoles. Durante la estación lluviosa, se pueden observar gran cantidad de desechos plásticos a lo largo de sus playas vecinas, inclusive hasta la punta en la Ciudad de Puntarenas, cuya fuente sin duda, es producto de los desechos de la actividad antropogénica a lo largo de la cuenca del Tárcoles y del Valle Central, como la deforestación, la agricultura y redistribución de tierras a lo largo de las cuencas (Loria *et al.* 2002).

Otros contaminantes como los metales pesados y los compuestos orgánicos tóxicos son introducidos, también, a este estuario y al ambiente costero por la descarga de los demás ríos. Estos son absorbidos en partículas que se asientan en el fondo, y los sedimentos se transforman en depositarios de los contaminantes. En determinados momentos, los metales son retornados al agua marina e incorporados a la biota, o consumidos por las especies que se alimentan en los sedimentos (Sandra León com. pers.).

Con respecto a los coliformes fecales, el estero de Puntarenas es uno de los sitios con mayor contaminación (Acuña *et al.* 1998).

La producción de compuestos de Bifenilo policloridrato o mejor conocidos como PCB, son tóxicos ya que causan mutaciones, cáncer, pueden causar cambios hormonales, y se ha considerado que inclusive en bajas concentraciones estos compuestos son indicativos de contaminantes en la columna de agua (Spongberg 2004a). En el Golfo de Nicoya se encontraron concentraciones totales bajas de PCB's (2.42 ng/g peso seco) (Spongberg 2004a), aunque en la zona del río Barranca se encontraron las concentraciones más altas de esta zona (3.89 ng/g peso seco) (Spongberg 2004b). Las concentraciones en Puntarenas fueron sorprendentemente bajas, al igual que las islas del golfo. Se cree que este hecho se debe al patrón de corrientes del golfo que sacan estos compuesto y los llevan mar adentro (Spongberg 2004b).

Así mismo, se observa que la contaminación por hidrocarburos en el Golfo de Nicoya no sobrepasan los niveles de 10 µg/l referido a equivalentes de Criseneo, valor aceptado para áreas oceánicas contaminadas. De manera general, éstas se mantuvieron inferiores a 1 µg/l, con la excepción del estero de Puntarenas en donde se observó una concentración de hasta 5.91 µg/l para noviembre del 2002 (Acuña-González *et al.* 2004).

Con respecto a los metales pesados (mercurio, cadmio, zinc, cobre y plomo) recientes estudios, han demostrado que el Golfo de Nicoya presenta valores intermedios de contaminación. Los metales pesados presentan un riesgo de contaminación ambiental, al producir estrés en los organismos presentes en esos ecosistemas (García-Céspedes *et al.* 2004)

Esa degradación que soporta el Golfo de Nicoya, como consecuencia del manejo inadecuado de las cuencas, tiene un costo que hoy no contabilizamos y se convierte año con año en una deuda. Desde el punto de vista ambiental, social y económico, la degradación de las cuencas se percibe por el flujo permanente de externalidades negativas de un crecimiento económico insostenido. Una economía sana debe hacer uso de un marco contable para tomar decisiones de política, para lograr un equilibrio entre las satisfacciones personales y el mantenimiento a largo plazo del capital natural. El sistema contable actual favorece a aquellos tomadores de decisión inmersos en la miopía del crecimiento económi-

co. No obstante, esa despreocupación por el desgaste ambiental podría llevar al país a crecimientos ilusorios que podrían representar el empobrecimiento futuro en el largo plazo (Sandra León com. pers.).

El análisis de costos por daño ambiental producido en las cuencas del Golfo de Nicoya, podría representar un porcentaje importante del costo de la deuda ambiental interna. Las cuencas hidrográficas representan solo un porcentaje del territorio nacional (16%), pero generan gran parte del PIB nacional, ese aporte a la economía nacional se ha generado mediante la participación directa e indirecta de los diferentes sectores de la economía. Sin embargo, esos sectores también son contaminadores y contribuyen a la degradación del Golfo de Nicoya (Sandra León com. pers.).

Bajo el sistema actual, la mitigación de todos los efectos que se generan en los ríos que desembocan en el Golfo, aumentaría el valor del PIB, lo cual indica que el sistema contable es deficiente. En lugar de aumentar, el PIB debería reducirse por el costo de la contaminación.

Del costo ambiental parcialmente calculado (US\$ 223,51 millones / año), US\$ 86,37 millones / año se invierten en recuperación del deterioro. Eso significa que al año los costarricenses le quedamos debiendo al ambiente US\$ 137,60 millones: casi un 3 % del PIB generado en las tres cuencas en estudio. Si asumimos que el 75% de la deuda ambiental la debe el Tárcoles, su participación equivale a \$103,2 millones anuales. Este costo es un valor parcial, ya que hay muchos efectos en el ambiente que aún no se conocen y que, por supuesto, tienen su costo (Fuente: Cuencas hidrográficas y degradación del Golfo de Nicoya: Una metodología de valoración económica para la toma de decisiones).

Mareas Rojas:

Las explosiones de algas son una característica muy común en las zonas marinas, un caso específico de estas son las llamadas mareas rojas, las cuales deben su nombre a la coloración rojiza del agua que se debe al aumento en la concentración de algas planctónicas, incluyendo dinoflagelados, diatomeas y cianobacterias, propios del fitoplancton autóctono de una determinada zona. En muchos casos se observan efectos tóxicos debido a la presencia de compuestos que presentan estas algas, lo que puede afectar la economía local que se basa en la explotación de organismos marinos.

En el Golfo de Nicoya las mareas rojas son muy comunes y frecuentes, lo que se ha documentado desde 1981 (Vargas-Montero y Freer 2004a) y muchos de los pescadores locales aseguran que han observado “mareas rojas” cada año. Un estudio en la sección interna del Golfo reveló que las mareas rojas en las zonas de baja profundidad (<20m) aparecen más comúnmente durante la época seca y a principios de la época lluviosa, aunque pueden presentarse una vez entrada la época lluviosa (Gocke *et al.* 1990).

Recientes estudios han descubierto la presencia del dinoflagelado *Ceratium*, el cual ha sido asociado con la mortalidad de organismos acuáticos, con la disminución en la calidad del agua, así como el responsable de la mortalidad de ostras, larvas de gambas y peces. Los pescadores del área informan muertes masivas de peces, y se ha observado una coloración anaranjada en el agua y olor fétido.

También se pueden presentar intoxicaciones en humanos como fue el caso del 22 de mayo del 2002, donde se informaron 17 casos de intoxicaciones en la localidad de Caldera, los afectados presentaron dolores abdominales, trastornos respiratorios y ardor de ojos (Vargas-Montero y Freer 2004 b), las intoxicaciones amnésicas por mariscos que afectan a los humanos, se producen por la ingesta de mariscos contaminados con toxinas producidas por estas microalgas (Vargas-Montero y Freer 2004 c).

Recientemente la costa del Pacífico de Costa Rica ha experimentado un aumento en magnitud y frecuencia de proliferaciones algales nocivas. La falta de datos con respecto a la dinámica de estos eventos en el área, y las especies de microalgas que los producen, son temas de mucho interés. Estas proliferaciones han producido impactos negativos en los recursos pesqueros y en la salud humana en Costa Rica en general (Vargas-Montero y Freer 2004 b).

Modificación del caudal de los ríos

Muchas actividades humanas afectan el aporte de agua dulce proveniente de la descarga fluvial, su distribución temporal y sus contenidos. Este flujo puede verse disminuido por consumo humano, proyectos de irrigación artificial o desvío accidental e intencional de cauces naturales. El flujo del río es un factor primario para la distribución de la salinidad y de sus estructuras físicas verticales y horizontales y esto a su vez es relevante para el equilibrio perfecto entre agua dulce y salada que requiere el manglar y otros ecosistemas. Asociado a este también tenemos fenómenos de erosión costera, sedimentación y modificación de las poblaciones de organismos marinos (Sandra León com. pers.).

Dentro de este marco general no se puede dejar de mencionar que es importante valorar la modificación de cauces que ha existido en los últimos años, por ejemplo del Tempisque por influencia del proyecto de riego Arenal-Tempisque, la producción de energía hidroeléctrica y por el uso de sus aguas por ingenios localizados cerca de su cauce (Sandra León com. pers.).

Tala de Manglares

La tala de árboles mangle es una práctica muy común en los bosques de manglar del Golfo de Nicoya, la madera extraída se utiliza en la construcción de cercas, pero principalmente se utilizan los suelos para agricultura. Los efectos de la tala de estos bosques son: lavado del suelo, lo cual contribuye a la sedimentación en las aguas costeras del Golfo, pérdida de sitios de crianza y refugio para especies de importancia comercial y pérdida de barreras naturales contra tormentas tropicales, lo cual hace que aumente el riesgo de inundaciones en las comunidades aledañas.

Pesca

Debido a su alta productividad, el golfo es uno de los puntos de pesca más importantes para Costa Rica, ya que contribuye con un 90% de los desembarques de pesca del país. Especies de las corvinas, bagres y róbalo son los peces más importantes en la parte interna del golfo, mientras que el camarón blanco, las sardinas, y los pargos dominan en las partes centrales y externas (Vargas-Montero y Freer 2004 c).

Extracción de Moluscos

La extracción de otros recursos faunísticos, asociados a áreas de manglar, es una actividad muy difundida. En el Golfo de Nicoya, se extraen anualmente alrededor de 8 millones de pianguas (*Anadara tuberculosa*) de una población estimada en 37.7 x 106 individuos (Jiménez 1994).

Conclusiones y Recomendaciones

Se han presentado algunos procesos de degradación en el Golfo de Nicoya, que señalan claramente la necesidad de tomar una serie de políticas que permitan la sostenibilidad del estuario. Aún más, dentro de este panorama no podemos dejar de apreciar que existen una serie de actividades que aumentarán en el futuro cercano.

Un caso lo constituyen las marinas que permite la nueva ley para la concesión y funcionamiento de las mismas. En el Golfo se instalarán marinas en Playa Naranjo, en Los Sueños Resort y además entró a funcionar el antiguo muelle de Puntarenas. Igualmente se programan la apertura de hoteles que atraerán turistas, que además del beneficio económico, incidirán fuertemente sobre los servicios, de por sí ahora limitados.

El Golfo de Nicoya no tiene hoy día las características que lo ubicarían como un estuario contaminado. No obstante lo anterior, existen claras evidencias de procesos de degradación que se pueden atribuir a actividades antropogénicas como la minería, la industria, la disposición inadecuada de las aguas negras y de las basuras, la agricultura. Es justa la documentación existente al señalar una mayor concentración de contaminantes en los alrededores de Puntarenas, en las inmediaciones del Estero de Puntarenas y en las cercanías de las desembocaduras de los ríos, que también contribuyen con su riqueza.

En este momento es prudente hacer converger los esfuerzos nacionales para la recuperación de estas cuencas, con beneficio para sus usuarios, pero también en pro de frenar el proceso degradativo que tiene el Golfo de Nicoya. Es importante recordar cuántos costarricense dependen de su salud y cuántos turistas disfrutan de sus bellezas.

Por lo demás es importante indicar que el manejo ambiental integral en América Latina es aún incipiente. Los esfuerzos se han centrado en la aplicación de normas y reglamentos, de costosa aplicación, con grandes requerimientos de infraestructura y personal capacitado. Todo lo anterior se une a la superposición de dominios entre instituciones gubernamentales. Max Agüero (1996) afirma que estos esfuerzos en América Latina han sido débiles, desarticulados, burocráticos e ineficaces desde el punto de vista ambiental y social.

Pareciera que los instrumentos de política económica han mostrado ya su eficacia en países desarrollados y otros sectores de la economía. Es conveniente también analizar el uso potencial de meca-

nismos de autoregulación y reconocer la urgente necesidad de incorporar los factores ambientales en la toma de decisiones tanto pública como privada.

Se requiere por tanto, una nueva forma de enfocar los problemas en que los costos sociales y del ambiente sean incorporados en los cálculos y análisis desde el comienzo del proceso de toma de decisiones (Sandra León com. pers.).

La siguiente es una recopilación de otras opiniones de varias autoridades científicas:

- La adquisición de información multidisciplinaria sobre este sistema es una necesidad urgente para integrar un marco de referencia general sobre el estado del ecosistema y sobre el cual puedan justificarse medidas adecuadas para la protección y ordenamiento de sus recursos naturales.
- La elaboración de inventarios de especies es una etapa importante en el estudio de ecosistemas, ya que con esto se puede orientar a los ecólogos y especialistas en manejo de recursos hacia la literatura taxonómica principal apropiada de la región y se estimulará la ejecución de estudios que involucren las especies identificadas (Vargas *et al.* 1985)
- Establecer vedas de colecta de moluscos en los manglares para dejar que el recurso se renueve y las poblaciones se mantengan, para esto es de suma importancia investigar los ciclos de vida y dinámica poblacional de los moluscos con importancia comercial y establecer estrategias de acuicultura.
- Al existir la posibilidad de producirse intoxicaciones humanas por la ingesta de mariscos y peces contaminados con toxinas amnésicas las cuales son hidrosolubles y termoestables, debe entonces considerarse el peligro potencial de aparición de casos de intoxicación amnésicas y se sugiere la inclusión de estas especies en los programas de monitoreo permanente para tomar las medidas preventivas de salud pública.
- Muchos de los procesos de degradación marina son explicables por las presiones en su litoral, se debe estudiar la causa mirando inicialmente tierra adentro, hacia lo que ocurre en las cuencas hidrográficas.

Referencias

- Acuña, J.A., V. García y J. Mondragón. 1998. Comparación de algunos aspectos físico-químicos y calidad sanitaria del Estero de Puntarenas, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 46 (Suppl. 6): 1-10.
- Acuña-González, J., J.A. Vargas-Zamora, E. Gómez-Ramírez y J. García-Céspedes. 2004. Hidrocarburos de petróleo, disueltos y dispersos en cuatro ambientes costeros de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 52 (Suppl. 2): 43-50.
- Agüero M. 1996. Impactos ambientales en la zona costera. Procedimientos para su evaluación e instrumentos de prevención y mitigación. *Faro. Revista de la Administración de las zonas costeras en América Latina*, No. 2
- Bartels, C.E. y K.S. Price. 1983. Occurrence, distribution, abundance and diversity of fishes in the Gulf of Nicoya, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 31: 75-101.
- Brenes, C. Fundamentos de Oceanografía Descriptiva: Aplicación al Istmo Centroamericano. Proyecto para el Desarrollo Integral de la Pesca Artesanal en la Región Autónoma Atlántico Sur (DIPAL), Nicaragua. 89 p.
- Bussing, W.A y M.I. López. 1996. Fishes collected during the Victor Hensen Costa Rica Expedition (1993/1994). *Rev. Biol. Trop.* 44 (Suppl. 3): 183-186.
- Chávez y Birkicht 1996. Equatorial subsurface water and the nutrient seasonality distribution of the Gulf of Nicoya, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 44 (Suppl. 3): 41-47.
- Cordoba-Muñoz, R. 1998. Primary productivity in the water column of Estero Morales, a mangrove system in the Gulf of Nicoya, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 46 (Suppl. 6): 257-262.
- Cruz, R.A. 1996. Annotated checklist of marine mollusks collected during the R.V. Victor Hensen Costa Rica Expedition 1993/1994. *Rev. Biol. Trop.* 44 (Suppl. 3): 59-67.
- Cruz, E. y J.A. Vargas. 1987. Abundancia y distribución vertical de la meiofauna en la playa fangosa de Punta Morales, Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 35(2): 363-367.
- Dean, H.K. 1996. Subtidal benthic polychaetes (Annelida) of the Gulf of Nicoya, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 44 (Suppl. 3): 69-80.
- Epifanio C., D. Maurer, A. Dittel. 1983. Seasonal changes in nutrients and dissolved oxygen in the Gulf of Nicoya, a tropical estuary on the Pacific coast of Central America. *Hidrobiologia.* 101: 231-238
- García-Céspedes, J., J. Acuña-González y J.A. Vargas-Zamora. 2004. Metales traza en sedimentos costeros de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 52 (Suppl. 2): 51-60.
- Gocke, K., J. Cortés y C. Villalobos. 1990. Effects of red tides on oxygen concentration and distribution in the Golfo de

- Nicoya, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 38(2B): 401-407.
- Hossfeld, B. Distribution and biomass of arrow Worms (Chaetognatha) in Golfo de Nicoya and Golfo Dulce, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 44 (Suppl. 3): 157-172.
- Jiménez, J.A. 1994. Los manglares del Pacífico Centroamericano. Ed. Fundación UNA, Heredia. 336p.
- Kolberg, W., R. Pollnac, D. Stevenson y J. Sutinen. 1981. The setting: Costa Rica, El Salvador and Guatemala: In: J.G. Sutinen and R.B. Pollnac (Eds), small scale fisheries in central America: acquiring information for decision making, pp 7-43, ICMRD, Univ. of Rhode Island.
- Kress N, S y León, 1998a. Informe Final del Proyecto Evaluación Ecológica del Golfo de Nicoya. Convenio UNA- AID CDR.
- Lizano, O. G. 1998. Dinámica de las aguas en la parte interna del Golfo de Nicoya ante altas descargas del Río Tempisque. *Rev. Biol. Trop.* (Suppl. 6) 46: 11-20.
- Loria, L.G., R. Jiménez, O. Lizano. 2002. Radionucleídos naturales y antropogénicos en el Estuario del Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Top. Meteor. Oceanog.* 9(2) 74-78.
- Morales-Ramírez, A. Checklist of copepods from Gulf of Nicoya, Coronado Bay and Golfo Dulce, Pacific coast of Costa Rica, with comments on their distribution. *Rev. Biol. Trop.* 44 (Suppl. 3): 103-113.
- Ortiz, M., M. Fernández-Arce y W. Rojas. 2001. Análisis de riesgo de inundación por Tsunamis en Puntarenas, Costa Rica. *GEOS* 21: 108-113.
- Peterson, C. 1958. The Physical Oceanography of the Gulf of Nicoya, Costa Rica, a tropical estuary. *Bull. Inter. Am. Tuna Comm.* 3: 139-188.
- Ramírez, A.R., W.A. Szelistowski y M.I. López. 1989. Spawning pattern and larval recruitment in Gulf of Nicoya anchovies (Pisces: Engraulidae). *Rev. Biol. Trop.* 37(1): 55-62.
- Sponberg, A.L. 2004a. PCB contamination in surface sediments in the coastal waters of Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 52 (Suppl. 2): 1-10.
- Sponberg, A.L. 2004b. PCB concentrations in sediments from the Gulf of Nicoya estuary, Pacific coast of Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 52 (Suppl. 2): 11-22.
- MINAE, UICN. 2001. Política de humedales de Costa Rica. San José. 25p.
- Vargas-Montero, M. y E. Freer. 2004a. Presencia de los dinoflagelados *Ceratium dens*, *C. Fuscus* y *C. Furca* (Gonyaulacales: Ceratiaceae) en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 52 (Suppl. 1): 115-120.
- Vargas-Montero, M. y E. Freer. 2004b. Proliferaciones algales nocivas de cianobacterias (Oscillatoriaceae) y dinoflagelados (Gymnodiniaceae) en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 52 (Suppl. 1): 121-125.
- Vargas-Montero, M. y E. Freer. 2004c. Proliferaciones algales de la diatomea toxigénica *Pseudo-Nitzschia* (Bacillariophyceae) en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 52 (Suppl. 1): 127-132.
- Vargas, J.A., H.K. Dean, D. Maurer y P. Orellana. 1985. Lista preliminar de invertebrados asociados a los sedimentos del Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Brenesia* 24: 327-342.
- Vargas, R., S. Jesse y M. Castro. 1996. Checklist of crustaceans (Decapoda and Stomatopoda), collected during the Victor Hensen Costa Rica Expedition (1993/1994). *Rev. Biol. Trop.* 44 (Suppl. 3): 97-102.
- Voorhis A. Epifanio, C. Maurer, D. Dittel, J. Vargas. 1983. The estuarine character of the Gulf of Nicoya, an embayment on the Pacific coast of Central América. *Hydrobiología.* 99: 225-237.
- Wolf, M., V. Koch, J.B. Chavarría y J.A. Vargas. 1988. A trophic model of the Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 46 (Suppl. 6): 63-79.

