

# LA DIVERSIDAD MARINA DEL GOLFO DULCE, PACÍFICO SUR DE COSTA RICA: AMENAZAS A SU CONSERVACIÓN

Álvaro Morales-Ramírez\*

Recibido: 27-09-2010 Aceptado: 25-10-2010

## RESUMEN

En Golfo Dulce la diversidad marina es muy alta, desde bacterias hasta mamíferos marinos, incluyendo aves costeras y marinas. Con 1028 especies reportadas de la literatura, Golfo Dulce contribuye con 21,5% del total de especies (4745) reportadas para la costa Pacífica del país. La mayor diversidad la muestran gusanos marinos, peces, macrocrustáceos y moluscos. Si se sigue el índice de diversidad lineal (# especies/km lineal), Golfo Dulce alcanza 5,24 especies por km lineal, un poco menos de la mitad del valor para la costa Pacífica (10,9), en únicamente 195 km de línea costera. Comparado con el Golfo de Nicoya, Golfo Dulce posee más del doble de especies de macrocrustáceos, moluscos, gusanos marinos, plancton y peces por km<sup>2</sup> (1,37-1,28 especies versus 0,5 especies). Esta extraordinaria biodiversidad es amenazada por actividades agrícolas, deforestación, sedimentos y diferentes tipos de contaminación costera, así como por el desarrollo de diversos proyectos. Algunas recomendaciones para un manejo integrado de la diversidad también son discutidas.

**PALABRAS CLAVE:** • Manejo integrado • Índices • Sedimentos • Desarrollo costero

## ABSTRACT

The marine biodiversity from bacteria until marine mammals, including marine and coastal birds from Golfo Dulce, Pacific coast of Costa Rica is very high. With 1028 reported species from the literature, Golfo Dulce contributes with 21,5% of the total of reported species (4745) for the Pacific coast of the country. Major diversity showed marine worms, fishes, macrocrustaceans and mollusks. Following the lineal biodiversity index (# species/lineal km), Golfo Dulce comes up 5,24 species per lineal km, a few less that the half of the value for the Pacific coast (10,9) in only 195 km of coastal line. Comparison with Golfo Nicoya, Golfo Dulce posses more that the double of macrocrustaceans, mollusks, marine worms, plankton and fish that Golfo Nicoya per km<sup>2</sup> (1,37 - 1,28 species, vs. 0,5 species) in less that its surface (802-750 km<sup>2</sup> vs 1990 km<sup>2</sup>). This extraordinary biodiversity is being threated through some agriculture activities, deforestation, sediments, and different types of coastal contamination, as well as through the development of diverse projects. Some recommendations for an integrated management of its biodiversity are discussed.

**KEY WORDS:** • Integrated management • Indexes • Sediments • Coastal development

## Introducción

La biodiversidad es en sí una medida potencial de la salud del ecosistema, aunque una alta biodiversidad no necesariamente representa el estado natural del mismo (Iken y Konar, 2003). Es claro que la

biodiversidad puede ser una medida de interacciones biológicas tales como competencia, disturbios, predación, reclutamiento y productividad de un sistema (Mittelbach et ál., 2001). La pérdida potencial de diversidad marina ha provocado recientemente

\*Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR) y Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica; alvaro.morales@ucr.ac.cr

un aumento en el número de estudios para identificar su importancia en el funcionamiento de un ecosistema (Pfisterer y Schmith, 2002). También ha sido, junto con otros factores como la sobrepesca, la contaminación, la pérdida de hábitats críticos, el deterioro de la calidad ambiental y el incremento de la vulnerabilidad ante fenómenos naturales, uno de los problemas más comunes a los que se enfrentan las zonas costeras tropicales (Cicin-Sain y Knecht, 1998; Westmacott, 2002).

Los cambios ambientales profundos pueden provocar una pérdida de diversidad genética que debilita las posibilidades de adaptación de los organismos (Torner-Miller, 1999a), lo que con el tiempo significaría una menor diversidad de especies. En este sentido, las perturbaciones naturales o antropogénicas que sufran los ecosistemas tendrán un efecto directo sobre la capacidad de respuestas individual y colectiva del ecosistema.

La capacidad de un ecosistema en particular de absorber perturbaciones, sin alterar significativamente sus características de estructura y funcionalidad, es decir, pudiendo regresar a su estado original una vez que la perturbación ha terminado, se conoce como resiliencia ecológica -del término en inglés *resilience*- (Holling, 1973). La poca o mucha resiliencia dependerá de la complejidad de los ecosistemas: los más complejos (con mayor número de interacciones, diversidad y traslape en sus funciones ecológicas), suelen poseer resiliencias mayores ya que existe una gran cantidad de mecanismos autoreguladores que soportan mejor una perturbación específica (Tilman y Downing, 1994). Si bien es cierto las perturbaciones naturales son difíciles de controlar, la verdad es que los impactos antropogénicos sí dependen de nuestras propias acciones.

Los ecosistemas brindan servicios ecosistémicos, es decir tienen propiedades que pueden traducirse en términos económicos (Costanza et ál., 1997). La diversidad marina es uno de esos servicios que aporta grandes beneficios económicos a las comunidades costeras, de tal forma que el desarrollo sostenible de las mismas sea posible (Mann, 2000). Estos servicios ecosistémicos, incluida la diversidad, pueden generar en un arrecife coralino la suma de hasta US\$6 075,00/ha/año, una de manglar casi los US\$10 000,00 y una hectárea de estuario más de US\$22 000,00 al año (Olsen, 2003).

Una forma de asegurarnos la integridad de la diversidad biológica es mediante la creación de categorías especiales de manejo. El papel de las áreas marinas

protegidas en la conservación y uso sustentable de la diversidad biológica se ha venido incrementando desde mediados de la década de los 90 (Eichbaum et ál., 1996), con un importante apoyo de organismos internacionales (Thorner-Miller, 1999b). Golfo Dulce forma parte del Área de Conservación Osa (ACOSA), es el Área Marina de Uso Múltiple (AMUM) del Pacífico Sur, una de las cinco del país, cuenta con su propio plan director (MINAET, 2008) y recientemente ha adquirido la categoría de Área Marina de Pesca Responsable (AMPR) vía Decreto Ejecutivo (n° 159, 17 de agosto de 2010). De una u otra forma, estas características de manejo deben de garantizar la protección de la diversidad biológica marina del Golfo Dulce. Se han realizado importantes y sustanciales esfuerzos en resumir la información hidrográfica y biológica de la zona marino-costera del Área de Conservación Osa (Quesada-Alpizar et ál., 2006) y de los ecosistemas marinos del Pacífico Sur costarricense (Quesada-Alpizar y Cortés, 2006); el presente trabajo ofrece un análisis cuantitativo sobre la diversidad marina reportada para Golfo Dulce y analiza las posibles amenazas para su conservación.

