

UNIVERSIDAD NACIONAL
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
ESCUELA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA MAESTRIA EN CIENCIAS MARINAS Y COSTERAS

TÍTULO DE LA TESIS:

"IDENTIFICACION, EVALUACIÓN Y MANEJO DE HÁBITATS CRÍTICOS UTILIZADOS POR EL TIBURÓN MARTILLO (*Sphyrna lewini*)" Y OTROS ELASMOBRANQUIOS EN GOLFO DULCE, COSTA RICA

POR: ANDRÉS MAURICIO LOPEZ GARRO

Puntarenas, Costa Rica, 2012

Tesis sometida a consideración del Tribunal Examinador del Programa Maestría en Ciencias Marinas y Costeras para optar al grado de Magister Scientiae en Ciencias Marinas y Costeras con énfasis en manejo de recursos.

RESUMEN

El tiburón martillo (*Sphyrna lewini*) es una especie cosmopolita que habita en aguas cálidas tropicales y subtropicales. En zonas costeras los juveniles y adultos son capturados por artes de pesca artesanales y camaroneras; mientras que en aguas pelágicas, los adultos son vulnerables a las líneas largas o palangres. En la actualidad *S. lewini* está siendo protegido en islas oceánicas del Pacífico Este Tropical (PET), como Isla del Coco y las Galápagos, áreas donde los adultos transcurren en las estaciones de limpieza. Sin embargo, aún no han sido identificadas, ni protegidas, áreas utilizadas por los juveniles de esta especie en la zona costera del PET. Debido a lo anterior, este proyecto identificó y evaluó hábitats críticos costeros utilizados por tiburones y rayas, en especial por *S. lewini* en Golfo Dulce, a fin de recomendar estrategias de manejo para su conservación. En la primera etapa (marzo-mayo 2010) se recolectó Conocimiento Ecológico Tradicional (CET) por medio de 52 encuestas y dos talleres en diferentes comunidades. El CET recolectado, la información técnica, así como la disponibilidad de los pescadores, fueron la base para desarrollar la segunda parte del proyecto, que incluyó la recolección de datos biológicos-pesqueros en Puerto Jiménez y Pavones. Entre mayo 2010 y mayo 2011 se analizaron 67 faenas artesanales, de estas 30 (44.8%) fueron observaciones abordo y 37 (55.2%) observaciones en muelles. Durante dichas observaciones *S. lewini* resultó ser la especie más abundante, representando más del 50% de los tiburones (n=325). En las faenas abordo, la evaluación de la condición de captura (vivo o muerto) de *S. lewini* reveló una baja sobrevivencia (14%). *S. lewini* fue capturado todo el año y se reportó la mayor CUPE en julio-agosto, periodo en que las longitudes de los tiburones fueron menores. Esto sugiere que las crías de esta especie nacen en estos meses, coincidiendo con el inicio del invierno y que hay una mayor abundancia de nutrientes. La mayoría de tiburones se capturaron cerca de Puerto Jiménez (La Ciénaga, Los Bajos y Pique Fijo), en hábitats de aguas someras (10-30 m) y fondos lodosos influenciados por manglares y ríos. Por lo anterior se recomienda disminuir el esfuerzo pesquero en estas zonas cercanas a Puerto Jiménez durante julio-agosto, meses donde se capturan más *S. lewini* recién nacidos. La recomendación responde a que el tiburón martillo presenta una baja sobrevivencia y en estas zonas durante julio y agosto las capturas fueron más abundantes.

Palabras clave: tiburón martillo, áreas de crianza, hábitats críticos, *Sphyrna lewini*, condrictios, Golfo Dulce, Conocimiento Ecológico Tradicional.

CONTENIDO

	Página
INTRODUCCIÓN.....	5
JUSTIFICACIÓN.....	9
OBJETIVOS.....	14
MARCO TEORICO	15
MATERIALES Y METODOS.....	20
RESULTADOS.....	31
DISCUSION.....	57
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	65
BIBLIOGRAFIA.	69
ANEXOS.....	76

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1. Ubicación del Golfo Dulce en el Pacífico Sur de Costa Rica.....	17
Figura 2. Ubicación geográfica de las principales comunidades pesqueras en el AMPR Golfo Dulce, Costa Rica.....	21
Figura 3. Número de encuestas realizadas por sitio de muestreo, en comunidades aledañas al AMPR Golfo Dulce. Costa Rica, 2010-11.....	30
Figura 4. Tiburones capturados regularmente en las faenas de pescadores artesanales del Golfo Dulce, Costa Rica, 2010-11.....	32
Figura 5. Zonas de pesca donde se capturan más tiburones martillo, según los pescadores de las comunidades aledañas al Golfo Dulce, Costa Rica, 2010.....	33
Figura 6. Localización de 9 importantes zonas donde se capturan tiburones martillo según los pescadores artesanales. Golfo Dulce, 2010.....	35
Figura 7. Localización geográfica de las 30 faenas con línea de fondo realizadas con observador abordo en Golfo Dulce. Costa Rica, 2010-11.	38
Figura 8. Abundancia relativa anual expresada como CPUE para el tiburón martillo en bimestres. Golfo Dulce, 2010-11.....	43
Figura 9. Gráfico de Caja de las Capturas por Unidad de Esfuerzo (CPUE) de tiburones martillo calculadas para las zonas de Golfo Dulce y Golfo de Nicoya. Costa Rica, 2010-11.....	44
Figura 10. Longitudes totales (LT) vs Longitudes Dorso-precaudales de los tiburones martillo analizados en Golfo Dulce, 2010-11 (n=290).....	47
Figura 11. Pesos totales (PT) vs Longitudes Totales (LT) de los tiburones martillo analizados en Golfo Dulce, 2010-11 (n=205).....	49
Figura 12. Distribución de frecuencia por Longitud Total (LT) de los tiburones martillo analizados abordo y en descargas. Golfo Dulce, Costa Rica 2010-11.....	50
Figura 13. Longitudes totales medias y CPUE medias por bimestres de los tiburones martillo observados en Golfo Dulce, Costa Rica 2010-11.....	52
Figura 14. Distribución de pesos de los tiburones martillo capturados con línea de fondo durante faenas de pesca realizadas en Golfo Dulce, Costa Rica 2010-11 (n=204).....	53
Figura 15. Estadios de Madurez de los tiburones martillo (<i>S.lewini</i>) analizados en Golfo Dulce. Costa Rica, 2010-11.....	54
Figura 16. Análisis de correspondencia entre las principales especies y zonas de pesca utilizadas por los pescadores (Puerto Jiménez –Pavones). Golfo Dulce, 2010-11.....	55