GLOSARIO

Estuario: desembocadura de un río en el mar, que típicamente contiene agua de baja salinidad (agua salobre)

Poliquetos: animales marinos segmentados en forma de gusano, pertenecientes al grupo de las lombrices de tierra y sanguijuelas

Termoclina: gradiente vertical de temperatura

Termohalina: gradiente vertical de salinidad

CAPITULO XIV

GOLFO DE PAPAGAYO

Ana C. Fonseca E.¹⁶

Resumen: El Golfo de Papagayo, en el Pacífico norte de Costa Rica, es el tercero en extensión del país (180 km²) y es mucho más abierto que los golfos de Nicoya y Golfo Dulce. Junto con la Península de Nicoya es una de las unidades geológicas más antiguas del país. El clima está gobernado por los desplazamientos estacionales de la Zona de Convergencia Intertropical que definen la estación lluviosa (mayo-noviembre) y seca (diciembre-abril) en esta región. Además, es uno de los tres lugares en todo el Pacífico oriental tropical donde ocurren afloramientos costeros de aguas frías y muy productivas. El afloramiento y los frentes fríos, junto con la corriente costanera de Costa Rica (NO-O), controlan las condiciones oceanográficas del Golfo. La calidad del agua aún es relativamente buena. En el Golfo se encuentran gran cantidad de ecosistemas coralinos con una diversidad de especies superior a otras localidades de la costa Pacífica de Costa Rica, y con buena cobertura de coral vivo (entre 25 y 40%). Los pequeños parches de pastos marinos que existían en este Golfo desaparecieron durante la tormenta de 1996. Todavía se encuentran grandes extensiones de manglares de origen coluvial, alrededor de los principales esteros. El ambiente marino del Golfo ha sido afectado por dos disturbios naturales como El Niño, la Pequeña Edad del Hielo, mareas rojas, y tormentas. Las principales amenazas humanas son la sedimentación producto de la deforestación y remoción de sedimentos durante la construcción de infraestructura, los efectos directos e indirectos del creciente turismo masivo, la extracción y comercialización de peces y otros organismos arrecifales y la pesca sin regulaciones. Se recomienda convertir el Golfo Dulce en un área protegida, sonificarla y definir su capacidad de carga.

Geología

El origen geológico del Golfo de Papagayo, al igual que el de la Península de Nicoya, son diferentes al resto del país y pertenecen a una de las secciones más antiguas llamada “Complejo de Nicoya” (Dengo 1962). El Golfo comenzó a formarse hace aproximadamente 190-136 MA a partir de un basamento oceánico en latitudes ecuatoriales que se fue desplazando hacia el norte (Sick 1969). Durante su desplazamiento esta primitiva corteza oceánica se vio afectada por colisiones con montañas submarinas y sedimentación marina, hasta ocupar su posición actual (Denyer y Arias 1990). Su geomorfología se terminó de moldear por procesos volcánicos y erosivos (hace 65-54 MA), formando acantilados de ro-

¹⁶ Centro de Investigación de Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR), Universidad de Costa Rica, San José 2060, Costa Rica afonseca@cariari.ucr.ac.cr

cas y areniscas con fragmentos fósiles, pequeñas cuencas, cerros y altiplanos (Baumgartner *et al.* 1984). Además, dentro del Golfo se encuentran varios grupos de islas e islotes de roca basáltica que pueden o no aflorar a la superficie (Arias y Denyer 1992).

Clima

El clima del Golfo de Papagayo está gobernado por los desplazamientos estacionales de la Zona de Convergencia Inter-Tropical (ZCIT), área donde ocurre el encuentro entre los vientos alisios del NE y SO, que intensifican la precipitación (Herrera 1985, Brenes y Lizano 1994, Brenes y Saborío 1994, Fernández y Barrantes 1996, Alfaro y Amador 1997). Cuando la ZCIT se encuentra sobre esta región se define una estación lluviosa, lo cual ocurre de mayo a noviembre. El resto del año, de diciembre a abril, corresponde a la estación seca, cuando se inicia el invierno en el hemisferio N, la ZCIT migra hacia el sur y se intensifican los vientos del NE, “alisios” o “Papagayos”, que han dado origen al nombre de este golfo (Fernández de Oviedo 1535). Es durante la época seca de intensos vientos, con velocidades de hasta 100 km/hr (Zárate y Ramírez 1989) que ocurren los afloramientos de agua fría en el golfo. Estos vientos sólo desaparecen completamente durante setiembre, y entre julio y agosto los vientos muestran un pico de intensidad secundario (Xie *et al.* 2005).

La temperatura atmosférica promedio anual es de 27.5°C (ámbito 22-33 °C). Los meses con mayores temperaturas son abril, mayo y junio. La precipitación tiene una media anual de 1578.9±90.2 mm, y presenta dos picos máximos, uno en junio y otro en setiembre (Ramírez 1983).

Corrientes

En el Golfo de Papagayo la plataforma continental es relativamente estrecha por lo que favorece la influencia oceánica en el comportamiento de las masas de agua. Este golfo está influenciado principalmente por la Corriente Costanera de Costa Rica, ya que durante todo el año se mantiene fluyendo a gran velocidad en dirección NO y O, paralela a sus costas. Además a nivel local existen micro sistemas de circulación que se desvían de la corriente principal según la dirección y la intensidad del oleaje y la marea (Brenes y Gutiérrez 1993, Brenes y Lizano 1994). Hay una estratificación típica entre corrientes superficiales y profundas (Lizano com. pers.. 2005). El oleaje predominante en esta región durante la época lluviosa proviene del SO-O, se origina fuera de la costa y ocasiona las marejadas y corrientes litorales más fuertes (Lizano 1993, Brenes y Lizano 1994).

Afloramiento

Entre la zona de los lagos de Nicaragua y la Cordillera Volcánica de Guanacaste existe una brecha topográfica de 70 km aproximadamente, por la que se canalizan los vientos alisios que actúan sobre las capas superiores del mar produciendo un desplazamiento de agua lejos de la costa, disminuyendo la profundidad de la termoclina en la zona (McCreary *et al.* 1989). El resultado es la surgencia de aguas oceánicas frías ricas en nutrientes en la zona del Golfo De Papagayo y frente a las costas de Nicaragua. Este afloramiento es el responsable de los cambios estacionales en la temperatura (> 6 °C) y la salinidad (3‰) superficial del mar, con las mayores temperaturas (>27.5 °C) y menores salinidades (31.3 a 32.1‰) en la época lluviosa y las menores temperaturas (<22 °C) y mayores salinidades (33.4 a 34.4‰) en la época seca (Brenes *et al.* 1995, Jiménez 2001a). Este Golfo junto el Istmo de Tehuantepec en México y Bahía de Panamá, en Panamá, son los únicos tres lugares del Pacífico Oriental Tropical donde ocurren este tipo de afloramientos de más de 300 km aproximadamente, y probablemente el Golfo de Papagayo es el segundo más productivo de la región (Hubbs y Roden 1964, Glynn *et al.* 1983, Fiedler *et al.* 1991). Frecuentemente se desprenden algunas masas de agua fría relacionadas a la zona de surgencia principal y se forman frentes que son acarreados por las corrientes hacia y a lo largo de la costa (Roughgarden *et al.* 1991, Graham *et al.* 1992, Wing *et al.* 1995) y transportan gran cantidad de larvas de organismos del fondo que eventualmente se reclutan en los ambientes costeros (Le Fèvre 1986, Wolanski y Hammer 1988). El afloramiento junto con la corriente costanera de Costa Rica, controlan las condiciones oceanográficas del Golfo.

A pesar de que el afloramiento de Papagayo hace referencia al Golfo del mismo nombre en Costa Rica, el evento ocurre en su plenitud frente a las costas de Nicaragua, específicamente en el departamento de Rivas. Únicamente al intensificarse y madurar el evento, su influencia se extiende hasta la Península de Nicoya, por lo que la región de Papagayo debe considerarse como una zona marginal a

la zona principal de afloramiento (A. Gutiérrez, com. pers. 1997).

Calidad del agua

Los estudios de la calidad del agua en el Golfo de Papagayo sugieren que este ha sido resguardado en gran medida de la contaminación humana, ya que en el agua no se detectó contaminación por hidrocarburos de petróleo (Acuña *et al.* 2004) y los niveles de bacterias coliformes son bajos (2 a 17 NMP, número más probable de bacterias en 100 ml) (García *et al.* 2006). Además en el sedimento la concentración de metales traza (García-Céspedes *et al.* 2004) y bifenilos policlorados (BPC) (Sponberg 2004) también es baja y propia de ambientes no contaminados. Esto puede deberse a su ubicación, pues durante mucho tiempo el acceso por tierra estuvo restringido. Sin embargo, la belleza escénica del lugar ha incentivado la construcción de hoteles de lujo y ya existe una carretera que facilita el ingreso hasta el extremo de la península

Aunque aún es considerada una bahía limpia, se están estudiando los sedimentos marinos del fondo para establecer estándares de contaminación. Estos valores base se compararán con las concentraciones de radio-nucleidos y metales pesados y se relacionará con la cantidad de complejos turísticos, incluyendo marinas (Lizano com. pers.. 2005).

Plancton

En el Golfo de Papagayo se ha estudiado el fitoplancton y zooplancton desde 1999. Esta es una zona de alta productividad estacional y planctológicamente muy diversa (Bednarski 2001, Padilla en prep., Rodríguez en prep.).

El fitoplancton se caracteriza por estar constituido en su mayoría de células pequeñas del orden de 30µm, que forman largas cadenas, la mayoría del grupo de las diatomeas. También se han observado mareas rojas, formadas por el dinoflagelado *Lingulodinium polyedrum* (Morales-Ramírez *et al.* 2001). La biomasa del fitoplancton varía de 0.90 a 14,09 mg de clorofila a /m³, observándose mayores valores durante la época de afloramiento, con un promedio de abundancia de 680 células * ml (Padilla en prep.).

Con respecto al zooplancton, se observan claras diferencias estacionales en la abundancia: copépodos dominan las poblaciones durante la época seca y los ostrácodos durante la época de lluvia, también es importante el zooplancton gelatinoso. La biomasa del zooplancton llega a fluctuar entre 2,6 y 49 mg peso seco /m³, e igualmente mayores biomásas se observan durante los meses secos (Bednarski 2001, Bednarski y Morales-Ramírez 2004, Rodríguez en prep.).

Arrecifes coralinos

Las aguas frías son consideradas como un factor limitante para el crecimiento de corales y para el desarrollo de arrecifes coralinos. Sin embargo, en el Golfo de Papagayo se han encontrado extensos arrecifes y comunidades coralinas (Cortés y Murillo 1985), a pesar de que esta región se ve expuesta a temperaturas tan bajas como 12°C (Jiménez 1998, Jiménez 2001b).

Este golfo tiene tres ambientes coralinos principales: arrecifes y comunidades coralinas sobre bañados o arena. Estos ecosistemas se encuentran en pequeñas ensenadas, bahías o asociados a promontorios rocosos, que les brindan protección del oleaje suroeste oeste que produce las marejadas más grandes en la zona norte del país, y del efecto directo del afloramiento estacional de aguas frías en el Golfo. Hay tres arrecifes muy particulares construidos por *Pavona clavus*, *Leptoseris papyracea* y *Psammonocora stellata*, con características únicas en el Pacífico oriental. La cobertura de coral vivo es mayor en los arrecifes (>40%) que en las comunidades coralinas (<25%), y dominan los corales ramificados del género *Pocillopora* spp. (42% en arrecifes y 65% en comunidades).

Hasta ahora se han encontrado 20 especies de corales escleractíneos. Las especies de corales en este golfo son las mismas que en otras partes del país, pero cambia la importancia como constructores de arrecifes de algunas especies. También, las tasas de crecimiento de la mayoría de las especies son mayores en Papagayo que en otros arrecifes del Pacífico Oriental, sugiriendo que si las condiciones ambientales son favorables la recuperación de los ambientes puede ser un proceso relativamente rápido. El afloramiento de Papagayo, no solo no está inhibiendo el desarrollo de arrecifes, sino que aparentemente estimula tasas altas de crecimiento de corales (Jiménez y Cortés 2003).

Los ecosistemas coralinos de Papagayo han sido afectados por disturbios climáticos como El Niño,

diversas tormentas, mareas rojas y la Pequeña Edad del Hielo. A nivel global la Pequeña Edad del Hielo ocurrió aproximadamente 1400 a 1900 años d.C. y fue desencadenada por una disminución de la actividad solar y un incremento de la actividad volcánica (Nesje y Johannessen 1992). El descenso de la temperatura del agua del mar en esta época, aparentemente produjo la muerte de arrecifes coralinos en el Golfo de Papagayo (Glynn *et al.* 1983). Los impactos negativos de los otros disturbios mencionados se tratan en la sección de amenazas.

El bienestar y la recuperación de los ecosistemas coralinos del Golfo de Papagayo podría interrumpirse con las actividades humanas que se realizan inadecuadamente. La construcción de hoteles, carreteras, marinas, y el aumento de nutrientes y sedimentos asociado a estas actividades, los buzos recreativos y comerciales y la extracción de peces y corales, pueden afectar negativamente a los corales si no son regulados. Se han observado y se han tomado fotos del daño que causan las anclas sobre las colonias de coral (Cortés y Jiménez 2003, Bezy com. pers.. 2004).

Tumores en el coral *Pavona clavus*

En algunos ecosistemas coralinos de Papagayo se encuentran corales con tumores y la incidencia aumenta con la profundidad. Hasta ahora se han identificado tres tipos de tumores según las deformaciones del esqueleto. Al parecer, los tumores crecen más rápido que el tejido sano y la densidad del esqueleto tumoral es menor (Gateño *et al.* 2003).

Alga verde *Caulerpa sertularoides* sobrecreciendo al coral *Psammocora stellata*

El alga verde *Caulerpa sertularoides*, ha ido aumentando su cobertura agresivamente, posiblemente por altas temperaturas en el agua del mar y por su capacidad de regenerarse a partir de fragmentos producidos por las anclas de los botes. Esta alga está sobrecreciendo y matando colonias de corales pequeñas, como *Pocillopora* spp. y *Psammocora stellata*, y está dominando el sustrato alterando la biodiversidad (Fernández y Cortés 2004).

Pastos marinos

En el Golfo de Papagayo estuvieron presentes dos especies de pastos marinos *Ruppia maritima* y *Halophila baillonii*, y más de 50 invertebrados se encontraban asociados a ellas. Sin embargo, estos parches de pastos y sus organismos desaparecieron luego de una severa tormenta en Junio de 1996 (Cortés 2001).

Manglares

En las principales bahías del litoral interno del Golfo de Papagayo donde se encuentran Playa Hermosa, Playa Panamá y Puerto Culebra, hay varios estuarios con vegetación de manglar. Los manglares mejor desarrollados están en los márgenes sur y sureste de estas bahías, protegidos del oleaje sur y suroeste. En el litoral externo de Bahía Culebra, las playas y estuarios son de reducidas extensiones excepto en el extremo norte, donde hay una ensenada bien protegida y con uno de los manglares más grandes del área llamado Estero Palmares. El estero palmares es de formación coluvial con influencia marina y se encuentran detritos aportados por la quebrada El Ahogado.