### Características hidrográficas de Golfo Dulce

Este golfo es una bahía semicerrada del Pacífico Tropical Oriental, de formación tectónica y localizada en la costa sur de Costa Rica, entre los 8° 27' y 8° 45' norte y los 83° 07' y 83° 30' oeste (Figura 1). Está separado del océano Pacífico por la Península de Osa, un área montañosa y cubierta de bosque. El golfo



Vista parcial de Golfo Dulce.

Fotografía de Mónica Chávez.

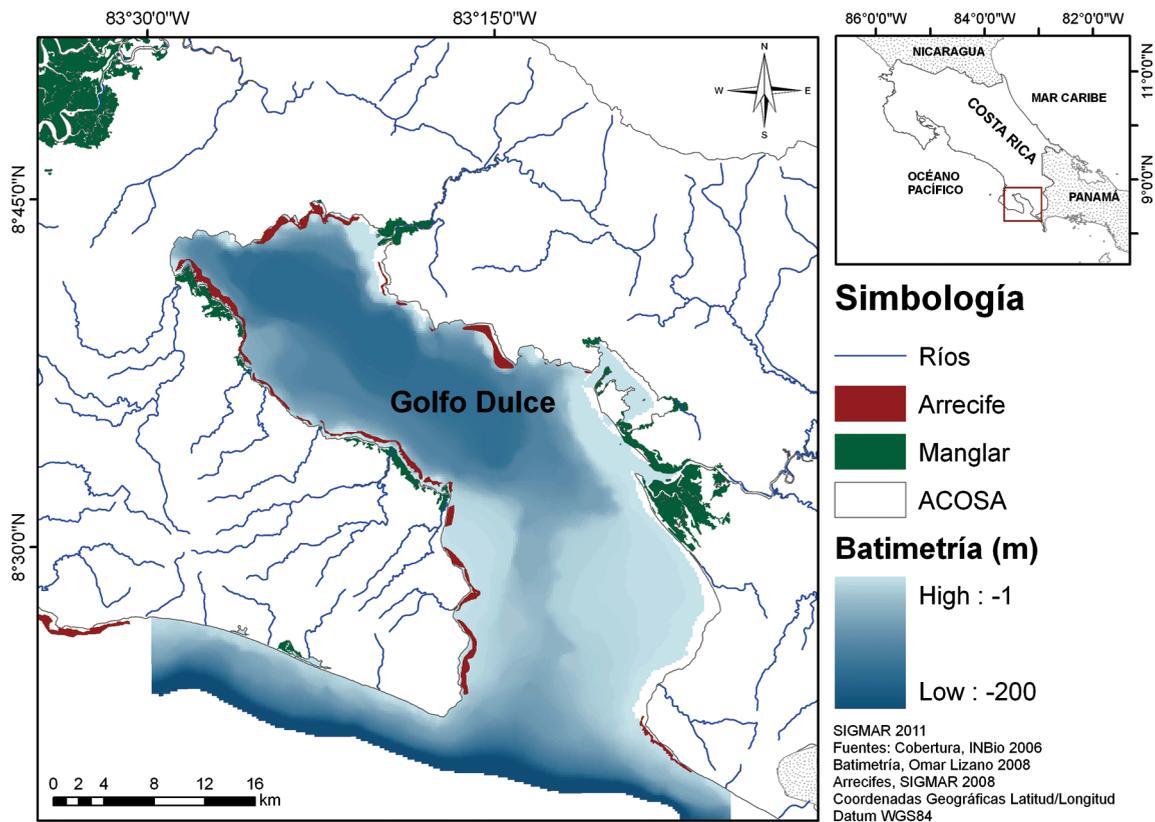


FIGURA 1. Mapa de Golfo Dulce. Incluye los ecosistemas de manglares y arrecifes de coral.

Mapa elaborado por Catalina Benavides.

tiene cerca de 50 km de longitud y de 10 a 15 km de ancho, con un área de 750 km<sup>2</sup> (según Wolff et ál., 1996) o de 802 km<sup>2</sup> (según el Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2008). Se caracteriza por poseer una cuenca interna de pendiente fuerte con una profundidad máxima de 215 m en su parte interna y un umbral poco profundo de aproximadamente 70 m en su desembocadura (Richards et ál., 1971; Hartmann, 1994). Estas características tienden a restringir la circulación de agua en la cuenca interna del golfo y a beneficiar la formación de aguas profundas anóxicas (sin oxígeno). Su circulación se asemeja a la de los fiordos y es uno de tan solo cuatro sistemas de este tipo conocidos en los trópicos (Richards et ál., 1971). De igual manera, las características morfológicas de Golfo Dulce se reflejan en la composición de sus masas de agua, cuya mezcla y circulación es influenciada por las fuerzas de mareas, el viento, el ingreso de agua dulce al sistema, el afloramiento de

agua subsuperficial y la topografía de la cuenca (Córdoba y Vargas, 1996). Una estructura de tres capas de corrientes domina el umbral en su parte interna, mientras que en las partes profundas se observa una circulación estuarina de dos capas (Svendsen et ál., 2006). Mayores detalles sobre su hidrografía pueden ser ampliados en el trabajo de Quesada-Alpizar et ál. (2006), o bien en condiciones particulares como un fenómeno de El Niño en Quesada-Alpizar y Morales-Ramírez (2004).

### La investigación oceanográfica y biológica en Golfo Dulce

Las primeras investigaciones en el Golfo Dulce fueron más de carácter oceanográfico donde se resaltan sus condiciones anóxicas (Richards et ál., 1971) que lo hacen un sistema muy particular para todo el Pacífico Oriental Tropical. Luego, en el año 1976, Nicholls-Driscoll describe parte de su fauna bentónica,

es decir, de la que habita en el fondo del mar. Hacia finales de la década de los 80, varias investigaciones evalúan la pesca artesanal del Golfo (Campos, 1989). Asimismo, a inicios de la década de los 90 una serie de trabajos de Cortés (1990a, b, 1991, 1992, 1997) indican el estado de los arrecifes, su historia geológica y aspectos ecológicos.