LISTA DE CUADROS

CUADRO	Página
Cuadro 1. Zonas visitadas por los pescadores durante las faenas artesanales con observador abordo Golfo Dulce, 2010-11.....	37
Cuadro 2. Largo de líneas de fondo y número total de anzuelos promedios utilizados durante las faenas con observador abordo. Golfo Dulce, 2010-11.....	37
Cuadro 3. Total de organismos capturados durante los viajes de observación abordo. Golfo Dulce, Costa Rica, 2010-11.	39
Cuadro 4. Total de tiburones por especie capturados durante los viajes de observación abordo en Golfo Dulce. Costa Rica, 2010-11.	39
Cuadro 5. Porcentajes de sobrevivencia y proporción sexual para las especies de tiburones más comunes capturadas por las líneas de fondo artesanales. Golfo Dulce, 2010-11.....	40
Cuadro 6. Total de rayas por especie capturadas durante los viajes de observación abordo. Golfo Dulce, Costa Rica, 2010-11.	41
Cuadro 7. Total de tiburones por especie liberados vivos durante los viajes de observación abordo en Golfo Dulce. Costa Rica, 2010-11.....	41
Cuadro 8. Cantidad de tiburones martillo registrados por zona de pesca en las observaciones abordo. Golfo Dulce, Costa Rica, 2010-11.....	42
Cuadro 9. Zonas visitadas por los pescadores en las faenas artesanales analizadas en los centros de recibo o acopio de Golfo Dulce. Costa Rica, 2010-11.....	45
Cuadro 10. Total de tiburones por especie analizados durante la observación de descargas en muelles y puertos de acopio de Golfo Dulce. Costa Rica, 2010-11.....	45
Cuadro 11. Longitudes medias (LT, cm), mínimo, máximo y DE, para los tiburones más comunes analizados en Golfo Dulce, Costa Rica, 2010-11.....	47
Cuadro 12. Ancho de Disco total (ADi, cm), mínimo, máximo y DE, para las <i>D. longa</i> analizadas en Golfo Dulce, Costa Rica, 2010-11	48
Cuadro 13. Longitudes medias (LT, cm), mínimo, máximo y DE, para los tiburones martillo hembras y machos analizados en Golfo Dulce, Costa Rica, 2010-11.....	49
Cuadro 14. Pesos medios (PT, g), mínimo, máximo y DE, para los tiburones martillo hembras y machos analizados en Golfo Dulce, Costa Rica, 2010-11.....	50

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

Los tiburones habitan en los océanos desde hace más de 400 millones de años, adaptándose exitosamente a hábitats de aguas costeras y pelágicas. A nivel taxonómico los tiburones pertenecen a la Clase Chondrichthyes y a la Subclase Elasmobranchii, debido principalmente a que poseen un esqueleto de cartílago y no óseo como la mayoría de los peces modernos. En la actualidad, existen alrededor de 400 especies en todo el mundo (Compagno *et al.*, 2005).

A diferencia de los peces óseos o teleósteos, los tiburones poseen escamas placoideas (dentículos dérmicos), aberturas branquiales (5 o 7 dependiendo de la especie) y carecen de opérculo. Además, los machos tienen órganos copuladores denominados hemipenes o claspers (Hamlett, 1999; Musick y Bonfil, 2004) y algunas especies cuentan con espiráculos. Sin embargo, quizás una de las mayores diferencias existentes entre los peces óseos y los cartilagosos son sus estrategias reproductivas. Los tiburones se caracterizan por tener un crecimiento lento, una edad de madurez sexual tardía, fertilización interna y una baja productividad con limitado número de crías.

Al igual que en otros grupos marinos, el mayor número de especies de tiburones habita en zonas tropicales, con una tendencia a la disminución en zonas subtropicales y templadas. Algunas especies son cosmopolitas o de amplia distribución, mientras otras se encuentran restringidas a zonas o lugares costeros, pelágicos, polares o abisales. (Bonfil, 1997; Musick y Bonfil, 2004), como es el caso del tiburón dormilón del Pacífico (*Somniosus pacificus*) que habita las aguas polares de Alaska (Benz *et al.*, 2004). Inclusive algunas especies habitan en áreas determinadas durante cierto tiempo de su ciclo de vida, tal es el caso de las áreas de crianza, de alimentación, de migración, etc., que representan hábitats críticos para algunos tiburones.

Un hábitat crítico puede ser definido como: “el área o entorno espacial vital para la supervivencia diaria de los individuos de una especie, que ayuda a mantener saludable

los rangos de crecimiento de la población” (Gibson y Wellbelove, 2010). Por esta razón un hábitat crítico no es simplemente un área definida con gran densidad de animales de una especie, ya que zonas con menos densidades pueden ser más críticas. Esto va a depender del comportamiento, la estructura de la población y si las amenazas en estas áreas impactan en la población.

Según Gibson y Wellbelove (2010) las Áreas de Hábitats Críticos incluyen:

- Áreas donde una especie está presente, se alimenta, resguarda o crece.
- Áreas donde las especies no están presentes y que son críticas si la especie llega a recuperarse de su estado amenazado, y que pueden permanecer por largo plazo.
- Áreas de migración, de paso, o corredores migratorios que pueden ser críticos para la sobrevivencia de la población en el tiempo. Normalmente los biólogos marinos pesqueros evalúan la relación entre el entorno físico y biológico de los hábitats críticos y la sobrevivencia o reproducción de una especie amenazada.

Por tanto, cuando el área geográfica es considerada esencial para la conservación de una especie amenazada, esta se define como “hábitat crítico” y deberán tomarse disposiciones especiales para su manejo y protección (Gibson y Wellbelove, 2010).

En el caso de los tiburones, los hábitats críticos que mejor se han identificado son las denominadas áreas de crianza, donde los juveniles buscan refugio y alimento en sus primeras etapas de vida (Kinney y Simpfendorfer, 2008). Las áreas de crianza se caracterizan por poseer aguas protegidas altamente productivas, como es el caso de estuarios, bahías y manglares de zonas costeras. Estas zonas suministran a los juveniles alimento y protección de los depredadores.

En la actualidad muchas de estas áreas costeras han sido impactadas o están amenazadas por actividades humanas como la contaminación, sobreexplotación (pesquerías) y la degradación de hábitats (Hamlett, 1999; Camhi *et al.*, 1998).