Más al norte de la bahía Culebra se encuentra manglar alrededor de la laguna Limbo, y Potrero Grande. El manglar de Potrero Grande es de formación aluvial con el río potrero grande y boquerones como los principales aportadores de material detrítico por descarga directa. Al norte de Bahía Culebra también se encuentran el estero Naranjo y el estero Palmares (Córdoba *et al.* 1998, Jiménez 1998).

En todos estos manglares la vegetación nuclear está dominada por *Rhizophora mangle* (mangle rojo enano), *R. racemosa* (mangle rojo grande), *Avicennia germinans* (palo de sal), *A. bicolor*. En el de Potrero Grande además se encuentra *Pelliciera rhizophorae* (mangle piñuela). Hay diversos moluscos y crustáceos asociados a las raíces de estos manglares. La vegetación marginal más común en todos ellos es el chirristate, la verdolaga, el manzanillo de playa, el frijol de playa, el majagüa, y el botoncillo. La principal comunidad en la zona de influencia de estos humedales es Playa del Coco, y la principal actividad económica es la pesca (Córdoba *et al.* 1998).

Peces de arrecife

En el Golfo de Papagayo se han encontrado 75 especies de peces de arrecife (Dominici 1999). La especie más abundante y presente en todas las localidades es el pez castañeta “Cola de Tijera” (*Chromis atrilobata*), seguido por la señorita “Arcoiris de Cortés” (*Thalassoma lucasanum*), la damisela “Petaca Banderita” (*Abudefduf troschelii*) y la señorita “Camaleón” (*Halichoeres dispilus*) predominantes en las localidades más someras. En arrecifes más profundos las especies comunes eran los roncadores “Burro latino” (*Haemulon steindachneri*), y “Burro rasposo” (*H. maculicauda*) y el damisela “Jaqueta de dos colores” *Stegastes flavilatus* (Dominici 1999).

Los peces de arrecife estudiados en el Golfo de Papagayo muestran una correlación positiva con la cobertura de coral vivo. Si los arrecifes coralinos son destruidos las comunidades de peces también se verán afectadas. Además, hay signos de sobre-explotación de peces de arrecife para comercializar con acuarios. (Dominici 1999).

Mamíferos marinos

Se ha confirmado la presencia de 19 especies de cetáceos en las aguas Económicas Exclusivas del Pacífico de Costa Rica (May-Collado *et al.* 2005). Un total de seis especies se han reportado en el Golfo de Papagayo (*Megaptera novaeangliae*, *Orcinus orca*, *Globicephala macrorhynchus*, *Tursiops truncatus*, *Stenella attenuata* y *Steno bredanensis*). De éstas, sólo dos son residentes, el delfín manchado (*Stenella attenuata*), la cual es a su vez la especie más abundante del golfo y la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) que es residente estacional.

La abundancia relativa del delfín manchado varía estacionalmente, siendo más abundante durante los meses de afloramientos (May-Collado 2001, May-Forcada 2001), momento en que se maximizan las actividades de alimentación (May-Collado y Morales 2005). La alimentación ocurre principalmente en horas del atardecer y la socialización a media mañana. Tienden a agregarse en grupos pequeños de aproximadamente 10 individuos (May 2001).

Dos poblaciones de ballenas jorobadas utilizan el golfo como área de reproducción y para dar a luz: la población del hemisferio norte que migra principalmente del sur de California y la población del hemisferio sur que migra desde la Península Antártica (Rasmussen *et al.* 2001, 2002). La primera se observa en el golfo de enero a marzo y la segunda de agosto a octubre (Rasmussen *et al.* 2001, Calambokidis *et al.* 1999, 2000, 2002).

Amenazas

Naturales

El Niño Oscilación del Sur (ENOS)

El Niño es el producto de la disminución del índice de presión atmosférica entre el Pacífico oriental y occidental lo cual a su vez disminuye los vientos alisios SE en el Pacífico sur. El resultado es un calentamiento general de las aguas superficiales del Océano Pacífico Tropical Central y Oriental (Ramage 1986). Es probable que las condiciones oceanográficas y atmosféricas para que se desarrollaran eventos muy intensos de El Niño iniciaran a partir del cierre final del Istmo centroamericano (Colgan 1990).

Los efectos de El Niño en la costa del Pacífico Norte de Costa Rica aparte del calentamiento en las aguas superficiales (Quirós 1990), son el aumento de las temperaturas máximas del aire (Alfaro y Amador 1996), una reducción considerable de la estación lluviosa (Fernández y Ramírez 1991), y un aumento del gradiente de presión entre la costa Pacífica y el Caribe lo que implica un incremento temporal en los vientos alisios sobre la zona particularmente en la época lluviosa (Amador y Alfaro 1996), y la intensificación del afloramiento del Golfo de Papagayo (Ramírez 1983).

El aumento en la temperatura del agua del mar ocasiona grandes mortalidades en los organismos bentónicos, particularmente los corales (Glynn 1984, 1990). En el Golfo de Papagayo se han observado evidencias de blanqueamiento y mortalidad por calentamiento de aguas en varias ocasiones y diversas colonias de coral, y se documentaron los efectos de los eventos de blanqueamiento de 1982-83 (Cortés *et al.* 1984) y de 1997-98 (Jiménez *et al.* 2001). En 1997-1998 el blanqueamiento de corales fue alto (35.5%) y la mortalidad en general baja (7.2%), sin embargo para la especie *Leptoseris papyracea* que construía un parche único de coral fue devastador ya que su cobertura bajó de 68% a 3.6% (Jiménez 1998).

Tormentas

La tormenta de junio de 1996 causó serios daños en arrecifes coralinos y pastos marinos en el Golfo de Papagayo (Jiménez 1998), por lo que las tormentas se consideran una amenaza natural de los recursos marino-costeros del área.

Mareas rojas

En el año 2000 se reportó en el Golfo de Papagayo una marea roja causada por la explosión demográfica del dinoflagelado *Lingulodinium polyedrum*, el cual produce toxinas paralizantes que enferman o matan a varios organismos marinos, y pájaros y seres humanos que se alimentan de estos productos. Según los pobladores del área, este fenómeno se repite cada 4 o 5 años, y en el momento de la marea roja dejan de consumir mariscos. Al parecer se pueden repetir en cualquier momento y deberían monitorearse las poblaciones del plancton (Morales-Ramírez *et al.* 2001).

Antropogénicas

Sedimentación terrestre

Los sedimentos terrestres que se generan en suelos deforestados expuestos a la erosión por lluvia y escorrentía afectan las comunidades marinas del Golfo de Papagayo, especialmente los arrecifes coralinos. La razón principal de deforestación y remoción de sedimentos es el desarrollo urbano en el área, por la creciente actividad turística, y en menor grado por la actividad agropecuaria. En 1994, se reportó que un parche arrecifal quedó enterrado bajo sedimentos terrestres durante la construcción de un complejo turístico, y luego en 1995, la pavimentación de una carretera costera dañó otro arrecife (Jiménez 1998, 2001b).

Turismo

Las actividades relacionadas a un turismo masivo y sin regulaciones son la principal amenaza en el Golfo de Papagayo para los organismos marinos, ya que en esta zona el turismo está creciendo vertiginosamente. Los principales impactos del turismo son el buceo irresponsable que daña colonias de coral, destrucción de arrecifes por anclaje de botes, la extracción ilegal y compra y venta de organismos marinos, la remoción de sedimentos por construcción de infraestructura, y los desechos líquidos y sólidos producidos por la actividad (Cortés y Jiménez 2003).

Pesca y extracción de corales

Varias especies de coral, colonias enteras o fragmentos, se extraen del Golfo de Papagayo para ser vendidas a los turistas como curiosidades y elementos de acuarios. Los corales más atractivos son el coral ramificado llamado "sirio" (*Pocillopora* spp.) (Cortés y Murillo 1985) y el coral negro (*Antipathes* spp.). En 1996, se reportó una extracción de más de 200 colonias de sirios en un día (Cortés y Jiménez 2003). Un estudio de pesca de peces ornamentales en la provincia de Guanacaste muestra una reducción en la captura entre 1994 y 2000 (Alperman 2001). Otra práctica destructiva por la pesca aparte de la extracción es el anclaje.

Recomendaciones

- Realizar estudios comparativos entre ambientes marinos situados en zonas de afloramiento y fuera de ellas.
- Hacer más estudios sobre corrientes superficiales y profundas en el Golfo.
- Hacer mapas de hábitats marino costeros y crear un sistema de información geográfica marino costera del Golfo.
- Se cuenta con imágenes del sensor Master del Proyecto Misión Carta-2003/2005 las cuales serán de apoyo a los estudios de dinámica oceánica, mapeo de hábitats marinos, y otras aplicaciones alrededor del golfo.
- Tomar las medidas necesarias para regular y controlar el impacto de actividades pesqueras y turísticas en los recursos y ecosistemas marino costeros, así como protegerlos y monitorearlos a largo plazo.
- Por tratarse de una zona con una alta actividad temporal de tortugas marinas y mamíferos marinos así como una alta diversidad béntica, se recomienda la estricta regulación espacial y temporal

de las actividades de pesca de arrastre dentro de la plataforma continental en la zona del Golfo y otras AMPs cercanas.

- Se recomienda la regulación estricta del buceo, la observación de mamíferos marinos y de aquellas actividades asociadas a la extracción de peces y organismos marinos que son usados como especies ornamentales
- Aplicar la ley en cuanto a la prohibición de extracción de corales en el área.
- Tomar medidas preventivas de sedimentación durante la construcción de infraestructura en el Golfo.
- Manejar los desechos sólidos y las aguas residuales generadas por las diversas actividades humanas en la zona.
- Poner boyas en áreas de arrecife donde los botes turísticos y pesqueros se puedan estacionar sin utilizar anclas y definir capacidad de carga de cada sitio.
- Vale la pena recalcar el gran riesgo potencial que presenta establecimiento de marinas en una zona con tan alta riqueza arrecifal y biológica en general.
- Realizar monitoreos de los recursos marino costeros de este golfo.
- Convertir el Golfo de Papagayo en un área marina protegida y adecuadamente zonificada para las diferentes necesidades siguiendo un cuidadoso proceso de consulta y validación por parte de todos los actores.

Referencias

- Acuña-González, J., J.A. Vargas-Zamora, E. Gómez-Ramírez y J. García-Céspedes. 2004. Hidrocarburos de petróleo, disueltos y dispersos, en cuatro ambientes costeros de Costa Rica.
- Alfaro, E. y J. Amador. 1996. El Niño-Oscilación del Sur y algunas series de temperatura máxima y brillo solar en Costa Rica. *Top. Meteor. Oceanogr.* 3: 19-26.
- Alfaro, E. y J. Amador. 1997. Variabilidad y cambio climático en algunos parámetros sobre Costa Rica y su relación con fenómenos de escala sinóptica y planetaria. *Top. Meteor. Oceanogr.* 4: 51-62.
- Alperman, T.J. 2001. The fisheries of ornamental fishes in Guanacaste, Costa Rica, with special emphasis on the population dynamics of the Cortez Rainbow Wrasse, *Thalassoma lucasanum* (gill 1863). M.Sc. Thesis, Univ. Bremen, Bremen, Germany. 84 p.
- Amador, J. y E. Alfaro. 1996. La Oscilación Cuasi-bienal, ENOS y acoplamiento de algunos parámetros superficiales y estratosféricos sobre Costa Rica. *Top. Meteor. Oceanogr.* 3: 45-53.
- Arias, O. y P. Denyer. 1992. Mapa geológico de la hoja Carrillo Norte, Guanacaste, Costa Rica (1:50.000). Instituto Geográfico Nacional, San José, Costa Rica.
- Baumgartner, P., C. Mora, J. Sigal, E. Glacon, J. Azema y J. Burgois. 1984. Sedimentación y paleografía del Cretácico y Cenozoico del litoral pacífico de Costa Rica. *Rev. Geol. América Central* 1 : 57-136.
- Bednarski, M. 2001. Macrozooplankton of Culebra Bay, Costa Rica with an emphasis on copepods. M.Sc. Thesis, University of Bremen, Germany. 115 p.
- Bednarski, M y A. Morales-Ramírez. 2004. Composition, abundance and distribution of macrozooplankton in Culebra Bay, Gulf of Papagayo, Pacific coast of Costa Rica and its value as bioindicator of pollution. *Rev. Biol. Trop.* 52 : 105-118.
- Brenes, C. y A.Gutiérrez. 1993. Caracterización de las condiciones mareográficas en los alrededores de Punta Flor, Bahía Culebra. 29 p. Sin publicar.
- Brenes, C. y O. Lizano. 1994. Estudio sobre características del oleaje en el interior de Bahía culebra. 45 p. Sin publicar.
- Brenes, C. y V. Saborío. 1994. Changes in the general circulation and its influence on precipitation trends in Central America: Costa Rica. *Ambio* 23: 87-90.
- Brenes, C. B. Kwicinski, L. D'Croz y J. Cháves. 1995. Características oceanográficas de la plataforma Pacífica de América Central y aguas oceánicas adyacentes. PRADEPESCA, Panamá. 75 p.
- Calambokidis, J., K. Rasmussen y G.H. Steiger. 1999. Humpback whales and other marine mammals off Costa Rica, 1996-1999. Report of research during Oceanic Society Expeditions in 1999 in cooperation with Elderhostel volunteers. *Cascadia Res. Collec.* 35 p.
- Calambokidis, J., G.H. Steiger, Rasmussen, K. Urbán, J.R. Balcomb, K.C. Ladrón de Guevara, P. Salinas, M. Jacobson, J.K. Herman, L.M. Cerchio y J.D. Darling. 2000. Migratory destinations of humpback whales that feed off California, Oregon and Washington. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 192: 295-304.
- Calambokidis, J., K. Rasmussen y G.H. Steiger. 2002. Humpback whales and other marine mammals off Costa Rica,

- 1996-1999. Report of research during Oceanic Society Expeditions in 2002 in cooperation with Elderhostel volunteers. Cascadia Res.Collec. 33 p.
- Colgan, M. 1990. El Niño and the history of eastern pacific reef building, p. 183-232. In P. Glynn (ed.). Global ecological consequences of the 1982-83 El Niño-Southern Oscillation. Elsevier, Amsterdam.
- Córdoba M., R., J.C. Romero A. y N.J. Windevoxhel. 1998. Inventario de los humedales de Costa Rica. UICN, San José. 380 p.
- Cortés, J. 2001. Requiem for an eastern Pacific seagrass bed, Bahía Culebra, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 49: 273-278.
- Cortés, J. y M. M. Murillo. 1985. Comunidades coralinas y arrecifes del Pacífico de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 33: 197-202.
- Cortés, J. y C. Jiménez. 2003. Corals and coral reefs of the Pacific of Costa Rica : history, research and status. pp : 361-385. In Cortés, J. (ed.) Latin American Coral Reefs. Elsevier Science.
- Cortés, J., M. Murillo, H. Guzmán y J. Acuña. 1984. Pérdida de zooxantelas y muerte de corales y otros organismos arrecifales en el Atlántico y Pacífico de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 32: 227-231.
- Dengo, G. 1962. Estudio geológico de la región de Guanacaste, Costa Rica. Instituto Geográfico Nacional, San José, Costa Rica. 112 p.
- Denyer, P. y O. Arias (eds.). 1990. Geología de una parte de las hojas Matapalo y Belén, Guanacaste, Costa Rica (síntesis Campaña Geológica: febrero 1990). Informe Escuela de Geología, Universidad de Costa Rica. 20 p.
- Dominici, A. 1999. Peces de arrecife, Bahía Culebra. Tesis sometida a la consideración de la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Biología para optar al grado de Magister Scientiae. Universidad de Costa Rica, San José. 203 p.
- Fernández, W. y J. Barrantes. 1996. The Central American temporal: a long-lived tropical rain-producing system. *Top. Meteor. Oceanogr.* 3: 73-88.
- Fernández, W. y P. Ramírez. 1991. El Niño, la Oscilación del Sur y sus efectos en Costa Rica: una revisión. *Tecnología en Marcha* 11: 39.
- Fernández, C. y J. Cortés. 2004. *Caulerpa sertularioides*, a green alga spreading aggressively over coral reef communities in Culebra Bay, North Pacific of Costa Rica. *Coral Reefs* (Accepted).
- Fernández de Oviedo y Valdés, Gonzalo. 1535. Historia general y natural de las Indias, islas y tierra firme del Mar Océano. Reimpresión 1954. Editorial Guaranía, Asunción. 13 vols.
- Fiedler, P., V. Philbrick y F. Chávez. 1991. Oceanic upwelling and productivity in the eastern tropical Pacific. *Limnol. Oceanogr.* 36: 1834-1850.
- García-Céspedes, J., J. Acuña-González y J.A. Vargas-Zamora. 2004. Metales traza en sedimentos costeros de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 52: 51-60.
- García V., J. Acuña-González, J.A. Vargas-Zamora y J. García-Céspedes. 2006. Calidad bacteriológica y desechos sólidos en cinco ambientes costeros de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* (en prensa).
- Gateño, D., A. León, Y. Barki, J. Cortés y B. Rinkevich. 2003. Skeletal tumor formations in the massive coral *Pavona clavus*. *Marine Ecology Progress Series*, 258: 97-108.
- Glynn, P. 1984. Widespread coral mortality and the 1982-83 El Niño-Southern Oscillation. Elsevier, Amsterdam.
- Glynn, P. 1990. Coral mortality and disturbance to coral reefs in the tropical eastern pacific, p. 55-126. In P. Glynn (ed.). Global ecological consequences of the 1982-83 El Niño-Southern Oscillation. Elsevier, Amsterdam.
- Glynn, P., E. Druffel y R. Dunbar. 1983. A dead Central American coral reef tract : possible link with the Little Ice Age. *J. Mar. Res.* 41: 605-637.
- Graham, W., J. Field y D. Potts. 1992. Persistent upwelling shadows and their influence on zooplankton distributions. *Mar. Biol.* 114: 561-570.
- Herrera, W. 1985. Clima de Costa Rica. Vol. 2. Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica. 118 p.
- Hubbs, C. y R. Roden. 1964. Oceanography and marine life along the Pacific coast of Middle America, p. 143-186. In R. West (ed.). Handbook of Middle American indians. Univ. Texas, Texas.
- Jiménez, C. 1998. Arrecifes y comunidades coralinas de Bahía Culebra, Pacífico Norte de Costa Rica (Golfo de Papagayo). Tesis sometida a la consideración de la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Biología para optar al grado de Magister Scientiae. Universidad de Costa Rica, San José. 218 p.
- Jiménez, C. 2001 a. Seawater temperature measured at the surface and at two depths (7 and 12 m) in one coral reef at Culebra Bay, Gulf of Papagayo, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 49 (Suplemento 2): 153-161.
- Jiménez, C. 2001 b. Arrecifes y ambientes coralinos de Bahía Culebra, Pacífico de Costa Rica: aspectos biológicos, económico-recreativos y de manejo. *Revista de Biología Tropical*, 49 (Suplemento 2): 215-231.