Mediante la expedición oceanográfica Víctor Hensen, organizada por 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, por sus siglas en alemán) de la Universidad de Bremen, Alemania (diciembre de 1993 y febrero de 1994), se da un salto cualitativo y cuantitativo enorme en las investigaciones sobre Golfo Dulce. Cerca de 20 trabajos (Vargas y Wolff, 1996) sobre Microbiología Marina, Hidrografía, nutrientes, zooplancton, peces, bentos, crustáceos, moluscos y modelaje trófico, entre otros, permiten aumentar nuestro conocimiento sobre aspectos estructurales y funcionales del golfo incluyendo, por primera vez para cualquier sistema costero de nuestro país, la elaboración de un modelo trófico (Wolff et ál., 1996). Investigaciones posteriores siguen aumentando nuestro conocimiento sobre el golfo, sus procesos oceanográficos, su riqueza biológica y sobre los factores de origen antropogénico que podrían estar afectando la vida en la zona.

### La diversidad marina de Golfo Dulce: de lo micro a lo macro

El Cuadro 1 resume el número de especies marinas reportadas para las aguas del Golfo Dulce (abarca desde el plancton hasta los mamíferos marinos).

El plancton constituye la unidad ecológica de estudio en el ambiente pelágico (mar abierto), con un espectro de tamaño de  $0,02\mu\text{m}$  (virioplancton,  $1\mu\text{m}=1/1,000$  de  $1\text{mm}$ ) hasta las grandes medusas ( $>20\text{cm}$ ), pasando por una serie de microcrustáceos, larvas de invertebrados y peces ( $200-2\,000\mu\text{m}$ ), además es el responsable de la productividad biológica de un sistema y de la riqueza de sus recursos pesqueros (Cushing, 1995).

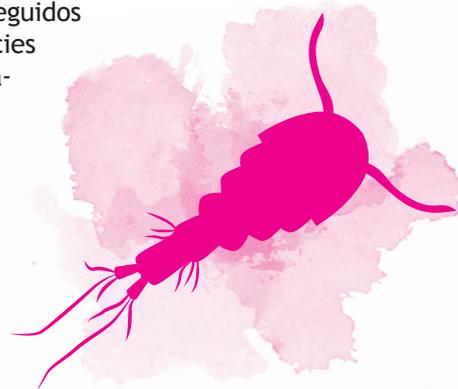
Dentro del plancton, las bacterias juegan un papel preponderante y en Golfo Dulce los primeros trabajos sobre este grupo identificaron bacterias de nado libre del género *Thiovulum* y *Thiospira* (Kuever et ál., 1996). Este mismo trabajo identificó bacterias filamentosas sulfurosas del género *Beggiatao*.

<sup>1</sup>Viquez, Roxana (Mayo 2007, comunicación personal).



Trabajos posteriores logran identificar megabacterias filamentosas de los géneros *Thioploca* y *Thiomargarita* (Gallardo y Espinoza, 2007). Por otra parte y aumentando la escala de tamaño, el fitoplancton ( $<200\mu\text{m}$ ) de Golfo Dulce es relativamente diverso, con unas 60 especies de diatomeas<sup>1</sup>, y seis de dinoflagelados productores de floraciones algales nocivas (mareas rojas, Morales-Ramírez et ál., 2005). Dentro del zooplancton gelatinoso (contenido de carbono entre entre 10 y 35% de su peso seco: Schneider, 1989), se han distinguido 33 especies de medusas, dos especies de ctenóforos, y seis especies de salpas y apendicularis (Morales-Ramírez y Nowaczyk 2006, Castellanos et ál., 2009). Por otra parte, se han identificado 10 especies de quetognatos, de las 60 que se conocen a nivel mundial (Hossfeld, 1996; Hernández et ál., 2009).

Un grupo muy importante del zooplancton no gelatinoso lo constituyen los microcrustáceos, que conforman la gran mayoría de los organismos del zooplancton (Longhurst, 1985). Entre ellos, los más diversos son los copépodos, que para el Golfo Dulce presentan 40 especies distribuidas en 24 familias (Morales-Ramírez, 2001) y constituyen el grupo de mayor número de especies para el Pacífico costarricense (Morales-Ramírez y Suárez-Morales, 2009), seguidos por cuatro especies de ostrácodos (Jacob, 1996; Morales-Ramírez y Jacob, 2008) y dos de cladóceros (Morales-Ramírez, 2005).



**CUADRO 1**  
Grupos y números de especies de grupos reportadas para el Golfo Dulce.

Grupo de organismos	# géneros	# especies	# familias	Fuente
Bacterias	5	Al menos 5	—	Kuever et ál., 1996; Gallardo y Espinoza, 2007
Fitoplancton	—	60	—	Viquez (comunicación personal)
Dinoflagelados productores de mareas rojas	6	6	—	Morales-Ramírez et ál., 2005
Medusas	—	33	—	Morales-Ramírez y Nowaczyk, 2006
Ctenóforos	—	2	—	Morales-Ramírez y Nowaczyk, 2006
Salpas	—	6	—	Morales-Ramírez y Nowaczyk, 2006
Apendicularias	—	6	—	Castellanos et ál., 2009
Quetognatos	—	10	—	Hossfeld, 1996; Hernández et ál., 2009
Copépodos	—	40	24	Morales-Ramírez, 2001
Ostrácodos	—	4	—	Jacob 1996, Morales-Ramírez y Jacob, 2006
Cladóceros	—	2	—	Morales -Ramírez, 2005
Cumáceos	—	1	—	León-Morales y Vargas, 1998
Anfípodos bentónicos	—	3	—	León-Morales y Vargas, 1998
Sipuncúlidos	—	1	—	León-Morales y Vargas, 1998
Poliquetos	—	100	—	Quesada et ál., 2006; Morales-Ramírez 2005
Moluscos	—	296	68	Quesada et ál., 2006, Morales-Ramírez, 2005
Macrocrustáceos	—	71	58	Castro y Vargas, 1996; Echeverría-Sáenz et ál., 2003
Peces	—	276	78	Quesada et ál., 2006
Tortugas Marinas	—	4	—	Quesada et ál., 2006
Aves costeras	—	57	11	Quesada et ál., 2006
Mamíferos	—	8	—	Rodríguez, 2001
Macroalgas de manglar	—	11	—	Tejeda-Rivas, 2002
Mangle (Purruja)	—	5	—	Silva y Bonilla, 2001
Corales	—	15	—	Cortés, 1990 a, b, 1992; Cortés y Jiménez, 2003
<b>TOTAL</b>	—	<b>1022</b>	—	—