En aguas costarricenses la situación es similar ya que es posible que algunas áreas de crianza o hábitats críticos utilizados por diferentes especies de tiburones hayan sido alteradas o destruidas. Tal es el caso de la zona de Tárcoles en el Pacífico central, donde Zanella (2008) describió el impacto que ha sufrido el área de crianza para el tiburón martillo (*S. lewini*), ubicada en las cercanías de esta comunidad pesquera, debido principalmente a la contaminación del Río Grande de Tárcoles.

Según lo anterior, a lo largo de la costa encontramos diferentes hábitats críticos tanto para tiburones costeros como pelágicos. Solo en la costa pacífica de Costa Rica se han reportado 28 especies de tiburones de importancia comercial, donde sobresalen las familias Carcharhinidae, Alopiidae, Triakidae, Sphyrnidae, entre otras (Comisión del Plan de Acción Nacional para la Conservación y Ordenación de los tiburones, 2008). De estas destaca la familia Sphyrnidae, que incluye a los tiburones martillo, cuyas poblaciones han disminuido de manera alarmante en los últimos años. Según Rowe y Hutchings (2003), desde 1986, las poblaciones de tiburones martillo han declinado más de un 75% en todo el mundo. Además, Baum *et al.*, 2003, reportaron un declive del 70% en las capturas del género *Sphyrna* en los últimos 20 años en el Atlántico Norte. Igualmente, Myers *et al.* (2005) entre 1992 y 2005 determinaron una disminución del 71% en la abundancia del tiburón martillo en sitios de buceo ubicados en los alrededores de la Isla del Coco.

Aunque en aguas costarricenses se han reportado seis especies de la familia Sphyrnidae (*S. tiburo*, *S. mokarran*, *S. zygaena*, *S. corona*, *S. media*.y *S. lewini*), la especie más abundante en las capturas pesqueras es el tiburón martillo (*S. lewini*) (Zanella, 2008).

Esta especie fue descrita por primera vez como *Zygaena lewini* por Griffith y Smith en 1834; sin embargo posteriormente fue denominado con su nombre actual *S. lewini* por los mismos investigadores. Su nombre deriva del significado en griego de la palabra *Sphyrna* o “martillo”, el cual hace referencia a su característica e inconfundible cabeza con expansiones laterales (Compagno *et al.* 1995).

El tiburón martillo es una especie cosmopolita que utiliza diferentes hábitats críticos de aguas cálidas de mares tropicales y subtropicales (Anislado, 2000). Sus primeras etapas de vida transcurren en aguas costeras ricas en nutrientes denominadas “áreas de crianza”, donde las crías y los juveniles obtienen alimento y protección de sus depredadores mientras crecen y alcanzan la madurez sexual. Al llegar a su etapa adulta el tiburón martillo realiza grandes migraciones, cambiando los hábitats críticos de zonas costeras por zonas pelágicas o de aguas oceánicas, tal es el caso de las estaciones de limpieza ubicadas en islas oceánicas como la Isla del Coco (Costa Rica), Malpelo (Colombia) y el Archipiélago de las Galápagos (Ecuador), donde es común avistar grandes escuelas o cardúmenes de tiburones de esta especie.

Investigaciones recientes en la Isla del Coco sugieren que durante el día los tiburones martillo se congregan en aguas someras para limpiarse, mientras que durante la noche se desplazan a aguas más profundas de cordilleras submarinas a alimentarse (Arauz *et al.*, 2007a).

Su naturaleza cosmopolita y abundancia, tanto en aguas costeras como pelágicas, convierten al tiburón *S. lewini* en una especie vulnerable a diferentes pesquerías. Aunque existen reportes de su presencia en diferentes zonas del Pacífico de Costa Rica (Campos, 1989; Myers *et al.*, 2005; Zanella, 2008) y sobre la disminución de sus poblaciones (Myers *et al.*, 2005), aún no se han identificado los hábitats críticos utilizados por esta especie en aguas del Pacífico costarricense.

JUSTIFICACIÓN

El drástico aumento de la presión pesquera ha afectado a nivel global las poblaciones de especies marinas, tanto costeras como oceánicas. Se estima que los océanos del mundo han perdido más del 90% de los grandes depredadores, siendo los tiburones, por sus características biológicas, particularmente afectados (Myers y Worm, 2003). Por su posición ecotrófica de predadores tope, los tiburones tienen una menor tasa reproductiva y de mortalidad natural con respecto a otros organismos marinos como los peces óseos, crustáceos y moluscos. Estas características hacen a los tiburones especialmente vulnerables a las pesquerías intensivas (Bonfil, 1994).

A pesar de esta vulnerabilidad, en las últimas dos décadas la pesquería dirigida a este grupo se ha intensificado, en gran parte, debido a la creciente demanda de aletas de tiburón en mercados asiáticos de países como China y Taiwan. El comercio de aletas es una de las principales amenazas que enfrentan las poblaciones de tiburones a nivel mundial (Camhi *et al.*, 1998).

En este contexto, una de las especies que ha sido más afectada por las pesquerías en aguas costeras y pelágicas ha sido el tiburón *S. lewini*, cuyas poblaciones han declinado a tal punto que la UICN la incluyó recientemente en su Lista Roja como especie amenazada y además en peligro (UICN, 2010).

Al igual que en otras partes del mundo, en Costa Rica *S. lewini* es capturada por diferentes pesquerías. En zonas costeras, los juveniles y adultos son vulnerables a las redes de enmalle (trasmallos) y líneas de fondo de pescadores artesanales, además de las redes de arrastre de embarcaciones camaroneras; mientras que en aguas pelágicas, los adultos son capturados principalmente por líneas largas o palangres pelágicos (Zanella *et al.*, 2009). Por tanto, las capturas pesqueras sugieren que a lo largo del litoral Pacífico de Costa Rica se encuentran distintos hábitats críticos para *S. lewini*, específicamente áreas de crianza (ubicadas en esteros, manglares y bahías), que son utilizadas por las hembras adultas grávidas para dar a luz sus crías, ya que

sus aguas protegidas y ricas en nutrientes proporcionan alimento y protección a los neonatos y juveniles (Fargier *et al.* 2008; Zanella *et al.* 2009).

En el Pacífico costarricense sobresalen ecosistemas de alta diversidad y productividad, donde Golfo Dulce, por sus características físicas y biológicas, es utilizado por diferentes especies de tiburones, incluyendo al amenazado *S. lewini* (Fargier *et al.* 2008). Las características morfológicas de Golfo Dulce lo convierten en uno de los pocos fiordos tropicales presente en el continente americano (Sierra *et al.*, 2003; Quirós, 2003). Debido a esta condición, presenta un ecosistema único y, al mismo tiempo, particularmente susceptible a las alteraciones humanas.