- Jiménez, C., J. Cortés, A. León y E. Ruiz. 2001. Coral bleaching and mortality associated with El Niño 1997/98 event in an upwelling environment in the eastern Pacific (Gulf of Papagayo, Costa Rica). *Bulletin of Marine Science*, 69: 151-169.
- Jiménez, C. E. y J. Cortés. 2003. Growth of seven species of scleractinian corals in an upwelling environment of the eastern Pacific (Golfo de Papagayo, Costa Rica). *Bulletin of Marine Science*, 72: 187-198.
- Lizano, O. 1993. Propagación de las olas sobre Cabo Velas en la costa Pacífico norte de Costa Rica. *Tecnología en Marcha* 11: 49-60.
- Le Fèvre, J. 1986. Aspects of the biology of frontal systems. *Adv. Mar. Biol.* 23: 163-296.
- May-Collado, L.J. 2001. Ecología y comportamiento del delfín manchado costero, *Stenella attenuata graffmani* (CETACEA: DELPHINIDAE) del Pacífico norte de Costa Rica. Tesis de Maestría, Universidad de Costa Rica. 78 p.
- May-Collado, L.J. y J. Forcada. 2001. Abundance, Occurrence and Behavior of the coastal spotted dolphin (*Stenella attenuata graffmani*) in the northern Pacific of Costa Rica. 14th Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals, Vancouver Nov.28-Dec. 2, 2001.
- May-Collado, L.J. y A.R. Morales. 2005. Presencia y patrones de comportamiento del delfín manchado costero, *Stenella attenuata graffmani* (Cetacea: Delphinidae) en el Golfo de Papagayo, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 53: 265-276.
- May-Collado, L., T. Gerrodette, J. Calambokidis, K. Rasmussen, y I. Sereg. 2005. Patterns of cetacean sighting distribution in the Pacific Exclusive Economic Zone of Costa Rica, based on data collected from 1979-2001. *Rev. Biol. Trop.* 53: 249-263.
- McCreary, J.H. Lee y D. Enfield. 1989. The response of the coastal ocean to strong offshore winds: with application to circulations in the Gulfs of Tehuantepec and Papagayo. *J. Mar. Res.* 47: 81-109.
- Morales-Ramírez, A., R. Viquez, K. Rodríguez y M. Vargas. 2001. Marea roja producida por *Lingulodinium polyedrum* (Peridinales, Dinophyceae) en Bahía Culebra, Golfo de Papagayo, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 49: 19-23.
- Nesje, A. y T. Johannessen. 1992. What were the primary forcing mechanisms of high-frequency Holocene climate and glacier variations? *The Holocene*: 2: 79-84.
- Padilla, N. en prep. Distribución, biomasa, composición y efecto de los sedimentos en el fitoplancton de Bahía Culebra, Golfo de Papagayo, costa Pacífica de Costa Rica.
- Quirós, G. 1990. El Niño Oscilación del Sur. Univ. Nacional, Heredia, Costa Rica. 54 p.
- Ramage, C.S. 1986. El Niño. *Sci. Am.* 254: 55H-61.
- Ramírez, P. 1983. Estudio meteorológico de los Veranillos en Costa Rica. Nota de Investigación No. 15, Instituto Meteorológico Nacional, San José, Costa Rica. 24 p.
- Rasmussen, K., J. Calambokidis, G. Steiger, M. Saborío, L.J. May-Collado y T. Gerrodette. 2001. Extent of Geographic Overlap of North Pacific and South Pacific Humpback Whales on their Central America wintering grounds. 14th Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals, Vancouver Nov.28- Dec. 2, 2001.
- Rasmussen, K., J. Calambokidis y G. Steiger. 2002. Humpback whales and other marine mammals off Costa Rica and surrounding waters, 1996-2002. Report of the Oceanic Society 2001 field season in cooperation with Elderhostel volunteers. Dec. 2001. 21 p.
- Rodríguez, K. en prep. Distribución, biomasa y composición del mesozooplancton, e hidromedusas de Bahía Culebra, Golfo de Papagayo. Costa Pacífica de Costa Rica.
- Roughgarden, J., J. Pennington, D. Stoner, S. Alexander y K. Miller. 1991. Collisions of upwelling fronts with the intertidal zone: the cause of recruitment pulses in barnacle populations of central California. *Acta Oecologica*. 13: 35-51.
- Sick, M. 1989. Paleomagnetism of Ophiolite Complexes from the southern Middle American landbridge (Costa Rican and western Panamá). *Tübinger Geowissenschaftliche Abhandlungen*, Tübingen. 108 p.
- Sponberg, A.L. 2004. PCB contamination in surface sediments in the coastal waters of Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 52: 1-10.
- Wing, S., J. Largier, L. bostford y J. Quinn. 1995. Settlement and transport of benthic invertebrates in an intermittent upwelling region. *Limnol. Oceanogr.* 40: 316-329.
- Wolanski, E. y W. Hammer. 1988. Topographically controlled fronts in the ocean and their biological influence. *Sci.* 241: 177-181.
- Xie, S.P., H. Xu., W.S. Kessler y M. Nonaka, 2005: Air-Sea Interaction over the Eastern Pacific Warm Pool: Gap Winds, Thermocline Dome, and Atmospheric Convection, *Journal of Climate*, 18, 1, 5-18.
- Zárate, E. y P. Ramírez. 1989. Estudio de viento en superficie en el aeropuerto Internacional de Llano Grande, Liberia, Costa Rica. Instituto Meteorológico Nacional, San José, Costa Rica. 9 p.

Glosario

Plancton: La palabra plancton proviene del griego planktos, que significa “a la deriva”. Y es que en verdad todos aquellos organismos que se agrupan bajo este concepto realmente derivan en el agua, por lo que su distribución horizontal depende del movimiento del agua. El plancton puede encontrarse en la superficie del mar o puede estar distribuido verticalmente hasta varias decenas o centenas de metros. El plancton constituye la base de las cadenas y marañas alimenticias en los océanos y en los cuerpos de agua dulce. Sin el plancton, no tendríamos los recursos marinos que tenemos, en especial, en las zonas costeras, por lo que aquí radica en buena parte la inmensa importancia del plancton para la vida en los océanos.

CAPITULO XV

ISLAS

Marco Antonio Quesada Alpíza¹⁷

El presente capítulo se concentra sobre dos de las islas que se encuentran en el Pacífico costarricense: Isla del Coco e Isla del Caño.

Isla del Caño¹⁸

La Isla del Caño se ubica en la plataforma continental del Pacífico de Costa Rica, a aproximadamente 15 km de la costa, frente a Bahía Drake, Península de Osa. Los arrecifes de coral de esta zona se cuentan entre los ecosistemas mejor estudiados de Costa Rica y tienen gran valor como fuente de larvas y juveniles de peces e invertebrados (Guzmán 1986).

Existen cinco plataformas coralinas (o bajos arrecifales) con extensiones que van desde 0.8 hasta 4.2 hectáreas: dos al norte, una al este y dos pequeñas al sur. Están formadas en su mayor parte por corales pocilopóridos muertos con colonias aisladas de pocilopóridos y porítidos y algunos microatolones de *P. lobata* (Guzmán y Cortés 1989a). El arrecife ubicado al este de la isla es el más grande y el que tiene la mayor cobertura de coral vivo. En total, quince especies de coral formador de arrecife (Cortés y Guzmán 1998) y tres de coral ahermatípico (Cortés y Jiménez 2003) han sido identificadas en la Isla del Caño (Cuadro 1). El crecimiento arrecifal en la isla es relativamente reciente y se estima que las colonias más grandes tienen menos de 300 ó 400 años (Macintyre *et al.* 1992).

El talud y la base del arrecife están dominados por *P. lobata*, la especie más abundante en la isla (Guzmán y Cortés 1989a). Esta especie se caracteriza por ser resistente a alteraciones ambientales, por tener una alta tasa de recuperación a daños y por ser poco depredada, todo lo cual favorece su dominio en la Isla del Caño (Guzmán y Cortés 1989b). El sector sur, más expuesto a la acción de las olas, presenta extensos campos de octocorales (Guzmán y Cortés 1989a), donde se ha encontrado la mayor diversidad para el país (Breedy y Guzmán 2003). Bancos similares se encuentran al oeste (Bajo El Diablo) y entre la isla y el continente (Bajo Paraíso) (Cortés y Jiménez 2003). Las zonas poco profundas del arrecife parecen estar estructuradas por factores físicos tales como exposición por mareas bajas, oleaje y fluctuaciones en la salinidad y la temperatura. Mientras tanto, en las zonas más profundas, los factores biológicos son los que controlan la comunidad arrecifal (depredación por organismos coralívoros, algas y bioerosionadores) (Guzmán y Cortés 1989a).

¹⁷ Conservación Internacional, San José, Costa Rica, mquesada@conservation.org

¹⁸ Basado en su totalidad en Quesada y Cortés (2006)

Guzmán y Cortés (1989b) determinaron que las tasas de crecimiento de *P. lobata* y de los pocilopóridos es mayor durante la época seca. En el mismo estudio se encontró que la temperatura no parece ser un factor determinante en el crecimiento estacional de los corales y que más bien son factores como la luz (e.g., turbidez, nubosidad), salinidad y tiempo reproductivo los que podrían controlar el crecimiento.

El fenómeno de El Niño 1982-83 causó la muerte de hasta un 50% de la cobertura de coral vivo en la Isla del Caño. En general, ocurrió la mortalidad de pocilopóridos y la reducción en la abundancia de corales masivos como *P. lobata* y *Pavona* spp. (Cortés *et al.* 1984, Guzmán *et al.* 1987b, Glynn *et al.* 1988), y que los corales simbióticos perdieron zooxantelas. Sin embargo, para el Pacífico Oriental Tropical, se observó que la mortalidad más baja se dio en áreas que normalmente tienen temperaturas relativamente mayores, como en la Isla del Caño (Glynn *et al.* 1988). Durante los eventos de 1992 y 1997-98, también hubo blanqueamiento masivo de corales, pero la mortalidad fue relativamente baja (Guzmán y Cortés 2001).

Algunos corales de la Isla del Caño (e.g., *P. lobata*) tienen altas densidades de macrobioerosionadores, dentro de los que destacan los bivalvos del género *Lithophaga* y el sipuncúlido *Phascolosoma perlucens* (Fonseca y Cortés 1998). Así mismo, Guzmán (1988) indicó que organismos coralívoros como la estrella de mar *Acanthaster planci* y el pez balistido *Pseudobalistes naufragium*, afectan y limitan a la mayor parte de los pocilopóridos en el arrecife más profundo. Se ha informado que los fragmentos de *P. lobata* quebrados por *P. naufragium*, a menudo sobreviven y forman nuevas colonias, lo cual parece ser el principal mecanismo de reproducción de esta especie (Guzmán y Cortés 1989a).

Por el avanzado estado del conocimiento, la importancia biológica y fragilidad de los ecosistemas de Isla del Caño, se recomienda considerar la expansión del área marina de esta Área Marina Protegida. En el 2006, Guzmán y colaboradores iniciaran un estudio exhaustivo y reevaluación de los arrecifes de la Isla del Caño que generara información para sustentar la zonificación de esta AMP (Guzmán, com. pers.)

Isla del Coco¹⁹

Localizada en el Océano Pacífico, a 532 km de Cabo Blanco en Costa Rica, entre los paralelos N 5° 30" y 5° 34" y los meridianos 0.687° 1" y 87° 6", Isla del Coco es la única parte emergida de la cordillera submarina de Cocos, la cual se extiende en una dirección suroeste desde Costa Rica hasta casi el archipiélago de las islas Galápagos. El área fue nombrada Parque Nacional por Decreto Ejecutivo No. 8748-A, el 22 de Julio de 1978. Además, el 4 de diciembre de 1997 fue declarado como Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO y como sitio Ramsar en mayo de 1998. En la actualidad, el PN Isla del Coco tiene una extensión total de 2400 hectáreas terrestres y 97235 ha en su parte marina.

La isla fue descubierta por Joan Cabezas en 1526 y desde 1556 podía ser encontrada en el planisferio de Nicolas Desliens con el nombre de Isla del Coco. Durante los siglos VXII y VXIII fue usada como refugio para los piratas que se movían a lo largo de la Costa Pacífica de América.

Debido a sus características climáticas y ubicación sobre la Zona de Convergencia Intertropical (ZCI), es considerada como la única isla oceánica en el Pacífico Oriental Tropical con carácter pluvial. En general, su clima es dominado por la migración latitudinal de la ZCI y se considera como extremadamente lluvioso, con una precipitación anual de aproximadamente 7000 mm, lo que favorece el que la isla este cubierta por bosque tropical húmedo. Debido a su origen volcánico, su topografía es muy irregular y sus costas sumamente abruptas, con acantilados de mas de 180 m de altura.

Como otras islas oceánicas, su vegetación es relativamente pobre en términos de número de especies si se le compara con zonas continentales, pero presenta niveles relativamente altos de endemismo. En general, se ha identificado mas de 1300 especies de animales (marinos y terrestres) y mas de 300 especies de plantas (10 especies de plantas vasculares endémicas y 17 endémicas de helechos). De estas, destacan 28 especies de mamíferos (incluyendo las 5 especies terrestres introducidas), 85 de aves, 2 de reptiles, más de 250 especies de peces (3 endémicas), 362 de insectos, 3 de arañas, 57 de crustáceos, 600 de moluscos y 32 de corales.

Las aguas que rodean la isla tienen una fuerte influencia de la Contra Corriente Ecuatorial Norte (CCEN), cuya posición varia de manera estacional de acuerdo a la posición de la ZCI. Cuando la

19 Sección basada en información suministrada por el ACMIC y en Montoya (1990).

última se desplaza hacia el sur, entre febrero y abril, la CCEN es débil y su influencia sobre I. Coco es menor. Al contrario, cuando la ZCI se desplaza mas hacia el norte, durante agosto y septiembre, la isla es afectada por una fuerte CCEN (Garrison 2005, Guzmán y Cortés en prensa). De hecho, se estima que la mayor diversidad biológica se encuentra en la parte marina, en donde se pueden encontrar tiburones martillo, aleta blanca y ballena, atunes, y varias especies de mamíferos marinos, para mencionar solo algunas.

Se ha reportado que los fenómenos El Niño de 1982-83 y 1997-98 causaron mortalidades masivas de corales en el Pacífico Oriental Tropical, incluida Isla del Coco (Glynn *et al.* 1988, Guzmán y Cortés 1992). De hecho, se estima que todos los corales en I. del Coco sufrieron blanqueamientos masivos. Tras estos impactos, se llegó a considerar que la recuperación de los arrecifes de la isla sería muy lento o imposible dadas las bajas tasas de reproducción en corales observados en la región (Guzmán y Cortés, en prensa). Sin embargo, luego de estudios posteriores, Guzman y Cortés (en prensa) han revisado esta hipótesis y reportan una importante recuperación de los arrecifes de la isla, observándose un alto número de reclutas en prácticamente todos los sitios visitados y para todas las especies encontradas. De hecho, tales observaciones fueron confirmadas de manera preliminar durante una reciente expedición científica a la isla en Septiembre de 2006 (Cortés comm. pers. 2006)

Debido a sus características biológicas como alta diversidad, endemismo, carácter único a nivel regional y mundial, no cabe duda de que el P.N. Isla del Coco es un área sobre la cual el gobierno de Costa Rica debe concentrar mayor atención. Se recomienda fortalecer la investigación científica en el área y estudiar la posibilidad de ampliar el área marina protegida. Lo anterior en vista de que la isla alberga de manera permanente gran diversidad de especies de coral, vertebrados e invertebrados marinos así como, de manera temporal, especies altamente migratorias de tortugas marinas (e.g., baula), mamíferos marinos (e.g., ballena jorobada) y peces (e.g., tiburones martillo y ballena, atún, picudos). Por sus amplios patrones de movimiento y debido a que muchos de estos grupos son especies amenazadas, estos grupos podrían ser protegidos de mejor manera al ampliar el área marina protegida del P.N. Isla del Coco. Dicha ampliación debe considerar la existencia de varias montañas y mesetas submarinas (i.e., “bajos”) en los alrededores de la Isla (R. Chaverri, com. pers.) y que podrían albergar gran diversidad de organismos que, en estos momentos, no están siendo protegidos por los límites actuales del Parque. Es un hecho conocido que el fondo de los océanos es habitado por una gran cantidad de organismos, vertebrados e invertebrados y que las montañas y mesetas submarinas, en particular, son zonas de alta diversidad en el medio oceánico.