Otros microcrustáceos encontrados en Golfo Dulce, pero que forman más parte del bentos que del plancton, son los cumáceos (una especie) y tres especies de anfípodos bentónicos (León-Morales y Vargas, 1998). En este mismo estudio se reporta la presencia de una especie de gusano maní (Sipunculida). Un grupo muy diverso asociado al bentos, lo representan los gusanos marinos (Polychaeta: Anelida). El trabajo inicial de Nicholls-Driscoll (1976) reportó 42 especies, ese número aumentó a 47 especies en 25 familias 20 años después (Dean, 1996) y Quesada et ál. (2006) resumen en 99 las especies de poliquetos encontrados en el Golfo Dulce, al que se le adiciona una especie planctónica del género *Tomopteris* (Morales-Ramírez, 2005). Por otra parte, los moluscos están representados por 292 especies distribuidas en 68 familias (Quesada et ál., 2006), y por cuatro especies planctónicas (Morales-Ramírez, 2005), mientras que los crustáceos por 71 especies distribuidas en 58 familias, 50% del total de especies representadas en la costa Pacífica (Castro y Vargas, 1996, Echeverría- Sáenz et ál., 2003).

En relación con los vertebrados, el grupo de los peces muestra una gran diversidad, con 75 especies reportadas para el año 1996 (Bussing y López), 71 especies distribuidas en 28 familias en la parte interna del Golfo (Rojas, 2001) y 276 especies distribuidas en 78 familias resumidas por Quesada et ál. (2006). Otros vertebrados son menos diversos, pero igualmente importantes, por ejemplo, en cuanto a reptiles se han identificado cuatro especies de

tortugas marinas, de las ocho conocidas que hacen uso de los diversos hábitats del Golfo y que se encuentran categorizadas por la UICN como especies en estado crítico o en vías de extinción (Bedoya y Nahill, 2001 en Quesada et ál., 2006). Con respecto a la aves costeras, se han identificado 57 especies distribuidas en 11 familias (Quesada et ál., 2006). Uno de los grupos importantes para el Golfo Dulce lo representan los cetáceos marinos, los cuales han recibido una especial atención (Acevedo-Gutiérrez, 1996 y Acevedo-Gutiérrez et ál., 1998; Cubero-Pardo, 1998 y 2001), representan con sus ocho especies un total de 28% de diversidad de mamíferos marinos para el país (Rodríguez-Fonseca, 2001).



En las aguas del Golfo Dulce se han registrado 8 especies de cetáceos.

*Fotografía de Cristina Sánchez.*



Los gusanos marinos o poliquetos presentan una alta diversidad en las aguas de Golfo Dulce.

*Fotografía de archivo.*

Dos importantes ecosistemas están representados en Golfo Dulce: los manglares y los arrecifes coralinos. Los manglares de Golfo Dulce están distribuidos especialmente en Playa Blanca, Puerto Jiménez, río Rincón, río Coto Colorado y Purruja, entre otros sitios. En este último sitio, se han encontrado en su flora nuclear cinco especies de mangle (Silva y Bonilla, 2001); también se reportan 11 especies de macroalgas asociadas a sus raíces (Tejeda-Rivas, 2002).

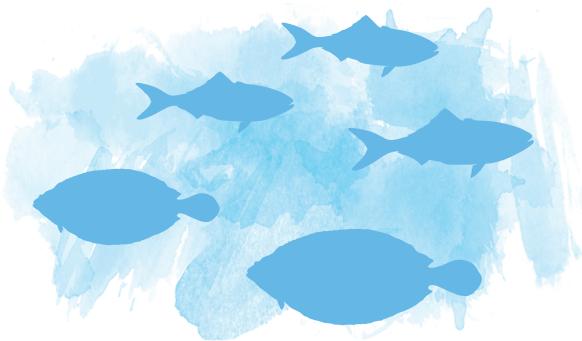
Por su parte, los arrecifes coralinos de Golfo Dulce se han visto sumamente afectados por la alta sedimentación (Cortés, 1990a). Se tienen reportadas 15 especies de corales, con marcadas diferencias entre su parte interna (Punta Islotes y Punta Bejuco) y externa (Sándalo y Punta El Bajo), donde solamente entre 1 y 8% de cobertura viva es encontrada en la parte interna del Golfo, mientras que hacia su parte

externa los porcentajes varían entre 29 y 46% de cobertura viva y mayor diversidad (Cortés, 1990 a, b y 1992; Cortés y Jiménez, 2003).

### La riqueza marina de Golfo Dulce: amenazas a su conservación

Mediante los resultados anteriormente expuestos, se puede realizar una estimación conservadora de la diversidad marina de Golfo Dulce y relacionarla con la diversidad del Pacífico costero de nuestro país. En total se han reportado 4745 especies para la costa Pacífica (Wehrtmann et ál., 2009), sin incluir el Parque Nacional Isla del Coco. La sumatoria de especies reportadas para Golfo Dulce es de 1028, distribuidas en 311 familias, por lo tanto, si el área del Golfo Dulce es de 802 km<sup>2</sup> (Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2008), esto se traduce en 1,28 especies por km<sup>2</sup>. Sin embargo, este número aumenta ligeramente si el área de Golfo Dulce se estima en 750 km (von Wangelin y Wolff, 1996), en 1,37 especies por km<sup>2</sup>.

Independientemente de su área, Golfo Dulce encierra 21,5% de la diversidad marina reportada para la costa Pacífica de nuestro país, algo realmente sorprendente en un área relativamente pequeña. Si lo comparamos con el Golfo de Nicoya en diversidad de peces, crustáceos, moluscos, poliquetos y plancton, con un área de 1990 km<sup>2</sup> (Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2008) y con 0,50 especies por km<sup>2</sup> (Morales-Ramírez, en preparación), el Golfo Dulce, con menos de la mitad de área (802 km<sup>2</sup> o 750 km<sup>2</sup>), posee un poco más del doble (1,28-1,37; según el área tomada) de especies en esos grupos. Wehrtmann et ál. (2009) han utilizado dos índices para determinar la riqueza de la diversidad biológica para las costas de nuestro país. Uno es el índice de biodiversidad lineal (nº de especies/km lineal de costa) y el otro el índice de biodiversidad por área (nº de especies por km<sup>2</sup> de plataforma continental hasta la isobata de 200 m). De esta forma, al menos para el primer



índice, en lo que respecta al Golfo Dulce, con una línea costera de 195 km (ITCR, 2008), le corresponden 5,24 especies/km lineales, es decir algo menos de una vez y media (3,8) de las reportadas para el Pacífico costarricense (Wehrtmann et ál., 2009). Estos datos complementan y refuerzan lo que determinó Fonseca (2006) para Golfo Dulce: uno de los dos puntos calientes en cuanto a diversidad de ecosistemas situados en la costa Pacífica.