Históricamente, este golfo ha sido una fuente importante de extracción de recursos marino-costeros para importantes comunidades de sus alrededores como La Palma, Golfito, Puerto Jiménez y Zancudo, entre otros (Fargier *et al.*, 2008). Sin embargo, la falta de regulaciones en el manejo y la sobreexplotación de los recursos pesqueros han ocasionado una disminución alarmante de los mismos; motivo por el cual recientemente los pescadores artesanales y deportivos solicitaron al Instituto costarricense de pesca y acuicultura (INCOPECA) declarar Golfo Dulce como un Área Marina para la Pesca Responsable (AMPR). Por tanto, mediante el Acuerdo A.J.D.I.P. 191-2010 adoptado en la ciudad de Puntarenas, el INCOPECA acordó el establecimiento oficial del AMPR Golfo Dulce, donde se permite solo el uso de artes de pesca sostenibles y se prohíbe de forma permanente la pesca industrial, semi industrial y el uso de redes de arrastre (La Gaceta Costa Rica, 2010).

Según este acuerdo, como medida de ordenamiento y regulación para el AMPR Golfo Dulce y con base en los resultados derivados de las investigaciones pesqueras realizadas, sus características geomorfológicas, ecológicas y considerando la información brindada por los pescadores sobre sus hábitos pesqueros, se decide dividir el Golfo Dulce en tres áreas de pesca: Golfo Dulce Externo (Zona A), Interno (Zona B) y la zona de Golfito, las cuales están delimitadas de la siguiente forma (Figura 2):

Golfo Dulce Externo (Zona A): *Límite exterior:* una línea imaginaria que se extiende desde Punta Banco, hasta Cabo Matapalo. *Límite interior:* una línea imaginaria que se extiende desde la margen derecha del río Tigre hasta Punta Voladera.

Artes de pesca autorizados Zona A:

Pesca de Escama: Cuerda de mano y una línea plañera (de fondo) con una longitud máxima de 500 m. medida de punta a punta con un máximo de 200 anzuelos. En ambos casos con anzuelo tipo “J” igual o menor a N° 6 o anzuelo circular igual o mayor a N° 6. Nasas.

Pesca Deportiva y Turística: Con cañas, carretes y cuerdas de mano. Se pueden utilizar señuelos artificiales independientemente de su tamaño, clase o tipo. Anzuelos individuales tipo “J” igual o menor a N° 6. Anzuelos individuales circulares igual o mayor a N° 6. Cuando medie el uso de carnada de origen biológico debe utilizarse anzuelo circular igual o mayor a N° 6.

Pesca de Carnada: Cuerda de mano y cañas y carretes con anzuelo tipo “J” igual o mayor a N° 16.

Pesca de Ballyhoo (Hemiramphus saltator): Captura con “scoop” o “Dip Net”.

Golfo Dulce Interno (Zona B): *Límite exterior:* una línea imaginaria que se extiende desde la margen derecha del río Tigre hasta Punta Voladera. *Límite interior:* a partir del límite exterior aguas adentro, abarcando todas las aguas del golfo Dulce excepto aquellas áreas sobre las cuales pesa prohibición expresa.

Artes de pesca autorizados Zona B:

Pesca de Escama: Cuerda de mano con anzuelo tipo “J” igual o menor a N° 6 o circular igual o mayor a N° 6. Nasas.

Pesca Deportiva y Turística: Con cañas, carretes y cuerdas de mano. Se pueden utilizar señuelos artificiales independientemente de su tamaño, clase o tipo. Anzuelos individuales tipo “J” igual o menor a N°6. Anzuelos individuales circulares igual o mayor a N°6. Cuando medie el uso de carnada de origen biológico debe utilizarse anzuelo circular igual o mayor a N°6.”

Pesca de Carnada: Cuerda de mano o cañas y carretes con anzuelo tipo “J” igual o mayor a N° 16.

Pesca de Ballyhoo (Hemiramphus saltator): Captura con “scoop” o “Dip Net”.

Golfito (Zona Golfito): *Límite exterior:* una línea imaginaria que se extiende desde Punta Voladera hasta Puntarenitas de Golfito. *Límite interior:* a partir del límite exterior aguas adentro abarcando todas las aguas de la zona de Golfito, excepto aquellas áreas sobre las cuales pesa prohibición expresa. Artes de pesca autorizados zona Golfito:

Pesca de Escama: Cuerda de mano (de conformidad con lo establecido mediante Decreto Ejecutivo N° 17933–MAG, del 21 de Diciembre de 1987), con anzuelo tipo “J” igual o menor a N° 6 o circular igual o mayor a N° 6.

Pesca Deportiva y Turística: Con cañas, carretes y cuerdas de mano. Se pueden utilizar señuelos artificiales independientemente de su tamaño, clase o tipo. Anzuelos individuales tipo “J” igual o menor a N°6. Anzuelos individuales circulares igual o mayor a N°6. Cuando medie el uso de carnada de origen biológico debe utilizarse anzuelo circular igual o mayor a N°6.”

Pesca de Carnada: Cuerda de mano o cañas y carretes con anzuelo tipo “J” igual o mayor a N° 16.

Aunque el Golfo Dulce es un Área Marina de Pesca Responsable, en la actualidad existe un vacío de información científica acerca del estado de las poblaciones de tiburones que habitan o visitan sus aguas. Por otra parte, si bien existen reportes de la

presencia del tiburón martillo en diferentes zonas de Golfo Dulce (Campos, 1989), se desconoce el papel que desempeña este golfo en el ciclo de vida de esta especie así como parámetros básicos de sus poblaciones, tales como abundancia, distribución, crecimiento, proporción sexual, entre otros.

Debido a lo anterior, el presente trabajo recolectó información científica y conocimiento tradicional sobre las pesquerías de tiburón en comunidades costeras, a fin de identificar hábitats críticos para *S. lewini* y otros seláceos en el Golfo Dulce y para recomendar estrategias de manejo y protección.

Objetivo General:

Promover la conservación de los tiburones y rayas en el Golfo Dulce, en especial del tiburón martillo (*S. lewini*), mediante la identificación de hábitats críticos y estrategias de manejo que disminuyan su mortalidad pesquera.

Objetivos Específicos:

- Caracterizar las poblaciones de los tiburones y rayas más comunes que habitan el Golfo Dulce, enfatizando en *S. lewini*, a través del análisis de datos biológicos pesqueros provenientes de capturas artesanales.
- Identificar y describir hábitats críticos utilizados *S. lewini* en el Golfo dulce.
- Elaborar y promover acciones de conservación para *S. lewini* en conjunto con los pescadores artesanales del Golfo Dulce.