Referencias

- Breedy, O. y H.M. Guzmán. 2003. Octocorals from Costa Rica: The genus *Pacifigorgia* (Coelenterata: Octocorallia: Gorgoniidae). *Zootaxa* 281: 1-60.
- Cortés, J. y H.M. Guzmán. 1998. Organismos de los arrecifes coralinos de Costa Rica: Descripción, distribución geográfica e historia natural de los corales zooxantelados (Anthozoa: Scleractinia) del Pacífico. *Rev. Biol. Trop.* 46: 55-92.
- Cortés, J. y C.E. Jiménez. 2003. Corals and coral reefs of the Pacific of Costa Rica: history, research and status, p. 361-385. In: J. Cortés (ed.). *Latin American Coral Reefs*. Elsevier Science, Amsterdam.
- Cortés, J., M.M. Murillo, H.M. Guzmán y J. Acuña. 1984. Pérdida de zooxantelas y muerte de corales y otros organismos arrecifales en el Caribe y Pacífico de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 32: 227-231.
- Fonseca, A.C. y J. Cortés. 1998. Coral borres of the eastern Pacific: the sipunculan *Aspidosiphon* (A.) *elegans* and the crustacean *Pomatogebia rugosa*. *Pac. Sci.* 52:170-175.
- Garrison G (2005) Peces de la Isla del Cocos, 2nd edn. Edit. In- Bio, Heredia, Costa Rica
- Guzmán, H.M. 1986. Estructura de la comunidad arrecifal de la Isla del Caño, Costa Rica y el efecto de perturbaciones naturales severas. Tesis de Maestría, Univ. Costa Rica, San Pedro. 179 p.
- Guzmán, H.M. 1988. Distribución y abundancia de organismos coralívoros en los arrecifes de la Isla del Caño, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 36: 191-207.
- Guzmán, H.M. y J. Cortés. 1989a. Coral reef community structure at Caño Island, Pacific Costa Rica. *P.S.Z.N.I: Mar. Ecol.* 10: 23-41.
- Guzmán, H.M. y J. Cortés. 1989b. Growth rates of eight species of scleractinian corals in the eastern Pacific (Costa Rica). *Bull. Mar. Sci.* 44: 1186-1194.
- Guzman HM, Cortés J (1992) Cocos Island (PaciWc of Costa Rica) coral reefs after the 1982–83 El Niño disturbance.

- Rev Biol Trop 40:309-324
- Guzmán, H.M. y J. Cortés. 2001. Changes in reef community structure after fifteen years of natural disturbances in the eastern Pacific (Costa Rica). *Bull. Mar. Sci.* 69: 133-149.
- Guzman H.M. y J. Cortés. En prensa. Reef recovery 20 years after the 1982-1983 El Niño massive mortality. *Mar Biol.*
- Guzmán, H.M., J. Cortés, R.H. Richmond y P.W. Glynn. 1987. Efecto del fenómeno "El Niño Oscilación Sureña" 1982/83 en los arrecifes coralinos de la Isla del Caño, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 35: 325-332.
- Glynn, P.W., J. Cortés, H. Guzmán y R.H. Richmond. 1988. El Niño (1982-83) associated coral mortality and relationship to sea surface temperature deviations in the tropical eastern Pacific. *Proc. 6th Int. Coral Reef Symp. Australia* 3: 237-243.
- Macintyre, I.G., P.W. Glynn y J. Cortés. 1992. Holocene reef history in the eastern Pacific: mainland Costa Rica, Caño Island, Cocos Island, and Galapagos Islands. *Proc. 7th Int. Coral Reef Symp., Guam* 2: 1174-1184.
- Montoya, J. 1990. Plan de manejo: Parque Nacional Isla del Coco (documento de trabajo). Sistema de Parques y Reservas Marinas (SIPAREMA) de Costa Rica. 104 p.
- Quesada, M.A. y J. Cortés. 2006. Los ecosistemas marinos del Pacífico sur de Costa Rica: Estado del conocimiento y perspectivas de manejo. *Rev. Biol. Trop.* En Prensa.

CAPITULO XVI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES FINALES

Marco Antonio Quesada Alpízar²⁰

Costa Rica presenta una enorme diversidad de ambientes y ecosistemas marinos a lo largo de sus costas y Zona Económica Exclusiva (ZEE) (ver Atlas en Anexo). Entre otros, en el país se pueden hallar playas rocosas, arenosas y fangosas, golfos, bahías e islas que alojan ecosistemas como manglares, arrecifes coralinos, pastos marinos, estuarios, así como gran diversidad de comunidades benthicas y pelágicas, y poblaciones migratorias y residentes de invertebrados, peces, tortugas y mamíferos marinos que se desplazan a lo largo de las costas y ZEE del país (y más allá).

Sin embargo, la degradación, destrucción y fragmentación de los hábitats marinos que se observa y reporta a escala mundial no son ajenas a Costa Rica. No resulta sorprendente el hecho de que la mayor parte de las amenazas que afectan a los ecosistemas marinos son de origen antropogénico: la sobreexplotación de los recursos marinos, la pesca ilegal, no reportada y/o no regulada, la contaminación y la introducción de especies no nativas son solo algunos ejemplos. Ante tales amenazas, la necesidad de proponer e implementar nuevas medidas de manejo y conservación de los recursos marinos resulta imperante.

A pesar de que Costa Rica es conocido y reconocido en el ámbito internacional por los esfuerzos de conservación de sus recursos naturales, resulta claro que dichos esfuerzos no se reflejan de igual manera al comparar las áreas protegidas terrestres y marinas. Mientras que el país mantiene poco más de un 25% de su territorio continental bajo alguna categoría de protección y/o manejo, el porcentaje de mar patrimonial que se protege en la actualidad es de tan solo un 0.7% del total de su ZEE (Figura 10 del Atlas en Anexo). Más aún, la totalidad de estas Áreas Marinas Protegidas (AMPs) se encuentra dentro de las aguas internas y doce millas de mar territorial del país, dejando las restantes 188 millas

²⁰ Conservación Internacional, San José, Costa Rica, mquesada@conservation.org

de Zona Económica Exclusiva con pocas o ninguna medida efectiva de protección.

A pesar de que persiste cierto grado de debate internacional sobre el porcentaje apropiado de territorio marino que los estados deben proteger para garantizar la continuidad y salud de sus ecosistemas y recursos marinos, lo cierto es que todos los criterios parecen coincidir sobre la conveniencia de destinar porcentajes iguales o superiores a un 10% . (Lo anterior de acuerdo al criterio de especialistas como Daniel Pauly (2004, com. pers) y la reciente Conferencia Internacional sobre Áreas Marinas Protegidas (Australia 2005). Desde este punto de vista, los esfuerzos nacionales por garantizar la protección y manejo de sus ecosistemas y recursos marinos están muy por debajo de los estándares recomendados a nivel internacional.

Ante tal situación, y dado el interés del Gobierno de Costa Rica por estudiar la ampliación de su sistema de AMPs, (En hasta un 25% de la extensión de su ZEE.) el presente informe técnico se ha concentrado en revisar, condensar y analizar la literatura científica clave relativa al estado del conocimiento de los ambientes marinos del país. Lo anterior con el fin de generar recomendaciones que permitan guiar las futuras acciones del país en torno a la ampliación y consolidación de su sistema de AMPs, así como impulsar la zonificación espacial y temporal de la totalidad de su ZEE.

El tratamiento del tema del diseño e implementación de AMPs, exige la cuidadosa consideración de las múltiples diferencias que existen entre los ecosistemas terrestres y marinos. No solo se trata de distintos ambientes físicos en que se desarrollan e interactúan los organismos; existen considerables diferencias en cuanto a los procesos evolutivos y ecológicos que los afectan y los patrones de uso e impacto humano a los que están sujetos.

Estas variables plantean dudas fundamentales en cuanto al diseño de las AMPs, sobretodo en cuanto a 1) ¿qué tan grandes deben ser?, 2) ¿cuántas deben existir? y 3) ¿en donde deben estar localizadas? (Carr *et al.* 2003). Al respecto, la literatura y experiencia internacional parecen indicar que la respuesta a estas preguntas fundamentales sobre el diseño de AMPs no debe ser determinada únicamente por la información científica disponible. La toma de decisiones debe de considerar y balancear, además de criterios biológicos, aspectos de índole económica, política y social.

Sin embargo, el carácter limitado del conocimiento científico que existe, en particular, para el caso de los ecosistemas marinos, hace necesario que la toma de decisiones sea guiada por el Principio Precautorio. De acuerdo a este argumento, en casos en los que la información científica sea insuficiente (e.g., para demostrar daño ambiental), debe procederse con precaución al momento de tomar una decisión. Esta precaución, debe ejercerse en la dirección que favorezca la protección al ambiente. De lo contrario, el argumento de “información científica insuficiente” podría ser usado indefinidamente para tomar decisiones contrarias a la salud de los ecosistemas marinos.

La aplicación del principio precautorio debe ser vista como una medida que busca proteger tanto la integridad de los ecosistemas marinos como promover el uso prolongado y adecuado de sus recursos, y su investigación. Si bien es cierto que las decisiones que se deriven a partir de este marco de pensamiento tendrán costos para muchos grupos interesados (e.g., gobierno, usuarios), también traerán beneficios a largo plazo para estos grupos y el país en general. Sin duda, el balance de costos y beneficios será más favorable a largo plazo al implementar dicho principio, si se comparan con los potenciales resultados de decisiones “corto-placistas” que obvian diversas consideraciones técnicas-ambientales.

Ambientes marino costeros de Costa Rica

Sobre la base de lo expuesto en los 15 capítulos anteriores, el presente informe permite identificar al menos ocho áreas del país que, debido sus características biológicas y ecológicas, requieren de urgente atención por parte del Gobierno de Costa Rica. Estas son:

Sector Pacífico:

- Golfo de Papagayo y Bahía Culebra
- Golfo Dulce
- Isla del Caño
- Sistema Sierpe-Térraba
- Golfo de Nicoya
- Isla del Coco

Sector Caribe

- Caribe Norte (PN Tortuguero)
- Caribe Sur (RNVS Gandoca-Manzanillo)

De estas, dos áreas en particular revisten mayor importancia como “puntos calientes” dada su alta diversidad de especies y ecosistemas marinos, su carácter único en el ámbito regional, y su falta de protección (Fig. 7 del Atlas en Anexo): Golfo de Papagayo y Golfo Dulce. Estas dos áreas presentan una alta variedad de hábitats que favorecen la presencia de una alta diversidad biológica. Sin embargo, las restantes seis áreas mencionadas anteriormente son consideradas también como de alta prioridad para los intereses del país.

A continuación, se detallan los criterios que permiten señalar a las ocho regiones mencionadas anteriormente como de importancia para el país.

GOLFO DE PAPAGAYO

Bahía Culebra y el Golfo de Papagayo representan una zona de enorme importancia para el país. En primer lugar, se ubican en el Pacífico norte de Costa Rica, en una zona rodeada por parches de bosque tropical seco (el agua dulce es un recurso limitante) y por un creciente desarrollo costero y turístico.

Desde el punto de vista oceanográfico, la zona se distingue por presentar un sistema de afloramiento costero temporal durante los meses de época seca y por recibir influencia temporal del sistema de afloramiento del Domo de Costa Rica. De hecho, Golfo de Papagayo es, junto con el Golfo de Tehuantepec y el Golfo de Panamá, uno de los tres lugares del Pacífico Oriental Tropical en donde se dan afloramientos costeros temporales de esa intensidad. Esto, combinado con su morfología, lo hace un ambiente –física y biológicamente- muy diferente de los golfos de Nicoya y Dulce.

El golfo de Papagayo es una de las zonas más diversas del país, con 16 especies de corales formadores de arrecifes. Además, existen parches de pastos marinos y algunas extensiones de bosque de manglar. Estos ambientes tropicales (arrecifes, pastos y manglares) se distinguen por ser altamente diversos y productivos y son cumplen un importante papel dentro de la red trófica y la biología de la zona. Además, la región se distingue por presentar una considerable actividad de mamíferos marinos como delfines y ballenas jorobadas (que migran desde Norte América).

El desarrollo costero excesivo y no regulado representa una amenaza para este sistema debido a que se podría favorecer la sedimentación y degradación de los arrecifes de coral y manglares. El uso de fertilizantes en cultivos y campos de golf, así como la descarga de aguas negras y contaminantes son riesgos reales que deben de mitigarse a tiempo antes de que afecten de manera irreversible a estos y otros ecosistemas marinos.

Por tratarse de una zona con una alta actividad temporal de tortugas marinas y mamíferos marinos así como una alta diversidad béntica, se recomienda la estricta regulación espacial y temporal de las actividades de pesca de arrastre dentro de la plataforma continental en la zona del Golfo y otras AMPs cercanas. Además, se recomienda la regulación estricta del buceo, la observación de mamíferos marinos y de aquellas actividades asociadas a la extracción de peces y organismos marinos que son usados como especies ornamentales. Se ha reportado que esta última actividad, por su poca regulación y prácticas de extracción, constituye una verdadera amenaza para los organismos vertebrados e invertebrados que se extraen, así como para los arrecifes de la zona. El sólo comparar los ingresos económicos de actividades extractivas (e.g., de peces) y no extractivas (e.g., buceo recreativo) basta para concluir que la extracción de organismos arrecifales a la tasa actual tiene beneficios económicos muy limitados para la región y no sostenibles en el tiempo. Finalmente, vale la pena recalcar el gran riesgo potencial que presenta establecimiento de marinas en una zona con tan alta riqueza arrecifal y biológica en general.

El establecimiento de un AMP en la zona de golfo de Papagayo, que incluya áreas para distintos usos (incluyendo áreas de reserva) es altamente recomendado. Lo anterior con el fin de balancear los distintos usos que se le da a los recursos marinos de la zona, con los esfuerzos de protección de dichos recursos. Además de la importancia biológica del golfo, existe a la fecha una buena línea base de conocimiento que podría apoyar acciones de manejo.

El establecimiento a mediano plazo de una red de pequeñas reservas a lo largo de la costa Gua-

nacasteca es un segundo paso recomendado para garantizar el mantenimiento de los ecosistemas y especies marinas así como de la potencial conectividad que existe entre estos ecosistemas (Ver capítulo XIV: Golfo de Papagayo).

GOLFO DULCE

Al igual que el Golfo de Papagayo, Golfo Dulce es una zona de especial importancia debido a sus características morfológicas y oceanográficas (Ver capítulo XII: Golfo Dulce). En particular, Golfo Dulce se distingue por tener una morfología y patrones de circulación y distribución de organismos que se asemejan a los de fiordos de latitudes altas. De hecho, es uno de tan sólo cuatro sistemas de este tipo que existen en los trópicos del mundo y el único en la costa continental del Pacífico Americano.

En general, Golfo Dulce es un sistema con una productividad de baja a moderada (que debe ser considerada apropiadamente en el manejo de sus pesquerías), con características que asemejan más las de un sistema oceánico que uno estuarino. Las aguas de su cuenca interna, por debajo de los 100 m de profundidad, se caracterizan por ser hipóxicas o anóxicas y son renovadas durante períodos de entrada de agua oceánica rica en oxígeno disuelto y nutrientes. A diferencia del Golfo de Nicoya, el ingreso de agua dulce al Golfo no es significativo.

El Golfo Dulce posee además extensiones arrecifales (sobretudo en su parte externa, incluyendo las colonias más grandes de Pavona frondifera encontradas en el Pacífico Oriental) y de manglar que sin duda alguna juegan un papel fundamental en el mantenimiento de otros grupos como peces y delfines y que reciben importantes presiones antropogénicas. Las zonas de manglar, además, son de vital importancia para la economía y supervivencia de algunas comunidades costeras que dependen de algunos de sus recursos.

Al igual que para el caso del Golfo de Papagayo, existe una buena línea base sobre la oceanografía y biología del Golfo Dulce que facilitaría el diseño e implementación de un plan de manejo para la zona. Se recomienda asignarle una categoría de manejo a Golfo Dulce e implementar una zonificación que incluya áreas de uso, extractivas y no extractivas, así como áreas de reserva que permitan conservar al sistema de una manera integral y prevenir que tanto la cuenca de sus ríos como el Golfo mismo se degraden.

ISLA DEL CAÑO Y SISTEMA DE MANGLARES DE SIERPE-TÉRRABA

Como se detalla en el capítulo XV, la Isla del Caño cuenta con importantes extensiones y plataformas arrecifales que se encuentran entre los ecosistemas mejor estudiados de Costa Rica. Estos arrecifes, con toda la diversidad de vertebrados e invertebrados que guardan, constituyen una fuente de larvas y juveniles de peces e invertebrados que habitan la región.

Además, las aguas de la Isla del Caño son habitadas y utilizadas por poblaciones de delfines y otras especies de mamíferos marinos, como ballenas jorobadas (que migran desde la península Antártica). Debido a lo anterior, la Isla del Caño se puede considerar como un sistema único en el Pacífico costarricense por su importancia biológica (además de cultural y arqueológica) y su fragilidad.

En la actualidad, actividades como la observación no regulada de mamíferos marinos (incluyendo sobre vuelos), así como el poco control existente sobre actividades como el “snorkeling”, buceo recreativo y anclaje de botes en los alrededores de la isla requieren de atención urgente. Además, la pesca deportiva y comercial, en particular la pesca de arrastre, se ciernen como importantes amenazas a los ecosistemas de la isla. Debido a lo anterior, se recomienda la expansión y zonificación del AMP de Isla del Caño.