Esta diversidad tan bien representada en Golfo Dulce sufre de una serie de amenazas. En primer lugar, los sedimentos acarreados por varios ríos que desembocan en el Golfo, así como la escorrentía de los cerros aledaños muy deforestados, son la causa principal de la baja diversidad de arrecifes coralinos y la baja cobertura de coral vivo que se encuentran en la parte interna del golfo (Cortés, 1990a).

El exceso de sedimentos también afecta la productividad biológica y el metabolismo del fitoplancton, base de las redes alimentarias. El manejo que se da en estas cuencas y microcuencas en la Península de Osa, y en general en nuestro país, no obedece al concepto de continuo e integración de las cuencas con las áreas costeras, lo que dificulta la prevención de los impactos de sedimentos y contaminantes que provienen de las actividades agrícolas. En este sentido, es esencial generar una visión integral al proceso de gestión de las cuencas fluviales y ecosistemas marino-costeros (Quesada y Cortés, 2006), lo que daría una mayor protección a su diversidad marina. Es importante advertir sobre el peligro de la minería de ríos en la Península de Osa, ya que se provocaría un aumento en las tasas de sedimentación y modificaciones importantes en los caudales de los ríos.

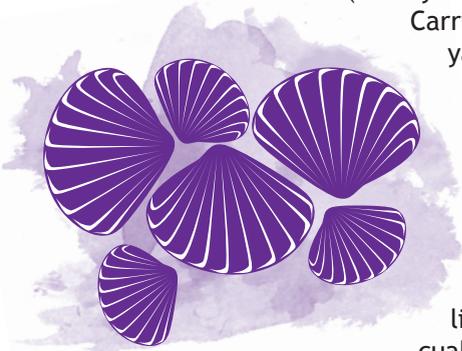
Otra de las amenazas sobre la diversidad marina del golfo es la contaminación, ya sea por hidrocarburos (Acuña et ál., 2004), metales traza (García et ál., 2004), coliformes (García et ál., 2006) o bifenilos policlorados, estos últimos conocidos disruptores endocrinos (Cheek, 2006) y encontrados en el Golfo tanto en sedimentos (Spongberg, 2004) como en organismos (Spongberg, 2006). De estos contaminantes, los coliformes muestran datos muy por encima de los estándares permitidos.

La ciudad de Golfito no cuenta con plantas de tratamiento de aguas, urge la construcción de infraestructura para resolver este problema. La contaminación orgánica podría incrementarse si proyectos como las granjas atuneras obtienen los permisos para desarrollarse. Es oportuno actuar sobre las fuentes

primarias de origen de la contaminación de las aguas, con la finalidad de que los efectos acumulativos no se multipliquen con el tiempo. Los valores de hidrocarburos de petróleo disueltos y dispersos (HPDD) están por debajo del límite de 10 µg/L de HPDD (Acuña-González et ál., 2004). Sin embargo esta condición podría cambiar conforme aumente el tráfico de lanchas al establecerse marinas dentro del golfo, que muy probablemente también vaya a afectar de manera significativa el comportamiento de las poblaciones de delfines residentes en el golfo, como se ha comprobado para el delfín manchado en bahía Drake (Montero-Cordero, 2007).

Existen varios proyectos de desarrollo de marinas tanto en Golfito como en Puerto Jiménez. En cuanto a metales traza (metales pesados), las concentraciones medias de hierro y cobre son mayores en bahía Golfito que en otras zonas del país, así como de plomo y, en promedio, Golfito representa el sitio de mayor contaminación de estos metales traza en el país (García et ál., 2004).

Con respecto a los manglares del Golfo Dulce, se han desarrollado importantes experiencias de manejo del recurso piangua para el manglar de Purruja (Silva y Bonilla, 2001; Silva y Carrillo, 2004) y de Playa Blanca<sup>2</sup>.



La mejor medida de protección para nuestros manglares es incorporar en procesos participativos a las comunidades que utilizan los recursos, lo cual les permite valorar la riqueza biológica de estos

ecosistemas y entender por qué hay que cuidarlos. Una cantidad importante de bivalvos —80 especies— (Jiménez, 1994), crustáceos —36 especies— (Echeverría et ál., 2003), juveniles y adultos de peces —120 especies— (Szelistowski, 1990), utilizan zonas de manglar en nuestro país para su desarrollo y supervivencia. Las experiencias de Purruja (Silva y Bonilla, 2001; Silva y Carrillo, 2004) y de Playa Blanca<sup>3</sup> pueden servir como modelo para el manejo integrado de los recursos del manglar.

Por otra parte, los arrecifes y comunidades corallinas de Golfo Dulce sufren de la sedimentación

(Quesada et ál., 2006), pero también se ven expuestos a amenazas naturales, como el Fenómeno de El Niño, tormentas y otros que pueden provocar daños a su biodiversidad. De igual modo, la actividad pesquera podría incidir en los valores de biodiversidad de peces y/o crustáceos. Un amplia discusión al respecto se da en el trabajo de Quesada et ál. (2006), donde se presenta evidencia clara de las malas prácticas de pesca en varios sitios del Área de Conservación Osa, incluyendo Golfo Dulce.

Como se comenta, son varias las amenazas para los organismos, poblaciones o ecosistemas que viven en el golfo. Los principios precautorio y de manejo ecosistémico bajo un esquema de manejo integrado, deben de ser los pilares sobre los que se sustenten los esfuerzos de conservación de esa gran riqueza marina que este mantiene.

Es importante una política participativa para la gestión integrada del Golfo y sus recursos (Morales-Ramírez y Hartmann, 2001). Podrían ofrecerse muchas recomendaciones que involucren procesos participativos, pero también una mayor y mejor vigilancia de los recursos, actualización del conocimiento, monitoreo, legislación, aplicación de leyes para quienes contaminan, un manejo integrado de las cuencas, educación ambiental continua y/o formal y algo fundamental, ya apuntado por Quesada et ál. (2006), la coordinación interinstitucional-sector público y privado.

