

## CAPITULO XII

# GOLFO DULCE<sup>12</sup>

Marco A. Quesada<sup>13</sup> y Jorge Cortés<sup>14</sup>

**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).

<sup>12</sup> Basado en su totalidad en Quesada y Cortés (2006)

<sup>13</sup> Conservación Internacional, San José, Costa Rica, mquesada@conservation.org

<sup>14</sup> 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 km<sup>2</sup>. 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 N<sub>2</sub> 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 N<sub>2</sub>.

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/m<sup>3</sup> 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  $\mu$ m y 500  $\mu$ m). 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./m<sup>2</sup> (longitud promedio de 43,3 mm), mientras que *A.*

*similis* presentó una densidad de 0,2 indiv./m<sup>2</sup> (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 cm<sup>3</sup> 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  $5.8 \pm 4.17$  individuos, mientras que el de los grupos de *S. attenuata* fue de  $37.6 \pm 49.54$  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. N<sub>2</sub> 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. *Tectonophys.* 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.