En 2006, un grupo de científicos del Smithsonian Tropical Research Institute (STRI) y el CIMAR de la Universidad de Costa Rica (mismos que han generado la mayor parte de la información científica existente) iniciarán un proyecto de investigación de los arrecifes de la isla del Caño con el objetivo de mapearlos y generar criterios actualizados sobre su estado y que permitan implementar una zonificación adecuada del área. Al igual que en las áreas discutidas con anterioridad, existe una importante línea base de conocimiento sobre los arrecifes del AMP.

Un área cercana a la Isla del Caño y de gran importancia biológica a escala nacional y regional es el sistema de manglares de Sierpe-Térraba. Como se discute en el capítulo III del presente informe, los manglares, en general, presentan una variedad de ambientes distintos y gradientes de salinidad que hacen de este ecosistema uno de los más ricos en fauna del planeta. De hecho, la mayor parte de

las especies comerciales de moluscos (e.g., pianguas), crustáceos (e.g., camarones) y vertebrados (e.g., peces) de interés comercial que habitan las zonas costeras tropicales del mundo se reproducen, crecen y/o alimentan en estos ecosistemas. Los manglares son además, refugio y hábitat de gran cantidad de especies de invertebrados (e.g., insectos), anfibios, reptiles, aves y mamíferos.

Con respecto a la importancia del manglar de Sierpe-Térraba basta mencionar que su extensión representa el 40% de la cobertura de manglar del país. En esta zona se encuentran los manglares más altos y estructuralmente desarrollados del país. Además, es un sistema muy bien estudiado y uno de los más importantes sitios Ramsar en Costa Rica. En estos manglares crecen, se reproducen y alimentan especies de importancia comercial como pianguas, pargos, sardinas, cabrillas, jureles, tiburones, róbalo y sábalo. De ellos dependen múltiples comunidades biológicas así como varias comunidades humanas.

Como otros manglares del país, los de Sierpe-Térraba son protegidos por la legislación nacional. Sin embargo, esta protección en el papel ha probado no siempre ser efectiva. La sobre explotación de recursos, la tala del bosque de manglar, el uso de artes ilegales de pesca, y la expansión de la frontera agrícola son amenazas permanentes. A esto se le agrega la construcción de una represa hidroeléctrica sobre el cauce del Río Grande de Térraba y que traerá consecuencias importantes sobre el manglar al alterar los caudales y cargas de nutrientes y sedimentos que descarga dicho río.

En vista de lo anterior, se recomienda fortalecer la protección que reciben los sistemas de manglar en el país, en general, y los de Sierpe-Térraba, en particular. Además, se recomienda crear un AMP en la parte externa del sistema, que se extienda al menos hasta los límites del frente riverino de los ríos Sierpe y Térraba. Como en casos anteriores, dicha área deberá contener una adecuada zonificación que incluya zonas de reserva y zonas destinadas a distintos tipos de uso. Dicha zonificación debe realizarse teniendo en mente tanto la importancia biológica que a escala regional tiene el área, como la importancia que dichos recursos representan para el desarrollo y supervivencia de las comunidades aledañas. Se recomienda eliminar el uso de artes de arrastre de fondo en la futura AMP debido al alto impacto que estas artes tienen sobre los ecosistemas marinos de la zona.

En vista de la cercanía de la Isla del Caño de la zona de Sierpe-Térraba, así como del PN Corcovado y de una zona costera que en general se mantiene con bajos niveles de desarrollo costero, se recomienda considerar la posibilidad de crear un gran AMP que incluya a estas tres grandes, diversas y distintas áreas del país. Como se ha planteado con anterioridad, esta AMP tendría áreas de reserva y otras destinadas a distintos tipos de uso. Entre otras cosas, dada la gran actividad de mamíferos marinos en el área y el crecimiento en la oferta de empresas de observación turística de estos animales, se recomienda la pronta regulación de estas actividades en el área, incluyendo la fijación de límites de embarcaciones autorizadas para ejercer la actividad, el uso de motores de cuatro tiempos y la definición de zonas en las que se puede desarrollar dicha actividad. Además, se recomienda la expansión del AMP del PN Corcovado a al menos 3 millas, debido a que su actual extensión de 500m se considera insuficiente para proteger los recursos del área de manera efectiva.

GOLFO DE NICOYA

El Golfo de Nicoya es, sin lugar a dudas, el sistema marino costero mejor conocido del país y probablemente de la región (Ver capítulo XIII: Golfo de Nicoya). El Golfo de Nicoya es un sistema estuarino tropical y el más productivo e importante de la costa Pacífica de Costa Rica. Cuenta con más de 20 manglares que cubren aproximadamente 112 Km de su línea costera, los cuales son parte fundamental de la alta productividad y características biológicas del sistema. De hecho, debido a su carácter estuarino y amplia cobertura de manglares, el golfo es un área de suma importancia como zona de crianza, alimentación y reproducción de una gran variedad de organismos marinos, muchos de los cuales son de interés comercial.

El Golfo de Nicoya ha recibido gran atención por parte de la comunidad científica nacional e internacional y ha sido objeto de varios esfuerzos de restauración y manejo de sus recursos. Debido a la existencia de documentos detallados que han sido planteados con el objetivo de restaurar y manejar al Golfo de Nicoya, el presente informe se limitará a señalar algunos puntos fundamentales para avanzar en el manejo de este sistema. En general, se recomienda fortalecer la protección sobre los sistemas de manglar que rodean al Golfo de Nicoya y los arrecifes que se encuentran en su parte externa. Como se ha detallado anteriormente, estos son parte fundamental del ciclo de vida de múltiples especies.

Además, y en vista del importante papel que juegan los ríos Tempisque, Barranca y Tárcoles dentro del sistema estuarino del golfo, el buen manejo de estas cuencas es de gran importancia para avanzar en su recuperación. Gran parte de los contaminantes, sedimentos y exceso de nutrimentos que entran al golfo lo hacen por medio de la descarga de estos tres ríos. Adicionalmente, se recomienda, el establecimiento de una red de pequeñas reservas dentro del Golfo de Nicoya y avanzar en la zonificación de este sistema.

Debido al alto número de grupos interesados y usuarios, directos e indirectos que habitan en las inmediaciones del Golfo de Nicoya, los procesos de manejo, zonificación y establecimiento de áreas protegidas en la zona deben seguir un cuidadoso proceso de consulta y validación por parte de estos grupos, el sector académico y el gobierno. Finalmente, resulta importante asegurar que se implementen correctamente las medidas de manejo pesquero (vedas, control de desembarcos, etc.) recomendadas por INCOPECA. Dada la complejidad natural y social de la zona, la recuperación y manejo del Golfo de Nicoya debe continuar considerándose como una prioridad para el país.

ISLA DEL COCO

Debido a sus características biogeográficas, Isla del Coco es considerada como la única isla oceánica de carácter pluvial del Pacífico Oriental Tropical (Ver capítulo XV: Islas). La posición de Isla del Coco favorece el que reciba la influencia de fenómenos oceanográficos y atmosféricos, como corrientes submarinas y sistemas de aflujamiento. Además, la gran distancia que separa la isla del continente Americano representa una fuente de aislamiento biológico que ha favorecido la divergencia de especies endémicas de plantas, reptiles, aves y peces. De hecho, es probable que el nivel de endemismo que existe en las aguas de Isla del Coco (3 especies endémicas de peces, 1 de coral) este siendo subestimado en estos momentos, sobre todo en cuanto a organismos invertebrados y peces, debido a la falta de un mayor esfuerzo de investigación.

Los ambientes marinos de Isla del Coco albergan, además, un gran número de especies de corales formadores de arrecife (la mayor diversidad en el Pacífico de Costa Rica), equinodermos, moluscos, crustáceos, peces y mamíferos que habitan sus aguas de manera temporal y/o permanente. Debido a la posición de la Isla en el océano Pacífico, se le considera un punto angular para el transporte de larvas de vertebrados e invertebrados que habitan en ambos extremos del océano Pacífico.

Dado el carácter de Patrimonio de la Humanidad de la isla, la UNESCO ha emprendido la consideración de las especies que habitan la isla, como tiburones ballena y martillo, como especies Patrimonio de la Humanidad. Para Costa Rica, el tener un sitio Patrimonio de la Humanidad, como Isla del Coco, no sólo debe representar un gran orgullo, sino una enorme responsabilidad.

Se debe considerar que, además del territorio de Isla del Coco, existe un número de montañas y mesetas submarinas poco profundas que, aunque no han sido exploradas, se sabe que guardan una gran diversidad y abundancia de organismos. Lo anterior ha sido comprobado en ambientes similares alrededor del mundo. Las montañas submarinas son “islas” sumergidas que, gracias a su relativa baja profundidad, son sitios frecuentemente asociados a la presencia de frentes oceánicos de alta productividad y en donde se agregan y refugian gran número de especies e individuos. Alrededor del mundo, la enorme diversidad de las montañas submarinas está siendo degradada por actividades pesqueras, en particular de embarcaciones que usan artes de pesca de arrastre de fondo profundo, las cuales literalmente destruyen y arrasan los fondos submarinos de estas áreas.

El AMP de PN Isla del Coco incluye las 12 millas de mar territorial que la rodean. A pesar de que el nivel de protección de las aguas del AMP de Isla del Coco ha mejorado sustancialmente en los últimos años, aún existen reportes de embarcaciones atuneras extranjeras que, utilizando las facilidades tecnológicas de las que disponen, extraen recursos de aguas del AMP.

Ante esta situación y en vista de la importancia de las montañas submarinas como sitios de agregación de especies, se recomienda la expansión del AMP del PN Isla del Coco de manera que sus límites protejan estos sitios. Esta necesidad se ve reforzada por el amplio rango de movimiento que tienen especies consideradas como Patrimonio Mundial (e.g., tiburones martillo y ballena) que se agregan en Isla del Coco y en particular, debido al estado de desprotección en el que se encuentran las montañas submarinas del Pacífico Oriental Tropical. La falta de conocimiento que existe por las montañas submarinas que rodean la Isla del Coco debe verse como una razón para proceder de acuerdo a los lineamientos del Principio Precautorio y proteger estos hábitats.

La expansión de los límites del parque no sólo le dará oportunidad a Costa Rica de proteger, por primera vez, una porción de su ZEE más allá de los límites del Mar Territorial, pero además de ser el primer país de la región que intencionalmente incluye montañas submarinas dentro de un AMP. Lo anterior será, ante todo, una muestra de responsabilidad internacional de Costa Rica ante la región y el mundo; responsabilidades que el país asumió hace décadas, cuando reclamó una ZEE y más tarde ratificó la Convención del Derecho del Mar.

CARIBE NORTE

Los más de 50 años de esfuerzos de investigación y conservación por parte de la Caribbean Conservation Corporation (CCC) y el Gobierno de Costa Rica en lo que es hoy el PN Tortuguero son un ejemplo de conservación para el mundo. Además de ser una de las playas de anidación de tortugas más importantes en el mundo, el sector norte del Caribe de Costa Rica es una zona habitada por manatíes y especies de importancia comercial como langostas espinosas, sábalos y róbalos.

En primer lugar, se considera necesario darle un mayor apoyo a la investigación científica en la zona y estimar la conveniencia de expandir el AMP del PN Tortuguero (de manera permanente o estacional) de acuerdo a nuevas evidencias científicas sobre uso de hábitat y distribución de tortugas durante la temporada de anidación. Lo anterior en vista del grave estado de amenaza bajo el que se encuentran las distintas especies de tortugas marinas alrededor del mundo. Nuevas investigaciones están empezando a arrojar luz sobre el uso de frentes oceánicos frente a la costa limonense por parte de tortugas adultas y juveniles, así como de ciertos sectores de la costa Atlántica durante la época de animación. (Tröeng 2005, com. Pers) Estas evidencias deben ser consideradas oportunamente con el fin de adaptar los esfuerzos de conservación que realiza el país en esta región.

CARIBE SUR

El sector sur de la costa Caribe de Costa Rica contiene los principales arrecifes del Caribe. Es importante tener en cuenta que los arrecifes del Caribe de Costa Rica son totalmente distintos de los que se encuentran en el Pacífico, con los que no comparte ninguna especie de corales formadores de arrecifes. Los arrecifes del Caribe no sólo son más diversos que los del Pacífico, sino que son más grandes y mejores desarrollados estructuralmente. A pesar de esto, se encuentran amenazados por las altas descargas de sedimentos que ocurren a través de los ríos que desembocan en la zona del Caribe. De hecho, el Caribe sur es una de las dos zonas más afectadas del país a causa de esta amenaza. Este es un problema grave, que se ha arrastrado por décadas y que urge de una solución. Esta solución se encuentra en la regulación de las extensas regiones de cultivo de banano y piña en la vertiente Caribe.

En particular, es importante señalar que en el RNVS Gandoca-Manzanillo se puede encontrar importantes playas de animación de tortugas, parches arrecifales y lechos de pastos marinos. Además, los manglares de Gandoca son los más importantes del Caribe costarricense y las aguas frente a Gandoca han sido identificadas como sitio de crianza para la langosta espinosa, un importante recurso para la región. Finalmente, este sector tiene la única población del país del delfín de Guyana.

Además, el PN Cahuita presenta la más importante plataforma arrecifal del Caribe costarricense. Esta se encuentra actualmente amenazada por las altas descargas de sedimentos provenientes de ríos como La Estrella y por la falta de una adecuada zonificación que permita manejar las distintas presiones de uso que existen sobre los recursos del parque (e.g., buceo, “snorkeling”, investigación, etc.).

El rápido crecimiento de la construcción de infraestructura turística en esta región del Caribe, con la consiguiente degradación de los arrecifes debido al buceo y “snorkeling” recreativos y no regulados, la extracción y pesca no regulada de recursos marinos y la descarga, cada vez mayor, de aguas negras y no tratadas al mar, están contribuyendo al rápido deterioro de los ecosistemas marinos de esta región. Se recomienda la ampliación del AMP asociada al RNVS de Gandoca-Manzanillo, la aplicación de las regulaciones existentes y la zonificación del AMP con el fin de garantizar la existencia de zonas de reserva y de usos varios.

En general, el país requiere replantear de manera urgente sus esfuerzos de conservación en lo concerniente a la protección y conservación de sus recursos marinos. Si bien es cierto que áreas protegidas como la Isla del Coco, Isla del Caño y Tortuguero son verdaderos ejemplos de conservación en el ámbito mundial, es mucho lo que aún resta por hacer en Costa Rica. Una necesidad primaria que es planteada en repetidas ocasiones a lo largo del presente informe, es la de mejorar el estado del

conocimiento científico básico y aplicado en el país. El tener acceso a la mejor información científica disponible permitirá tomar decisiones adecuadas y adaptar las actuales estrategias de manejo.

El interés del Gobierno de la República en ampliar la red de AMPs del país (más allá del actual 0.7% de la ZEE) y zonificar parte o la totalidad de la ZEE es un paso en la dirección correcta más no debe ser visto como una meta fija. Esto por cuanto el estado de los recursos marinos del país también depende de los esfuerzos que se realicen en materia de conservación y restauración de cuencas, tratamiento de desechos y aguas residuales, regulación del desarrollo de infraestructura costera y planificación de desarrollo turístico costero.

Las zonas costeras de Costa Rica cuentan con arrecifes considerados como poco comunes a escala mundial (e.g., Bahía Culebra, Golfo de Nicoya y Golfo Dulce). Se recomienda la pronta tramitación del decreto “Protección de los ecosistemas coralinos costarricenses dentro y fuera de áreas protegidas” como un primer paso para la protección de dichos ecosistemas.

Costa Rica también tiene la ventaja de contar con un gran número de playas de importancia mundial para la anidación de tortugas (ver Anexo 1 en capítulo XI). Lo anterior es más que un privilegio con el potencial de generar importantes beneficios económicos a comunidades locales y al país en general; esta característica biogeográfica le confiere a Costa Rica una enorme responsabilidad en cuanto a la protección de un grupo de animales que se encuentra severamente amenazado a nivel mundial. La protección de playas de importancia para la anidación de tortugas debe ser una prioridad, no de un gobierno, sino de un país que se precia por su conciencia y responsabilidad conservacionista. Adicionalmente, se deben promover medidas que protejan a estos animales de morir a causa de factores como contaminación y el uso de ciertos artes de pesca de alto impacto. El mejor estado actual del conocimiento sobre rutas de migración de tortugas marinas y otros grupos pelágicos debe ser una herramienta para la ampliación y zonificación de AMPs en la ZEE de Costa Rica.

El estado de los recursos pesqueros (moluscos, crustáceos, peces) del país también requiere de urgente atención. En la actualidad, la mayor parte de las capturas del país recae en especies pelágicas altamente migratorias y que requieren de esfuerzos regionales de manejo. Sobre este tema, se recomienda la ratificación de la Convención de Bonn para la protección de especies silvestres migratorias. Asimismo, es urgente reforzar los controles sobre las descargas pesqueras, en particular de tiburones, y mejorar la recolección de datos sobre variables como especie, tamaño y sexo de estos animales (ver capítulos VII-IX). Mejores estadísticas permitirán tomar mejores decisiones de manejo. Sobre el tema de tiburones, también es urgente mejorar el estado del conocimiento científico respecto a la identificación de zonas de crianza y comportamiento de tiburones en las márgenes de la plataforma continental del país.

La deficiente regulación de las pesquerías del país esta relacionada al posible deterioro del estado de otros recursos marinos como tortugas, mamíferos marinos y sistemas benthicos, entre otros. Asociado a esto, la compleja situación socio-económica del sector pesquero y comunidades costeras del país debe recibir mayor atención de parte del Estado, ya que es una parte integral del problema de las pesquerías y por lo tanto, debe ser una parte integral de la(s) solución(es).