MARCO TEÓRICO

El uso de hábitats costeros como áreas de crianza ha sido reportado para diferentes especies de tiburones, entre las que sobresale el tiburón punta negra (*Carcharhinus limbatus*), el tiburón limón (*Negaprion brevirostris*) y el tiburón martillo (*S. lewini*) (Clarke, 1971; Castro, 1993; Simpfendorfer y Milward, 1993; Heupel *et al.*, 2004; Barkera *et al.*, 2005; Duncan y Holland, 2006). Inclusive, Lund (1990) demostró que las áreas de crianza han acompañado a la evolución de estos elasmobranquios por más de 320 millones de años. A su vez, Bass (1978) describió dos diferentes áreas de crianza para tiburones: la primaria donde ocurre el nacimiento de las crías y en la cual los juveniles viven por corto tiempo y la secundaria, ocupada por los juveniles después de abandonar el área primaria y en donde permanecen hasta acercarse a la madurez sexual.

Para el caso de *S. lewini*, se ha reportado el uso de áreas de crianza primarias y secundarias. Las primarias se ubican por lo general cerca de desembocaduras de ríos, donde los recién nacidos habitan en aguas someras y ricas de nutrientes; mientras que las áreas de crianza secundarias se caracterizan por tener aguas más profundas y cristalinas, con menor sedimentación y por ende menos productivas (Torres, 2004; Zanella *et al.*, 2009).

Específicamente en aguas del Pacífico central costarricense, Zanella (2008) identificó y reportó la primera área de crianza para el tiburón martillo en las cercanías del Río Grande de Tárcoles, donde delimitó un área primaria en los alrededores a este cauce con aguas someras (5-20 m) con mucha sedimentación, sugiriendo además, la posible existencia de áreas secundarias cerca de Herradura y Punta Leona, donde los tiburones *S. lewini* poseen mayores tallas y las aguas son más profundas y cristalinas (20-60 m).

Por tener un papel determinante en el ciclo de vida de muchas especies de tiburones, las áreas de crianza se consideran hábitats críticos ya que en estas zonas ocurren procesos biológicos y físicos esenciales para la supervivencia de una especie, su

población o un grupo, y por tanto, requieren manejo y protección especial. De esta manera, la identificación de las áreas de crianza resulta ser un componente indispensable para el manejo de los tiburones, ya que su efectiva protección aumenta la sobrevivencia de los individuos de una determinada especie durante las primeras etapas de su ciclo de vida (Bonfil, 1997; Kinney y Simpfendorfer, 2009).

Debido a lo anterior, es primordial continuar la identificación de áreas de crianza para tiburones en el litoral Pacífico de Costa Rica, en especial en los tres Golfos principales, a saber el Golfo de Papagayo, el Golfo de Nicoya y el Golfo Dulce. Por sus características físicas y biológicas, el Golfo Dulce probablemente contiene hábitats críticos utilizados por diferentes especies de tiburones, incluyendo a *S. lewini*.

Su particular geomorfología y dinámica de aguas, permiten dividir el Golfo Dulce en dos zonas bien marcadas:

La zona interna, caracterizada por poseer una profunda depresión con aguas que llegan a más 200 m de profundidad y comprende el 80% del cuerpo de agua del Golfo. La circulación y recambios de agua en esta zona son restringidos, por lo que las concentraciones de oxígeno y disposición de nutrientes son bajas (Wangelin y Wolff, 1996; Quirós, 2003).

La zona externa representa la boca del Golfo que se abre al Océano Pacífico, tiene solo 12 Km de ancho y posee aguas menos profundas (hasta 60 m). En esta zona se da una mejor circulación de oxígeno y una mayor productividad debido a la entrada de nutrientes ocasionada por las fuerzas de las mareas (Lei, 2002).

El Golfo Dulce tiene un área de aproximadamente 700 km² y posee características geomorfológicas muy especiales que lo convierten en uno de los sistemas de baja circulación (fiordos) descritos para zonas tropicales del mundo (Quiros, 2003).

Con respecto a la diversidad del Golfo Dulce, se han reportado más de 200 especies marinas, incluyendo a peces, moluscos, crustáceos y cetáceos. Entre estas, figuran especies pelágicas como ballenas jorobadas (*Megaptera novaeangliae*), tiburones

ballena (*Rhincodon typus*) y delfines (*Tursiops truncatus*, *Stenella attenuata*), que visitan el golfo periódicamente en busca de refugio, alimentación, entre otros (Sierra *et al.*, 2003). También se reportan diferentes especies que son explotadas con fines turísticos o comerciales por las comunidades vecinas como son, por ejemplo, los pargos (Lutjanidae), picudos (Osthiophoridae) y cabrillas (Serranidae).

Para las pesquerías artesanales de Golfo Dulce, Campos (1989) reportó la captura de una alta diversidad de peces, con más de 175 especies de las que sobresalen las macarelas (*Scomberomorus sierra*), los robalos (*Centropomus pectinatus* y *Centropomus armatus*), los pargos (*Lutjanus colorado* y *Lutjanus guttatus*) y los jureles (*Caranx vinctus*).

Además del tiburón ballena (*R. typus*) han sido reportadas otras especies de tiburones de la familia Carcharhinidae y Sphyrnidae, tal es el caso del tiburón punta negra (*Carcharhinus limbatus*), el tiburón picudo (*Rizhoprionodon longurio*) y *S. lewini* (Campos, 1989; Fargier *et al.*, 2008). Otros tiburones reportados en las capturas incidentales en el AMPR Golfo Dulce son el tiburón dormilón (*Heterodontus mexicanus*), el tiburón tigre (*Galeocerdo cuvier*), el tiburón gata (*Ginglymostoma cirratum*), el tiburón fucsia (*Nasolamia Velox*), el tiburón mamón (*Mustelus lunulatus*), entre otros (López y Zanella, 2011).

Descripción de las pesquerías artesanales en Golfo Dulce

Las aguas del Golfo Dulce son compartidas por diferentes comunidades de pescadores artesanales (Zancudo, Pavones, Puerto Jiménez, Golfito, Pílon, etc.), cuyo objetivo principal son especies comerciales como los pargos, cabrillas, congrios entre otros. Para este fin, se utilizan principalmente la línea de fondo y la cuerda de mano en diferentes zonas del Golfo Dulce como Puerto Jiménez, La Ciénaga, Punta Banco, Matapalo y otros (Figura 2). Aunque los pescadores dirigen sus esfuerzos hacia

especies comerciales, también se capturan importantes cantidades de tiburones (Sphyrnidae, Carcharhinidae y Triakidae).