La creación reciente del Área de Pesca Responsable para Golfo Dulce podría ser una herramienta útil en estos esfuerzos, no obstante también se debe restaurar lo degradado y evaluar la biodiversidad y en general los servicios ecosistémicos, en función de sus aportes económicos, de tal manera que se valore sobre la base de la existencia o pérdida de esa biodiversidad como uno de los servicios que presta el ecosistema.

Sería conveniente también establecer una relación entre el costo ambiental y el Producto Interno Bruto, ofrecer mayor capacitación a guardacostas y funcionarios del MINAET obligados a salvaguardar nuestros recursos naturales. El país avanzará en este y otros temas conforme implemente instrumentos como la Estrategia Nacional para la Gestión Integrada de sus Recursos Marino-Costeros y el Programa Nacional de Educación Marina. Costa Rica posee 3,5% de la diversidad marina mundial (Wehrtmann et ál., 2009), probablemente este porcentaje aumente conforme

<sup>2,3</sup> Silva, Margarita (Febrero 2007, comunicación personal).

nuestro conocimiento se incremente. Es posible que Golfo Dulce represente el sitio costero de mayor diversidad biológica de nuestro Pacífico, se debe proteger, conservar y aprovechar, dadas las múltiples amenazas existentes en su entorno. En este sentido, conservando y monitoreando la biodiversidad, se protege la resiliencia natural de un sistema y se ayuda a hacer frente a los cambios globales del clima (UNEP, 2010) y a las presiones antropogénicas a las que todo ecosistema está expuesto.



## REFERENCIAS

- ACEVEDO-GUTIÉRREZ, A. (1996). Lista de mamíferos marinos en Golfo Dulce e Isla del Coco, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 44: 933-934.
- ACEVEDO-GUTIÉRREZ, A. & BURKHART, S. (1998). Seasonal distribution of bottlenose (*Tursiops truncatus*) and pantropical spotted (*Stenella attenuata*) dolphins (Cetacea: Delphinidae) in Golfo Dulce, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 46: 91-101.
- ACUÑA-GONZÁLEZ, J.; VARGAS-ZAMORA, J.A.; GÓMEZ-RAMÍREZ, E. y GARCÍA-CÉSPEDES, J. (2004). Hidrocarburos de petróleo, disueltos y dispersos en cuatro ambientes costeros de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 52 (Supl. 2): 43-50.
- BUSSING, W. y LÓPEZ, M. I. (1996). Fishes collected during the RV Victor Hensen Costa Rica Expedition (1993/1994). *Revista de Biología Tropical*, 44 (Supl. 3): 183-186.
- CAMPOS, J. (1989). Evaluación de la pesca artesanal del Golfo Dulce. Informe Final de Proyecto. CIMAR.
- CASTELLANOS, I.A.; MORALES-RAMÍREZ, A. & SUÁREZ MORALES, E. (2009). Appendicularians (Urochordata) of Costa Rica and adjacent zones. Pp. 445-452. En I. Wehrtmann y J. Cortés (eds). *Marine Biodiversity of Costa Rica, Central America*.
- CASTRO, M. & VARGAS, R. (1996). Annotated list of species of marine crustaceans (Decapoda and Stomatoda) from Golfo Dulce. *Revista de Biología Tropical*, 44 (Supl. 3): 233-236.
- CHEEK, A. O. (2006). Subtle sabotage: endocrine disruption in wild populations. *Revista de Biología Tropical*, 54 (Supl. 1): 1-10.
- CICIN-SAIN, B. & KNECHT, R.W. (1998). Integrated coastal and ocean management: concepts and practices. *UNESCO-Island Press*.
- COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; DE GROOT, R.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBRUG, K.; NAEEM, S.; O'EILL, R. V.; PATUELO, M.J.; RASKIN, R.G.; SUTTON, P. & VAN DEN BELT, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387: 253-260.
- CÓRDOBA, R. & VARGAS, J.A. (1996). Temperature, salinity, oxygen and nutrient profiles at a 200 m station in Golfo Dulce, Pacific coast of Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 44(Supl. 3): 233-236.
- CORTÉS, J. (1990a). *The coral reef of Golfo Dulce, Costa Rica, Eastern Pacific: anthropogenic and natural disturbances*. Ph.D. Thesis. University of Miami, Florida, EE.UU.
- CORTÉS, J. (1990b). The coral reef of Golfo Dulce, Costa Rica: distribution and community structure. *Atoll Res. Bull.*, 344: 1-37.
- CORTÉS, J. (1991). Los arrecifes coralinos del Golfo Dulce, Costa Rica: aspectos geológicos. *Rev. Geol. Amér. Central*. 13: 15-24.
- CORTÉS, J. (1992). Los arrecifes coralinos del Golfo Dulce, Costa Rica: aspectos ecológicos. *Revista de Biología Tropical*, 40: 19-26.
- CORTÉS, J. (1997). Biology and geology of coral reefs in the Eastern Pacific. *Coral Reefs*, 16: S39-S46.
- CORTÉS, J. & JIMÉNEZ, C. (2003). Coral and coral reef of the Pacific of Costa Rica: history, research and status, p. 361-385. In J. Cortés (ed.). *Latin American Coral reefs*. Elsevier Science, Amsterdam.
- CUBERO-PARDO, P. (1998). Patrones de comportamiento diurno y estacionales de *Tursiops truncatus* y *Stenella attenuata* (Mammalia: Delphinidae), en el Golfo