Otro aspecto que requiere de urgente atención es la mitigación de la contaminación química y sónica que producen las embarcaciones. En particular, se llama la atención sobre el creciente número de embarcaciones dedicadas a actividades turísticas que operan dentro y fuera de las áreas protegidas del país (e.g., Manuel Antonio, Santa Rosa, Ballena, Isla del Caño, Tortuguero, manglares del país). Es necesario regular estas actividades y considerar el que los operadores turísticos paguen por el ingreso a las AMPs del país y el uso de sus recursos (e.g., uso de playas, observación de mamíferos marinos, buceo recreativo, “snorkeling”, navegación, etc.).

En general, el país debe estudiar la ampliación de todas las AMP hasta un límite mínimo de 3 millas náuticas y estudiar la posible ampliación de otras AMPs que así lo requieran. Lo anterior debe ser parte de un proceso tendiente a alcanzar la protección de al menos un 10% de la ZEE de Costa Rica. Este objetivo debe buscar la creación de redes de AMPs, tanto en la zona costera como oceánica del país. El diseño de AMPs debe buscar proteger la mayor diversidad de hábitats (e.g., arrecifes coralinos, manglares, playas, montañas submarinas) y especies posible, ya que este factor esta asociado directamente con la diversidad de especies que se logra proteger.

Finalmente, se desea recalcar que, a pesar de que ecosistemas como manglares, arrecifes de coral y pastos marinos, o grupos como tortugas y mamíferos marinos reciben considerable atención, la protec-

ción de los ecosistemas marinos del país debe ser integral y considerar la eventual zonificación (entendida como un ordenamiento de distintos tipos de actividades extractivas y no extractivas) de la ZEE.

Anexo 1

ATLAS MARINO COSTERO DE COSTA RICA

Ana C. Fonseca E.²¹

Se compilaron los mapas de recursos y ecosistemas marino costeros de Costa Rica existentes en diversas organizaciones en un CD. Para algunos mapas existe un archivo en formato de texto (*.txt) o de página electrónica (*.html) con los “metadatos” que describen los detalles de producción. A continuación se hace un análisis integral preliminar de los diferentes mapas.

Mapas de arrecifes coralinos, pastos marinos y manglares de Costa Rica (SIGMAR)

Los mapas de arrecifes coralinos, pastos marinos y manglares se crearon en SIGMAR como mapas de puntos con base en la ubicación aproximada y relativamente independiente dada por diferentes referencias (ver meta-datos de cada mapa). Cada punto representa una coordenada central en un área donde han sido reportados estos ecosistemas.

El mapa de arrecifes coralinos (Figura 1) contiene las unidades de formación arrecifal sólida y no incluye las comunidades de colonias de coral dispersas. En los arrecifes donde se han hecho estudios cuyos resultados se han publicado, se incluyeron datos de cobertura de coral vivo por períodos de 10 años, comenzando por la década de los 80's (Figuras 2,3,4), y su correspondiente referencia científica.

En total se reportan 10 unidades de arrecifes coralinos en nuestra costa Caribe y 42 en nuestra costa Pacífica, con un total de 52 arrecifes para Costa Rica. En la década de los 80's la cobertura de coral vivo de los arrecifes de Isla del Caño y el Caribe era regular con un rango entre 31 y 40%. En los años 90, la cobertura de los arrecifes de la Isla del Caño se mantuvo, la de los arrecifes del Caribe se redujo drásticamente con un rango entre 11 y 20%, mientras que los arrecifes del Golfo de Papagayo se encontraron en muy buen estado (40-60%), y los de Isla del Coco y Golfo Dulce con una cobertura relativamente baja de 11 a 20%. En lo que va de la década de los 00's, el estado de los arrecifes de Isla del Caño empeoró a 11-20%, el de los arrecifes del Caribe y Golfo Dulce sigue mal y en Papagayo se sigue encontrando buena cobertura.

²¹ Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR), Universidad de Costa Rica, San José 2060, Costa Rica, afonseca@cariari.ucr.ac.cr

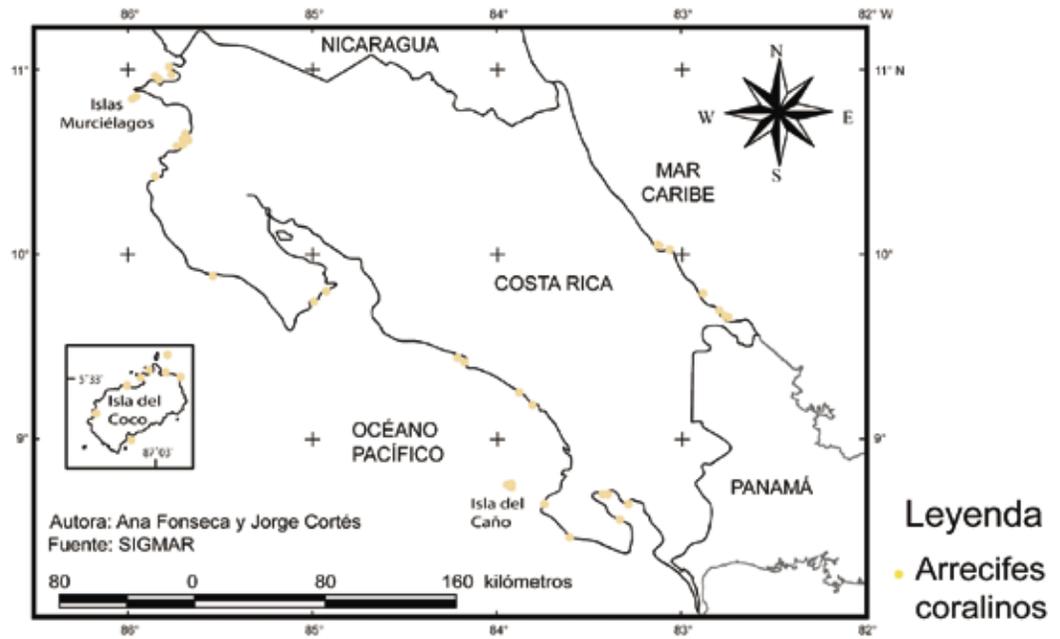


Figura 1. Arrecifes coralinos de Costa Rica

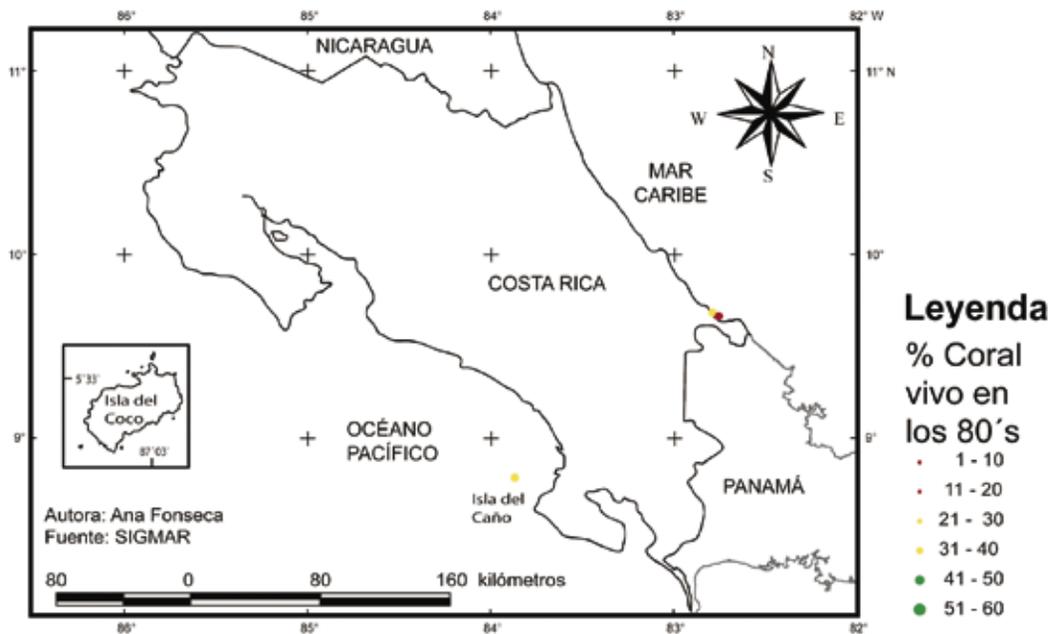


Figura 2. Estado de los arrecifes coralinos de Costa Rica en la década de los 80

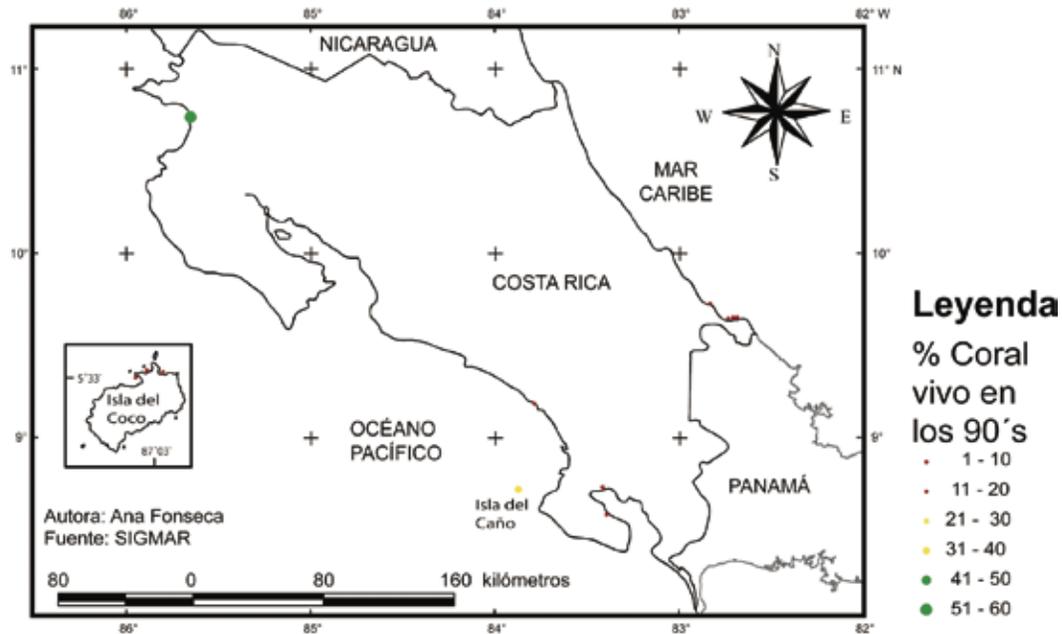


Figura 3. Estado de los arrecifes coralinos de Costa Rica en la década de los 90

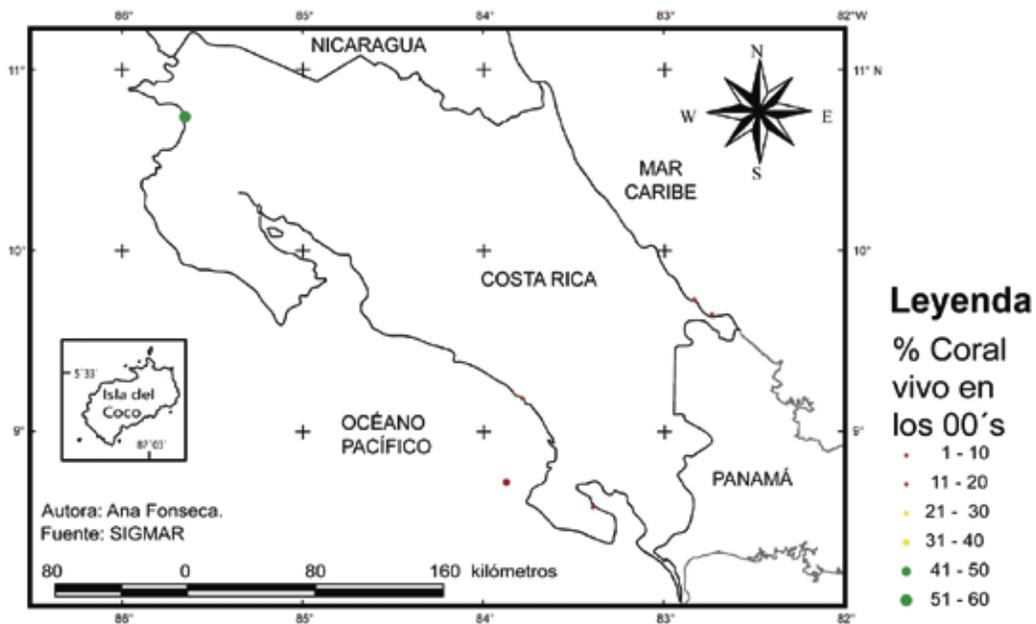


Figura 4. Estado de los arrecifes coralinos de Costa Rica en la década de los 00

En total se identificaron 5 localidades con presencia confirmada de pastos marinos (Fig. 5), 3 en el Caribe (Cahuita, Manzanillo y Punta Mona) y 2 en el Pacífico (P.N. Marino Ballena y Bahía Culebra), con datos en algunos casos sobre status, especie dominante, promedios de área (m²), densidad (m²), biomasa (mg/m²), largo (cm) y ancho (cm) de hojas, índice de área foliar (LAF), productividad (g/ m²/ día), y su respectiva referencia.

En el mapa de puntos de los manglares (Fig. 6) se identificaron 127 unidades, 5 en el Caribe y 122 en el Pacífico, con su respectiva referencia. Algunos tienen datos de área y precipitación. Para el manglar de Gandoca, además, se da información sobre promedios de altura, diámetro, biomasa según Golley *et al.* (kg/ m²), densidad (árboles/10 m²) y productividad de árboles (m), y altura de plántulas (cm).

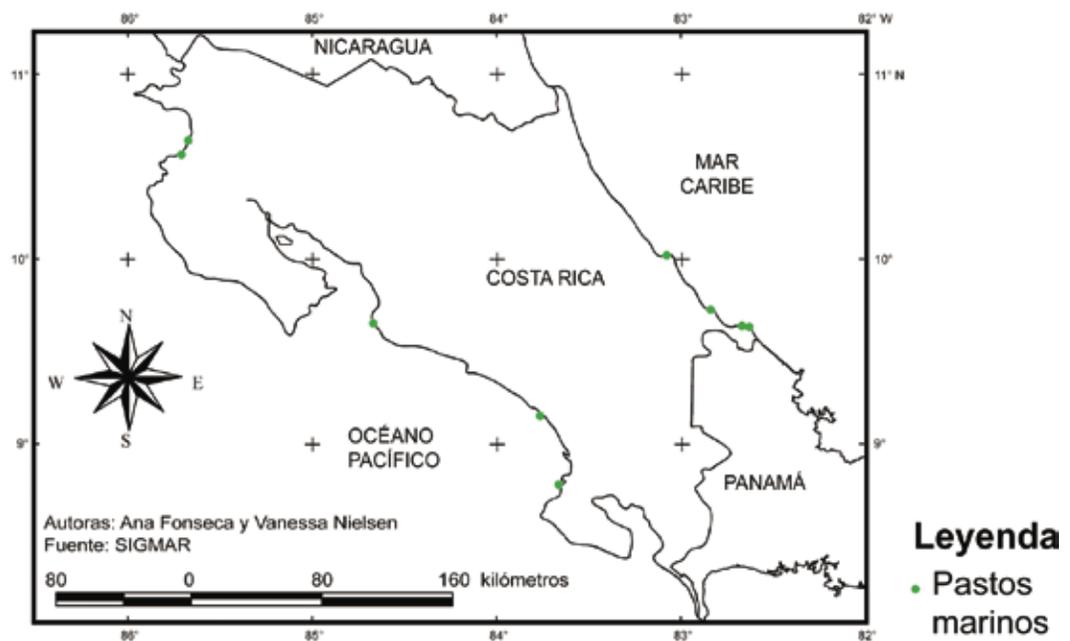


Figura 5. Pastos marinos de Costa Rica.

Figura 5. Pastos marinos de Costa Rica



Figura 6. Manglares de Costa Rica

Traslapando la capa de arrecifes, pastos marinos y manglares con la capa de Áreas Marinas de Uso Múltiple (AMUM) se sumó el número de ecosistemas costeros por AMUM (Cuadro 1):

Cuadro 1. Cantidad de localidades de arrecifes coralinos, pastos marinos y manglares por AMUM.

AMUM	# arrecifes coralinos	# pastos marinos	# manglares
Caribe Norte	-	-	-
Caribe Sur	7	3	2
Pacífico Norte	14	1	20
Golfo de Nicoya	2	-	42
Pacífico Sur	9	1	8
Golfo Dulce	4	-	16
Isla del Coco	8	-	-

El Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), está compuesto por un total de 105 áreas silvestres protegidas, de las cuales 23 colindan o poseen terreno en el mar, de ellas dos son exclusivamente marinas (Parque Nacional Marino Las Baulas y Parque Nacional Marino Ballena). La extensión marina protegida es de 383 256 ha, lo que representa un 23% del total de área protegida en Costa Rica (García 1997), lo que constituye un 5.9% área total del país (terrestre y marina). De las 23 áreas protegidas, 16 presentan en sus aguas, en menor o mayor grado, desarrollo de arrecifes y comunidades coralinas (Cuadro 1). Estas 16 áreas, están conformadas por Parques Nacionales, Reservas Biológicas, Refugios Nacionales de Vida Silvestres, Reservas Nacionales Absolutas, y Reservas Forestales, todas de carácter estatal y con diferentes características de manejo que permiten o no diferentes grados de actividades económicas. No se presenta ninguna información de aquellas reservas privadas que presentan arrecifes en sus límites, lo que probablemente ampliará este número, aunque no en mayor grado.

Traslapando la capa de arrecifes, pastos marinos y manglares con la capa de Áreas Protegidas con zonas marino-costeras se sumó el número de ecosistemas costeros por área protegida (Cuadro 2):

Cuadro 2. Cantidad de localidades de arrecifes coralinos, pastos marinos y manglares por Área de Protegida.