De hecho, a pesar de no ser una especie de importancia comercial, *S. lewini* es capturado de manera incidental por pesquerías artesanales que operan en este golfo (Campos, 1989). Diferentes comunidades de pescadores como La Palma, Golfito, Puerto Jiménez, Pavones, Zancudo, reportan capturas incidentales de esta especie en faenas con línea de fondo dirigidas principalmente al pargo y a las cabrillas (Fargier *et al.*, 2008). Tomando como base esta interacción existente entre *S. lewini* y las pesquerías artesanales en Golfo Dulce se identificaron y recomendaron estrategias de manejo para zonas críticas utilizadas por esta especie, en conjunto con los pescadores.

Comercialización pesquera del tiburón en AMPR Golfo Dulce

A diferencia de otras zonas costeras del Pacífico costarricense como Puntarenas, Golfito o Quepos, en donde existe un amplio comercio de productos de tiburón (carne, aletas, mandíbulas, otros), en la mayoría de comunidades costeras de Golfo Dulce el comercio de productos de tiburón es escaso a escala local.

Los pescadores artesanales en Golfo Dulce y alrededores capturan a los tiburones incidentalmente en sus faenas diarias dirigidas a pargos, cuminales y cabrillas entre otros. Sin embargo, no todas las especies se comercializan, tal es el caso del *G. cuvier*, *G. cirratum*, *H. mexicanus*, cuya carne no tiene valor en el mercado.

Para *S. lewini*, la situación es variable, mientras en Puerto Jiménez no tiene valor y se utiliza solo como carnada, en Golfito y Pavones su carne se vende como “bolillo” a precios atractivos para el pescador.

Otras especies más estacionales como el *M. lunulatus* y *C. limbatus* poseen una carne más blanca y tierna, cuya demanda es muy alta y por ende su comercialización es más fácil. Esto debido a que la carne de estas especies es vendida como “bolillo” y es muy utilizada en el comercio local y nacional. También en la mayoría de las comunidades costeras artesanales (excluyendo a Golfito) el comercio de aleta de tiburón es escaso,

ya que la mayoría de los tiburones capturados poseen tallas pequeñas y sus respectivas aletas tienen bajo valor en el mercado.

Sumado a lo anterior, la comercialización del recurso tiburón tiene otros inconvenientes para los pescadores, como el hecho de que para su almacenamiento se necesita más hielo comparado con peces de escama como pargos, cabrillas, etc. Además, que muchos pescadores alegan que la carne de los tiburones y su fuerte olor (compuestos nitrogenados) afectan la calidad de otros peces, contaminando la carne de especies de mayor valor comercial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El Golfo Dulce se ubica en el Pacífico sur de Costa Rica, específicamente entre las coordenadas N 8°.00 y 9°.00 y W 82°.30 y 84°.00 de la provincia de Puntarenas. Este golfo cuenta con una extensión aproximada de 50 Km de largo por 10 a 15 Km de ancho (Dean, 1996; Quirós, 2003) (Figura 1).

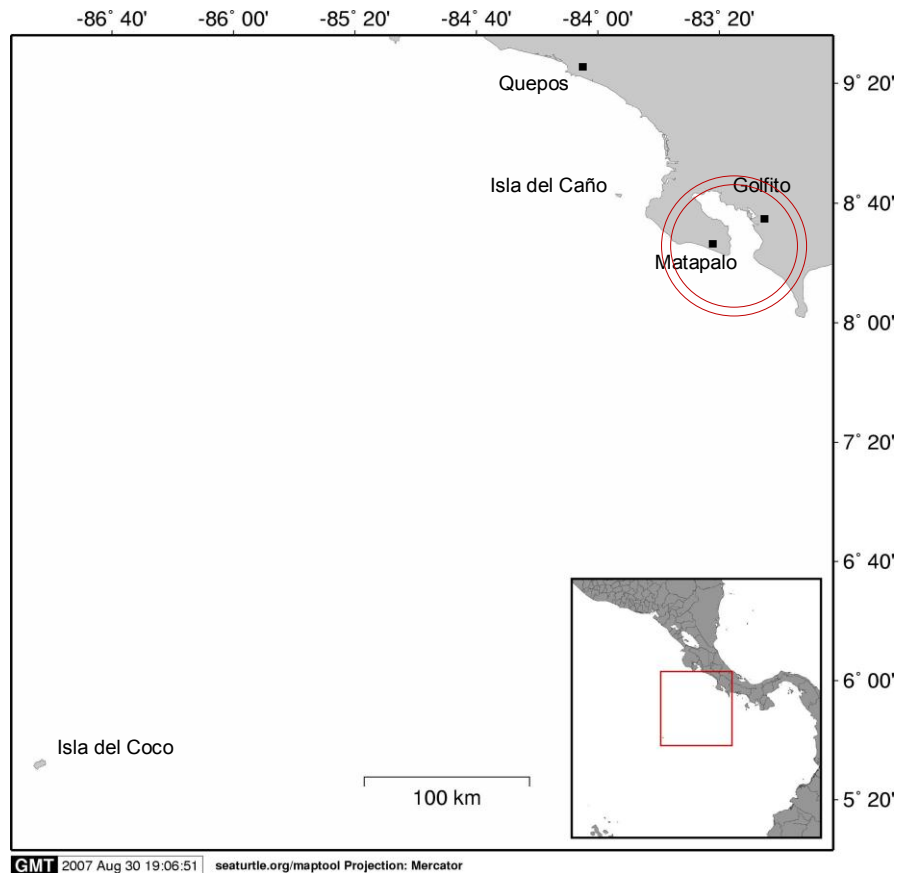


Figura 1. Ubicación del Golfo Dulce en el Pacífico Sur de Costa Rica.

El estudio se efectuó principalmente en el Golfo Dulce Externo (Zona A), en zonas costeras cercanas a diferentes comunidades, playas y ríos. Sobresalen las zonas conocidas por los pescadores como Río Tigre, Jiménez-Puntarenitas, Zancudo, Pilón-Manzanillo, Punta Banco, Matapalo, entre otros (Figura 2).