- dulce, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 46 (Supl. 6): 103-110.
- CUBERO-PARDO, P. (2001). Estrategia de educación y manejo en torno a la observación de cetáceos silvestres en Costa Rica. Informe Sector Golfo Dulce. Fundación PROMAR. San José - Costa Rica.
- CUSHING, D.H. (1995). The long-term relationship between zooplankton and fish. *ICES J.Mar.Sci.*, 52: 611-626.
- ECHEVERRÍA-SAÉNZ, S.; VARGAS, R. & WEHRTMANN, I.S.(2003). Diversity of decapods inhabiting the largest mangrove system in the Pacific of Costa Rica. *Nauplius*, 11:91-97.
- EICHBAUM, W., CROSBY, M., AGARDY, M. & LASKIN, S. (1996). The role of marine and coastal protected areas in the conservation and sustainable use of the biological diversity. *Oceanography* 9: 60-70.
- DEAN, H. K. (1996). Polychaete worms (Annelida) collected in Golfo Dulce, during the Victor Hensen, Costa Rica expedition (1993/1994). *Revista de Biología Tropical*, 44 (Supl. 381-86): 81-86.
- FONSECA, A.C. (2006). Atlas Marino-Costero de Costa Rica. p. 209-219. In V. Nielsen-Muñoz y M.A. Quesada - Alpizar (eds.). Ambientes Marino-Costeros de Costa Rica. Comisión Interdisciplinaria Marino Costera de la Zona Económica Exclusiva de Costa Rica. CIMAR y Conservación Internacional.
- GALLARDO, V. & ESPINOZA, C. (2007). New communities of large filamentous sulfur bacterias in the Eastern-South Pacific. *Int. Microbial.*, 10:97-102.
- GARCÍA, V.; ACUÑA-GONZÁLEZ, J.A., VARGAS-ZAMORA, J.A. y GARCÍA- CÉSPEDES, J. (2004). Metales traza en sedimentos de cuatro ambientes costeros de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 52 (Supl. 2): 51-60.
- GARCÍA, V., ACUÑA-GONZÁLEZ, J., VARGAS-ZAMORA, J.A. y GARCÍA- CÉSPEDES, J. (2006). Calidad bacteriológica y desechos sólidos en cinco ambientes costeros de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 54 (Supl. 1): 35-48.
- HARTMANN, H.J. (1994). The Golfo Dulce Marine Environment. Review and Critical Assesment. Department of Biology of La Rochelle, France. *Unpublished Report*.
- HERNÁNDEZ, R. M.; MORALES - RAMÍREZ, A. & SUÁREZ-MORALES, E. (2009). Chaetognates of Costa Rica waters and adjacents zones. Pp.: 435-443. En I. Wehrtmann y J. Cortés (eds.). Marine Biodiversity of Costa Rica, Central America. Springer.
- HOLLING, C.S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. *Ann. Rev. of Ecol. And Syst.*, 4: 2-23.
- HOSSFELD, B. (1996). Distribution and biomass of arrow worms (Chaetognatha) in Golfo de Nicoya and Golfo Dulce, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 44 (Supl. 3): 157-172.
- IKEN, K. & B. KONAR. (2003). Natural geography in near-shore areas (NaGISA): the nearshore component of the Census of Marine Life. *Gayana*, 67: 153-160.
- INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA. (2008). Atlas Digital de Costa Rica. D.C.
- JAKOB, J. (1996). *Zur Ökologie und Biometrie pelagischer Ostracoden im Golfo Dulce (Costa Rica)*. M.Sc. Thesis, Freien Universität Berlin. Berlin, Alemania.
- JIMÉNEZ, J.A. (1994). *Los manglares del Pacífico Centroamericano*. Editorial Fundación UNA, Heredia.
- KUEVER, J.; WAWER, C. & LILLEBAECK, R. (1996). Microbiological observations in the anoxic basin Golfo Dulce, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 44(Supl. 3): 49-57.
- LEÓN-MORALES, R. & VARGAS, J. (1998). Macroinfauna of a tropical fjord-like embayment: Golfo Dulce, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 46(6): 81-90.
- LENZ J. (2000). Introduction. In Harris R.P.; Wiebe, P.H.; Lenz, J.; Skjoldal, L.R. y M. Huuntlez (eds). *Zooplankton Methodology Manual*. p.1-32. Academic Press, London, England.
- LONGHURST, A. R. (1985). Relationshipn between diversity and the vertical structure of the upper ocean. *Deep Sea Res.*, 32: 1535-1570.
- MANN, K. H. (2000). *Ecology of coastal waters with implications for management*. Blackwell Science.
- MINAET. (2008). Plan Director e Indicativo del Área Marina de Usos Múltiples Pacífico Sur, Costa Rica.
- MITTELBACH, G.G.; STEINER C.F.; SCHEINER, S.M.; GROSS, K.L.; REYNOLDS, H.L.; WAIDE, R.V.; WILLIG, M.R.; DODSON, S.I. & GOUGH., L. (2001). What is the observed relationship between species richness and productivity? *Ecology*, 82: 2381-2396.
- MOLINA-UREÑA, H. (1996). Ichthyoplankton assemblages in the Gulf of Nicoya and Golfo Dulce. *Revista de Biología Tropical*, 44(Supl. 3): 173-182.
- MONTERO-CORDERO, A. (2007). Efecto Potencial de la observación de cetáceos y otras actividades recreativas sobre el comportamiento del Delfín Manchado *Stenella attenuatae*, en Bahía Drake. Tesis de Maestría en Biología, Universidad de Costa Rica. San Pedro, Costa Rica.