Área Protegida	Área de Conservación	# localidades con arrecifes coralinos	# localidades con pastos marinos	# localidades con manglares	# estuarios
PN Santa Rosa	ACG	5	-	9	2
PN las Baulas	ACT	-	-	2	2
ZP Tivives	ACOPAC	-	-	4	1
RVS Playa Hermosa	ACOPAC	-	-	1	2
PN Manuel Antonio	ACOPAC	1	-	-	-
PN Marino Ballena	ACOSA	1	1	2	1
HH Térraba Sierpe	ACOSA	-	-	1	1
RB Isla del Caño	ACOSA	6	-	-	-
RF Golfo Dulce	ACOSA	-	-	1	1
PN Piedras Blancas	ACOSA	-	-	-	1
RVS Golfito	ACOSA	-	-	1	-
PN Corcovado	ACOSA	2	-	-	-
RNVS Preciosa Platanares	ACOSA	-	-	1	-
PN Isla del Coco	ACMIC	8	-	-	-
PN Cahuita	ACLA-C	1	1	1	-
RVS Gandoca-Manzanillo	ACLA-C	5	1	1	-

En total aparecen protegidos dentro de la Área de Conservación Guanacaste (ACG), 5 áreas de arrecifes, 9 de manglares y 2 estuarios, en el Área de Conservación Tempisque (ACT), 2 áreas de manglar y 2 estuarios, en el Área de Conservación Pacífico Central (ACOPAC), 1 área de arrecifes, 5 de manglar y 3 estuarios, en el Área de Conservación Osa (ACOSA), 9 áreas de arrecife, 6 de manglar, 4 estuarios y 1 de pastos marinos, en el Área de Conservación Marina Isla del Coco (ACMIC), 8 áreas de arrecife y en el Área de Conservación La Amistad-Caribe (ACLA-C) 6 áreas de arrecife, 3 de pastos (incluyendo Punta Mona) y 2 de manglar.

Algunos puntos calientes con gran diversidad de ecosistemas que no están protegidos aún son el Golfo de Papagayo y el Golfo Dulce (Fig. 7).

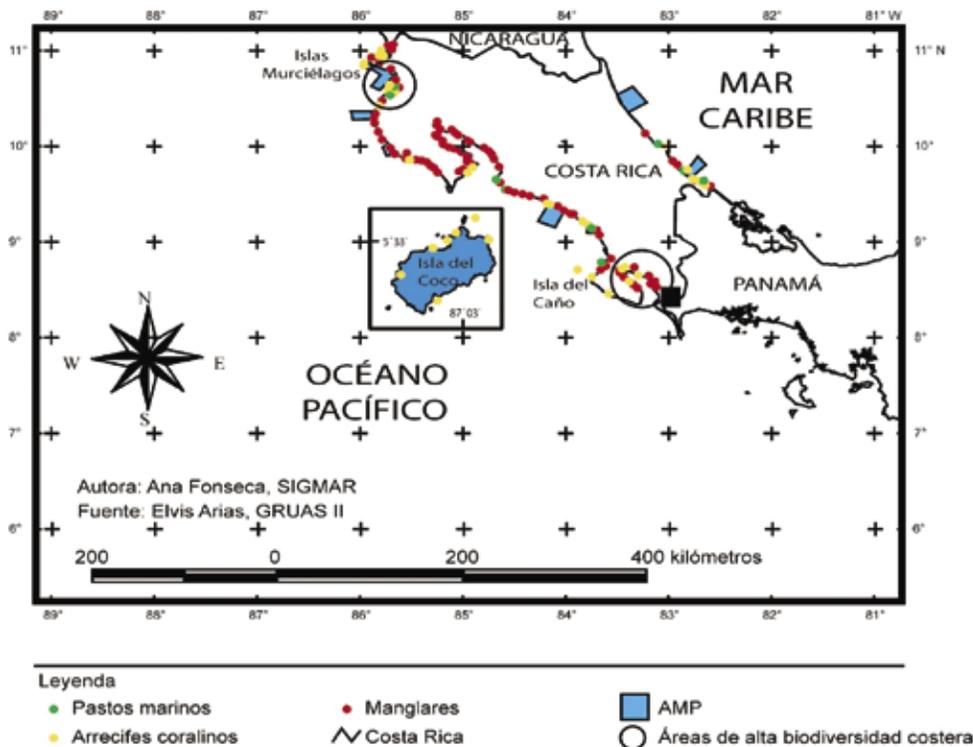


Figura 7. Mapa de puntos calientes con gran diversidad de ecosistemas en Costa Rica.

Mapas de Áreas Protegidas, Estuarios, Manglares y Playas de Costa Rica (ITCR)

Con base en el mapa de humedales en forma de polígonos del Instituto Tecnológico se creó un mapa de manglares, con datos sobre área, y otro de estuarios. En total se identificaron 78 manglares, 1 en el Caribe y 77 en el Pacífico.

Área total: 60564 ha

Área promedio (± desv. est.): 776 ± 2165 ha

Área máxima: 17268 ha

Área mínima: 14 ha

De estas áreas de manglar 66 se encuentran asociados a esteros y 1 al delta de Térraba Sierpe. Tanto los esteros como el delta Térraba Sierpe son considerados estuarios, además de los dos estuarios más grandes del país que corresponden a toda el área de los Golfos de Nicoya y Golfo Dulce. En total se considera con base en esta información que el país cuenta con 69 estuarios (Figura 8), sin embargo el mapa de estuarios no incluye el área de los Golfos, por lo que consiste de 67 unidades. El mapa de playas debe corregirse porque no incluye todas (Figura 9).

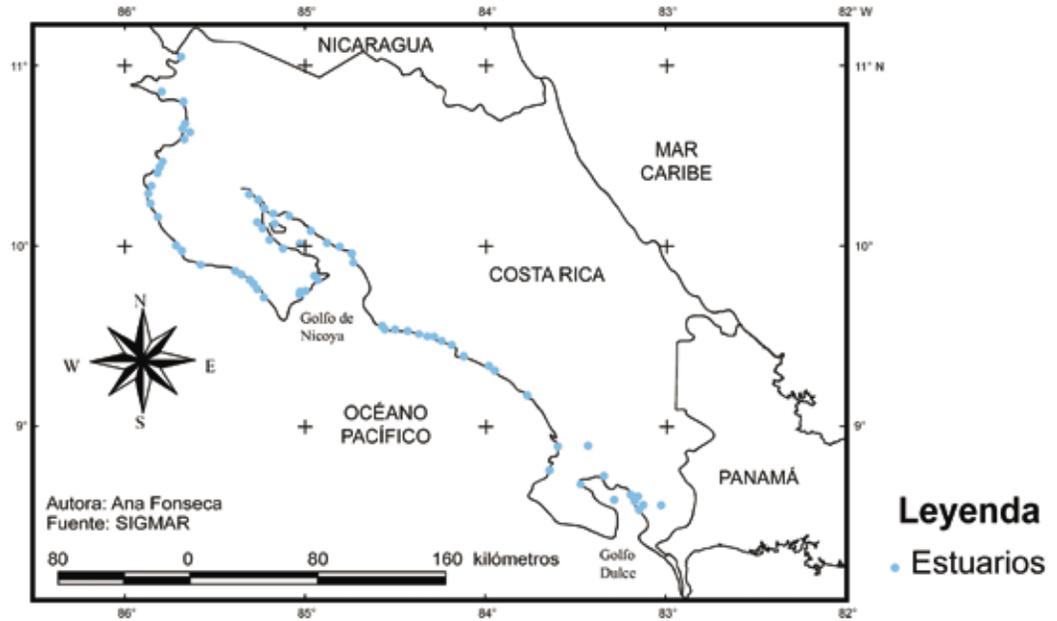


Figura 8. Estuarios de Costa Rica

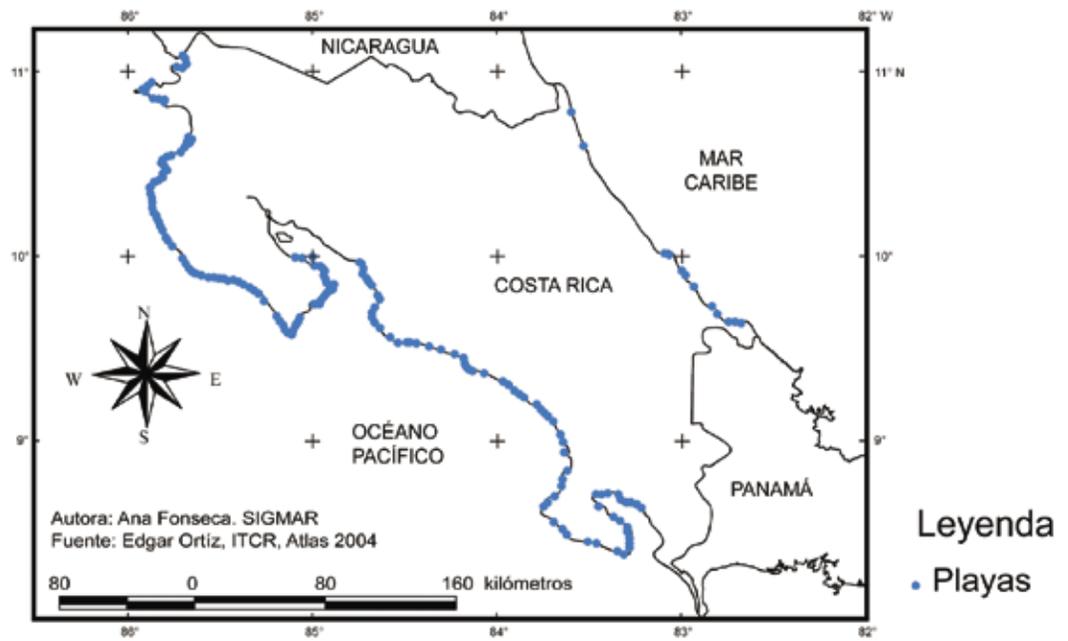


Figura 5. Playas de Costa Rica

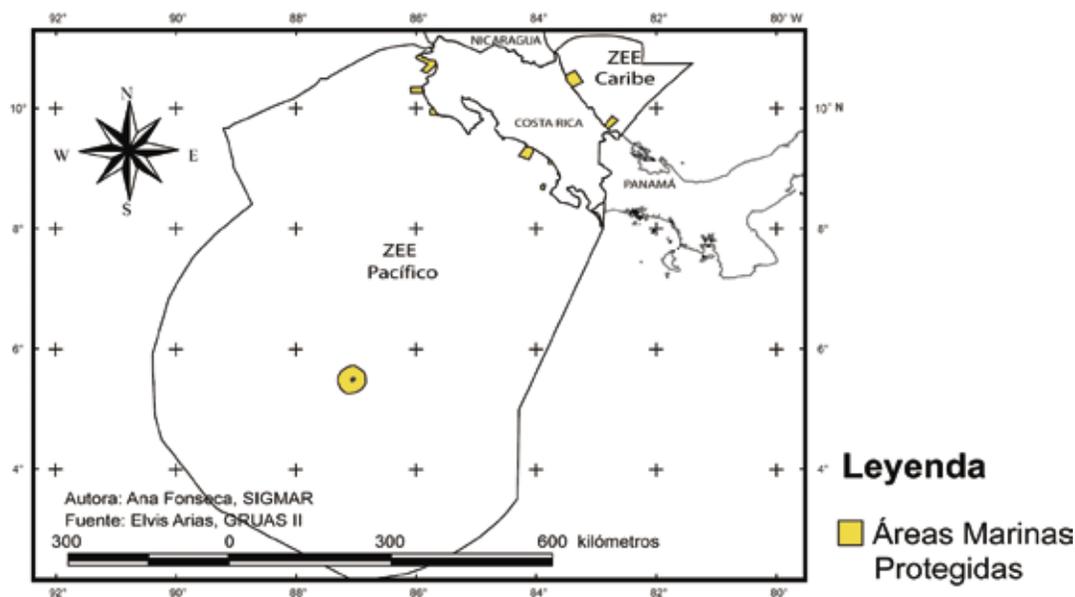


Figura 5. Áreas Marinas Protegidas y Zona Económica Exclusiva (ZEE) de Costa Rica

Además, se incluyen en el atlas el mapa de áreas protegidas de Costa Rica (Figura 9), el cual incluye información sobre áreas marinas protegidas. En SIGMAR, se corrigió la posición de la Isla del Coco del mapa de áreas protegidas con respecto a la del mapa de la Zona Económica Exclusiva (ZEE). Luego se extrajeron las áreas marinas protegidas (AMP), se cruzaron los cuadros del mapa de AMP con el de ZEE y se calculó el porcentaje de territorio marino protegido en Costa Rica que resultó en un 0.7%. Las áreas marinas protegidas del Caribe corresponden a un 0.14% de toda la ZEE y un 3.34% de la ZEE Caribe, y las del Pacífico equivalen a 0.60% de toda la ZEE y 0.63% de la ZEE Pacífica.

El porcentaje de territorio marino protegido actualmente se calculó con base a la proporción entre las AMP y la ZEE de Costa Rica (Cuadro 4).

Cuadro 4. Porcentaje de territorio marino protegido en Costa Rica

NOMBRE	ÁREA (ha)
ZEE Caribe	2419003.615
ZEE Pacífico	54586949.612
Suma ZEE	57005953.227
AMP Caribe	80864.807
AMP Pacífico	343825.053
Suma AMP	424689.860
%AMP	0.744992121

Mapas de lagunas costeras de Costa Rica (PREPAC)

Del mapa de cuerpos de agua continentales del Plan Regional de Pesca y Acuicultura Continental (PREPAC) se derivó un mapa de lagunas costeras con sus respectivas áreas. Se reportan entonces 24 lagunas costeras en Costa Rica, 5 en Puntarenas y 19 en Limón:

Área total: 1203 ha

Área promedio: (\pm desv. est.): 50 ± 90 ha

Área máxima: 432 ha

Área mínima: 0.2 ha

Mapas de la Zona Económica Exclusiva (ZEE), Áreas Marinas Protegidas (AMP) y Áreas Marinas de Uso Múltiple (AMUM) de Costa Rica (GRUAS II)

Dentro del proyecto GRÚAS II se generaron los mapas de la Zona Económica Exclusiva (ZEE), Áreas Marinas Protegidas (AMP) y Áreas Marinas de Uso Múltiple (AMUM) de Costa Rica. En SIG-MAR, la posición de la Isla del Coco del mapa de AMUM se corrigió con respecto a la del mapa de la Zona Económica Exclusiva (ZEE). Las dimensiones de las áreas marinas protegidas derivadas del mapa de AMP se dan el Cuadro 3.

Cuadro 3. Dimensiones de Áreas Marinas Protegidas

Nombre	Área de Conservación	Categoría	Área (ha)	Área (m ²)	Perímetro (m)
Isla San Lucas (estatal)	ACOPAC	RVS	725.568	678779.274	19467.715
Marino Playa Blanca	ACOPAC	HH	5.129	42880.470	1287.868
Ostional (estatal)	ACT	RVS	8055.690	81018696.761	40805.398
Cabo Blanco	ACT	RNA	1629.752	16772487.273	34512.556
Playa Hermosa (mixto)	ACOPAC	RVS	3654.633	36950964.494	32463.417
Manuel Antonio	ACOPAC	PN	42016.304	420704547.910	96099.413
Marino Ballena	ACOSA	PN	5229.741	52280143.184	36970.853
Manglar Terraba-Sierpe	ACOSA	HH	5531.915	55323677.415	628083.648
Gandoca-Manzanillo (estatal)	ACLA-C	RVS	4983.915	48757433.087	58355.075
Cahuita	ACLA-C	PN	23290.204	232905678.753	71517.383
Tortuguero	ACTO	PN	52681.556	527015081.047	91443.358
Las Baulas de Guanacaste	ACT	PN	25335.666	253897990.499	74396.333
Río Oro (estatal)	ACOSA	RVS	1719.478	17303577.621	25304.388
Santa Rosa	ACG	PN	46391.390	465160256.236	136567.796
Piedras Blancas	ACOSA	PN	1356.208	13307598.517	18658.740
Isla del Caño	ACOSA	RB	5207.003	55332963.751	26804.506
Corcovado	ACOSA	PN	2044.726	18023553.562	92883.735
Isla del Coco	ACMIC	PN	194830.982	1948309820.737	185544.186
TOTAL			424689.860	4243786130.591	1671166.368

Vacíos de información

- Mapas batimétricos
- Mapa de polígonos con hábitats marino costeros
- Mapas de diversidad marino costera
- Mapas de variables físico-químicas del mar
- Medidas de atributos de todos los ecosistemas marino costeros por medio de evaluaciones ecológicas rápidas
- Vacíos y errores en mapas de localidad de ecosistemas de mapas marino-costeros por falta de inspección de campo
- Correcciones geométricas de las islas de Costa Rica

Recomendaciones

- Debe realizarse una inspección de campo para corroborar la localización, existencia, estado, productividad y otros atributos de los ecosistemas mapeados.
- La posición correcta de la Isla del Coco es la del mapa de la Zona Económica Exclusiva (ZEE).
- La Isla del Caño debe ser reorientada de modo que Punta Ballena esté hacia el norte.
- Falta ubicar Islas Pelonas en Bahía Culebra, e Islas Pájara, Manuelita y Ulloa en Isla del Coco.
- El área marina protegida de Costa Rica es de un 0.7% de la ZEE por lo que ésta debe aumentarse considerablemente hasta alcanzar un 25%.
- El Golfo de Papayo y el Golfo Dulce son puntos calientes con gran diversidad de especies y ecosistemas y aún no protegidos en su totalidad.