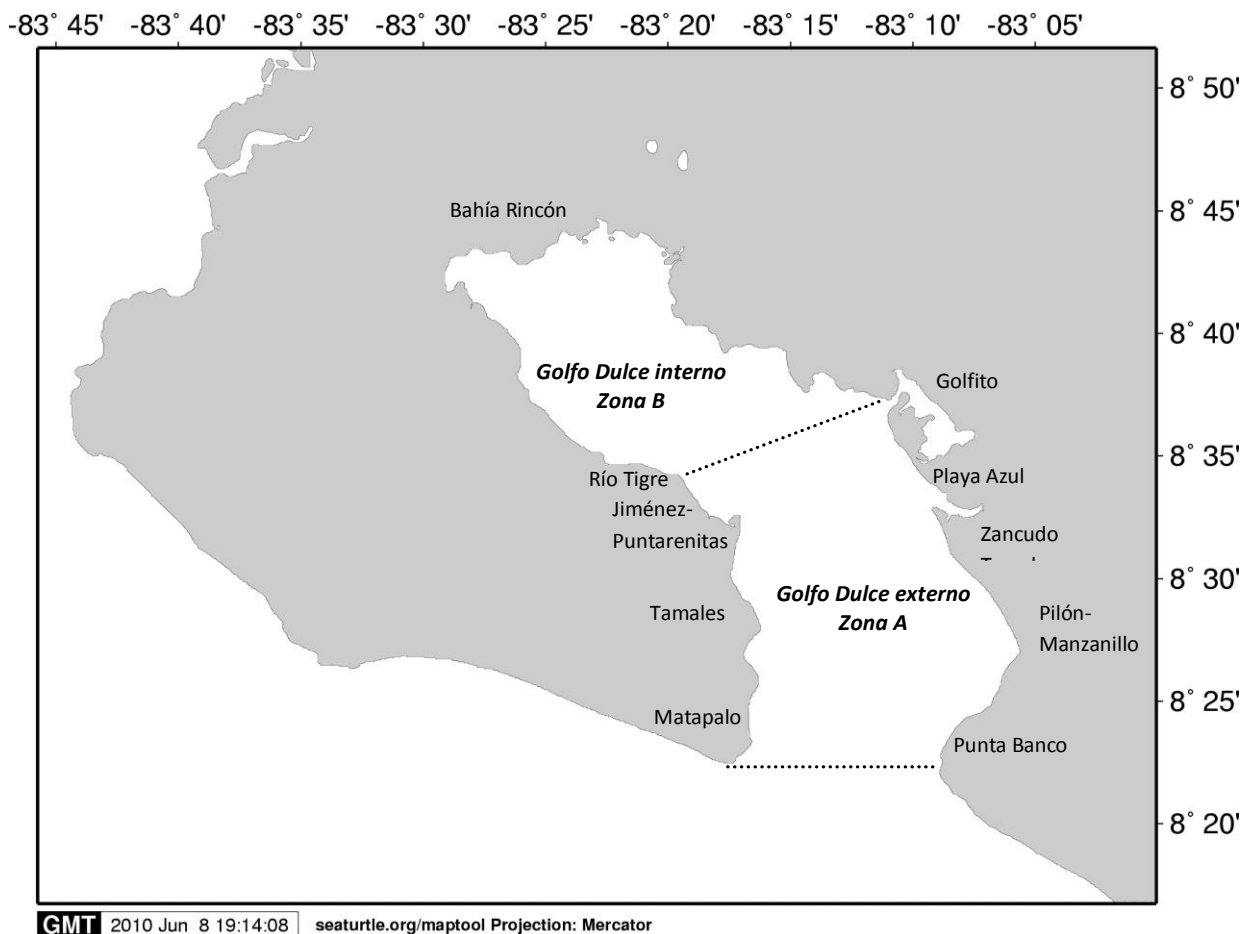


Figura 2. Ubicación geográfica de las principales zonas pesqueras en el AMPR Golfo Dulce Externo, Costa Rica.

Pescadores de Puerto Jiménez: Los pescadores de Puerto Jiménez utilizan principalmente la línea de fondo dirigida a pargos, la cual consiste de una línea madre de nylon de aproximadamente 1 a 3 km de largo, de la que cuelgan anzuelos tipo circulares (Nº 10 y 12) cada 5-10 m. Por lo general, las líneas tienen entre 200-350 anzuelos y son lanzadas en horas de la noche o madrugada, permaneciendo en el

agua por períodos de 2- 6 horas hasta su virado. La carnada normalmente consiste en sardinas (Cupleidae), bonitos (Carangidae), anguilas, peces voladores (ballyhoo) y aguja. Además de las líneas de fondo, los pescadores utilizan la cuerda de mano, la que consiste en una cuerda de monofilamento de unos 20-50 m de largo, de la cual penden 1-3 anzuelos tipo “J” (Nº 7 y 8). En la pesca con cuerda de mano se utilizan las mismas especies de carnada que en las faenas con línea de fondo.

Pescadores de Pavones: Los pescadores de Pavones utilizan principalmente la línea de fondo dirigida a cabrilla, congrio y pargos, la cual consta de una línea madre de nylon de aproximadamente 1 a 5 km de largo, de la que cuelgan anzuelos tipo “J” (Nº 7 y 8) cada 2-4 m. Por lo general, las líneas tienen entre 300-500 anzuelos y son lanzadas en horas de la noche o madrugada, permaneciendo en el agua por períodos de 2 - 12 horas hasta su virado. La carnada normalmente consiste en sardinas y calamares congelados.

Al igual que los pescadores de Puerto Jiménez, en Pavones se utiliza la cuerda de mano, la que consiste en una cuerda de monofilamento de unos 20-50 m de largo, de la cual penden 1-3 anzuelos tipo “J” (Nº 7 y 8). En la pesca con cuerda de mano se utilizan las mismas especies de carnada que en las faenas con línea de fondo.

Identificación de Hábitats críticos

Los hábitats críticos utilizados por el tiburón martillo en el Golfo Dulce fueron identificados mediante la recolección de información biológica y empírica (Conocimiento Ecológico Tradicional, CET) (Drew, 2005) en diferentes comunidades costeras (La Palma, Golfito, Puerto Jiménez, Pavones, Zancudo, etc.). La información fue recolectada desde febrero del 2010 hasta mayo del 2011, de tal manera que durante el primer trimestre (febrero-mayo 2010) se recopiló solo Conocimiento Ecológico Tradicional (CET), el cual es definido como el conocimiento acumulado a lo largo de muchas generaciones de estrechas interacciones entre humanos y el mundo

natural. El CET es una herramienta muy valiosa utilizada recientemente en programas modernos de conservación (Drew, 2005).

Para esta iniciativa el CET fue recolectado mediante encuestas, reuniones y talleres participativos y se utilizó como base para seleccionar las dos comunidades donde se reportaron las mayores capturas de tiburones martillos según los pescadores. A su vez entre mayo 2010 y hasta mayo 2011, en las comunidades seleccionadas con base en el CET y en la información bibliográfica se implementó la segunda etapa del proyecto, donde se recolectaron datos biológicos pesqueros (tallas, pesos, estadios reproductivos y abundancia relativa, entre otros) a bordo de embarcaciones y en centros de acopio (recibidores, pescaderías) en dos comunidades diferentes, a saber, Puerto Jiménez y Pavones.