- MORALES-RAMÍREZ, A. (2001). Biodiversidad marina de Costa Rica, los microcrustáceos: Subclase Copepoda (Crustacea: Maxillopoda). *Revista de Biología Tropical*, 49(Supl. 2): 115 -133.
- MORALES-RAMÍREZ, A. y HARTMANN, H.J. (2001). El Golfo Dulce: un ecosistema único en el Pacífico americano y un caso para la gestión Integrada. In A. Morales-Ramírez y H.J. Hartmann (eds.). Primera Sesión del Primer Ecoforo de la zona sur Cándida Badilla. 6-9 septiembre 2001, Golfito. Costa Rica.
- MORALES-RAMÍREZ, A. (2005). Plancton. En F. Bolaños y J. Lobo. *Historia Natural de Golfito*. Editorial InBio.
- MORALES-RAMÍREZ, A.; VARGAS-MONTERO, M. & FREER, E. (2005). HAB's in Golfo Dulce, Costa Rica: a unique fjord - like embayment on the eastern tropical Pacific. Abstract. Open Science Meeting on HBBs in Fjords and coastal embayments. The Global Ecology and Oceanography of Harmful Algal Blooms Program. 26-29 April 2004. Viña del Mar. Chile.
- MORALES-RAMÍREZ, A. y NOWACZYK, J. (2006). Distribución, abundancia, biomasa y composición del zooplancton gelatinoso en Golfo Dulce, costa pacífica de Costa Rica, durante la transición estación lluviosa-seca 1997-1998: posible impacto del Fenómeno El Niño. *Revista de Biología Tropical*, 54 (Suppl. 1): 201-223.
- MORALES-RAMÍREZ, A. & JACOB, J. (2008). Seasonal vertical distribution, abundance and biometrical relationship of ostracods in Golfo Dulce, Pacific coast of Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 56 (Supl. 4): 125-147.
- MORALES-RAMÍREZ, A. & SUÁREZ-MORALES, E. (2009). Copepods, p. 291-305. En I. Wehrtmann, y J. Cortés, (eds). *Marine Biodiversity of Costa Rica, Central America*. Springer.
- NICHOLS-DRISCOLL, J. (1976). Benthic invertebrate communities in Golfo Dulce, Costa Rica, an anoxic basin. *Revista de Biología Tropical*, 24: 281-297.
- OLSEN, P. (2003). Coastal stewardship in the anthropocene. p. 5-36. In S.B. Olsen (ed.) *Crafting coastal governance in a changing world*. CRN/USAID. The Coastal Resources Management Program.
- PFISTERER, A.B. & SCHMITH, B. (2002). Diversity-dependent production can decrease the stability of ecosystem functioning. *Nature*, 416: 84-86.
- QUESADA-ALPÍZAR, M.A. y CORTÉS-NÚÑEZ, J. (2006). Los ecosistemas marinos del Pacífico Sur de Costa Rica: estado del conocimiento y perspectivas de manejo. *Revista de Biología Tropical*, 54 (Supl. 1): 101-145.
- QUESADA-ALPÍZAR, M.A.; CORTÉS-NÚÑEZ, J.; ALVARADO, J.J. y FONSECA, A.C. (2006). Características hidrográficas y biológicas de la zona marino-costera del Área de Conservación Osa. Serie Técnica: Apoyando los esfuerzos en el manejo y protección de la biodiversidad tropical. The Nature Conservancy. San José, Costa Rica.
- QUESADA-ALPÍZAR, M.A. y MORALES-RAMÍREZ, A. (2004). Comportamiento de las masas de agua en el Golfo Dulce, Costa Rica durante El Niño (1997-1998). *Revista de Biología Tropical*, 52 (Suppl. 2): 95-103.
- RODRÍGUEZ - FONSECA, J. (2001). Diversidad y distribución de los cetáceos de Costa Rica (Cetacea:Delphinidae, Physeteridae, Zipiidae y Balaenopteridae). *Revista de Biología Tropical*, 49 (Supl.2): 135-143.
- RICHARDS, F. A., ANDERSON, J.J. & CLINE, J.D. (1971). Chemical and Physical observations in Golfo Dulce, an anoxic basin on the Pacific coast of Costa Rica. *Limnol. Oceanogr.*, 16(1): 43-50.
- ROJAS, R.E. (2001). *Caracterización de la ictiofauna de los sustratos duros de la parte interna del Golfo Dulce*. Tesis Licenciatura. Universidad de Costa Rica.
- SCHNEIDER, G. (1989). Carbon and nitrogen content of marine zooplankton dry material: a short review. *Plankton Newsletter*, 11: 4-7
- SILVA, A.M. y BONILLA, R. (2001). Abundancia y morfometría de *Anadara tuberculosa* y *A. grandis* (Mollusca: Bivalvia) en el manglar de Purruja, Golfo Dulce, Costa Rica. *Revista Biología Tropical*, 52 (Supl. 2): 315-320.
- SILVA, A.M. y CARRILLO, N.N. (2004). El manglar de Purruja, Golfito, Costa Rica: un modelo para su manejo. *Revista Biología Tropical*, 52(Supl.2): 195-201
- SPONBERG, A. (2004). PCB contamination in marine sediments from Golfo Dulce, Pacific coast of Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 52(Supl. 2): 23-32.
- SPONBERG, A. (2006). PCB concentration in intertidal sipunculuan (Phylum Sipuncula) marine worms from the Pacific coast of Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 54(Supl. 1): 27-33.
- SVENDSEN, H.; ROSSELAND, R.; MYKING, S.; VARGAS, J.A.; LIZANO, O.G. & ALFARO, E.J. (2006). A physical-oceanographical study of Golfo Dulce. *Revista de Biología Tropical*, 54(Supl. 1): 147-170.
- SZELISTOWSKI, W.A. (1990). *Importance of mangrove plant litter in fish food webs and as temporary floating habitat in the Gulf of Nicoya, Costa Rica*. Ph.D. Dissertation, University of Southern California. Los Angeles, California, E.U.A.

- TEJEDA-RIVAS, O. (2002). *Macroalgas asociadas a raíces de mangle: costa Pacífica de Costa Rica*. Tesis de Maestría, Universidad de Costa Rica.
- TILMAN, D. & J.A. DOWNING. (1994). Biodiversity and stability in grasslands. *Nature*, 367: 363-365.
- TORNER-MILLER, B. (1999a). *The living ocean: understanding and protecting marine biodiversity*. 2<sup>th</sup> Edition. Island Press. Cap. I The importance of Marine Biodiversity (5-15).
- TORNER-MILLER, B. (1999b). *The living ocean: understanding and protecting marine biodiversity*. 2<sup>th</sup> Edition. Island Press. Cap. VII. International and National Initiatives on Conservation of Marine Biodiversity (135-166).
- UNEP. (2010). Integrated solutions for biodiversity, climate change and poverty. *Policy Brief*, 1: 14p.
- VARGAS, J.A. & WOLFF, M. (1996). Pacific Coastal Ecosystems of Costa Rica with emphasis on the Golfo Dulce and adjacent areas: a synoptic view based on the R.V. Victor Hensen-expedition 1993/1994 and previous studies. *Revista de Biología Tropical*, 44 (Supl. 3). Prefacio.
- VON WANGELIN, M. & WOLFF, M. (1996). Comparative biomass spectra and species composition of the zooplankton communities in Golfo Dulce and Golfo de Nicoya, Pacific coast of Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 44(Suppl. 3): 135-155.
- WEHRTMANN, I.; CORTÉS, J. & ECHEVERRÍA, S. (2009). Marine Biodiversity of Costa Rica: Perspectives and conclusions. In I. Wehrtmann y J. Cortés (eds). *Marine Biodiversity of Costa Rica, Central America*. p. 521-533. Springer.
- WESTMACOTT, S. (2002). Where should the focus be in tropical integrated coastal management? *Coastal Management*, 30: 67-84.
- WOLFF, M.; HARTMANN, H.J. & KOCH, V. (1996). A pilot trophic model for Golfo Dulce, a fjord-like tropical embayment, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 44(Suppl. 3): 215-231.