De esta manera la interacción existente entre *S. lewini* y las pesquerías artesanales en Golfo Dulce permitió identificar y recomendar estrategias de manejo para zonas críticas utilizadas por esta especie, en conjunto con los pescadores.

Información Empírica (Conocimiento Ecológico Tradicional): Información recolectada mediante la aplicación de encuestas estructuradas (Anexo 1) y reuniones que se realizaron con diferentes asociaciones o cooperativas de pescadores nacionales de Golfo Dulce, instituciones gubernamentales (INCOPECA y Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones (MINAET) y otros miembros de las comunidades costeras en los tres primeros meses del proyecto.

Encuesta estructura: Con el objetivo de conocer sobre la abundancia, estacionalidad y e interacción entre el tiburón martillo y las pesquerías artesanales de Golfo Dulce, se realizó una encuesta estructura a pescadores de diferentes comunidades (Anexo 1). Para estimar el número mínimo de encuestas a realizar, se utilizó la ecuación diseñada para el muestreo de poblaciones finitas descrita a continuación:

individuos por especie de la captura comercial y su condición de captura (vivo o muerto).

Luego de su identificación taxonómica, para los *S. lewini* analizados, se tomaron las siguientes medidas, según Anislado (2000):

Longitud Total (LT): medida desde la punta del hocico, hasta el extremo final de la aleta caudal ($\pm 0.1\text{cm}$).

Longitud Dorso-Precaudal (LDP): medida desde el inicio de la primera aleta dorsal, hasta la foseta precaudal ($\pm 0.1\text{cm}$).

Peso Total (PT): peso corporal total en kilogramos, incluyendo vísceras ($\pm 0.5\text{ g}$).

Las medidas de LDP de los tiburones martillo fueron relacionadas mediante una regresión lineal con las LT. De esta manera se obtuvo la ecuación que relaciona ambas variables y que permitió estimar el valor aproximado de la LT de un ejemplar aún si este fue descargado o comercializado sin cabeza. Además se relacionó la LT con el Peso Total, esta regresión permitió obtener la ecuación que relaciona ambas variables.

Los valores de longitud y peso total promedio fueron estimados y comparados estadísticamente para hembras y machos (utilizando la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, del programa InfoStat (Di Renienzo *et al.* 2008). Además de los pesos y longitudes promedios, se calculó el mínimo (min), máximo (max) y la desviación estándar (DE) de los *S. lewini* analizados.

Con los valores de longitud total y peso total se calculó la distribución de frecuencia para las clases de tallas más importantes para *S. lewini*. La proporción sexual se calculó basándose en los sexos de los tiburones capturados abordo y descargados por los pescadores artesanales de Puerto Jiménez y Pavones.

Para los machos se recolectó la longitud de los claspers (LC: medida desde el punto de inserción con la cloaca hasta la punta final de los clasper, $\pm 0.1\text{cm}$) (Chiriamonte y

Pettovello, 2000). A su vez, se determinó el estadio reproductivo según la calcificación de los claspers, utilizando la siguiente clasificación:

Inmaduro I - hemipenes cortos y suaves.

Inmaduro II - hemipenes cortos y parcialmente calcificados.

Maduro III - hemipenes totalmente calcificados, la base de los hemipenes puede ser rotada 180° y vuelve a su posición original. Presencia de semen en los hemipenes.

Luego de la determinación del estadio reproductivo (machos) y cuando la condición de capturada lo permitió, todos los tiburones y rayas de bajo valor comercial fueron liberados vivos y sin anzuelos al mar.

A los ejemplares descargados con vísceras y órganos reproductivos en su cavidad abdominal, se les determinó el estadio de madurez sexual, con referencia a la de la clasificación utilizada para el tiburón *Mustelus schimitti* en la Patagonia Argentina propuesta por Chiaramonte y Pettovello (2000).

Machos

Estadio I: cría o recién nacido. Hemipenes cortos y suaves, testículos delgados e incoloros sin vascularización, presencia de la inserción umbilical.

Estadio II: juvenil. Hemipenes cortos y parcialmente calcificados, testículos con vascularización incipiente.

Estadio III: adulto. Hemipenes totalmente calcificados, pueden realizar una rotación de 180° desde la base y volver a su posición original. Testículos desarrollados, conductos deferentes en espiral color crema y vascularización visible.

Estadio IV: adulto activo (en época reproductiva). Hemipenes totalmente calcificados, testículos engrosados, vesícula seminal turgente con esperma y una alta vascularización con presencia de semen en los hemipenes.

Hembras

Estadío I: cría o recién nacida. Ovario pequeño liso e incoloro con oviductos delgados y rectos. Presencia de la inserción umbilical.

Estadío II: juvenil. Ovario con muchos folículos sin desarrollar (granulado a simple vista) y de color pálido. Útero no diferenciado del oviducto.

Estadío III: preadulta. Ovario con folículos amarillentos. Útero diferenciado y glándula oviductal en forma de corazón, útero sin óvulos.

Estadío IV: adulta. Útero largo y flácido y glándula oviductal grande en forma de corazón. Óvulos desarrollados dentro del útero.

Estadío V: grávida. Útero engrosado con embriones en su interior.

Los valores de los estadios reproductivos de los tiburones *S. lewini* en las descargas, se estimaron de manera porcentual sin importar el sexo.

Además para las rayas se registraron las siguientes medidas:

Ancho del Disco (ADi): Medida como la distancia comprendida entre los extremos de las aletas pectorales ($\pm 0.1\text{cm}$).

Para las especies de tiburones y rayas más comunes analizados en las observaciones pesqueras, se estimaron los valores longitud total media, desviación estándar mínimo y máximo.

Variables ambientales

Con el fin de relacionar las capturas de tiburones *S. lewini* con las diferentes zonas de pesca y la profundidad, se realizó un análisis de correspondencia canónico triplot, utilizando el programa CANOCO para Windows (versión 5.1). Además, se estimaron los valores promedios de temperatura del agua superficial con un multiparámetro (PCS Testtr 35), esto durante los viajes abordo a lo largo del año.

Abundancia Relativa

La abundancia relativa de tiburones *S. lewini* fue estimada para los individuos capturados durante las faenas de pesca con línea de fondo y observador a bordo.

La Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) se expresó como el número de individuos capturados por cada 1000 anzuelos (Tavares, 2005). No obstante, para estudiar la fluctuación de la abundancia relativa a través del tiempo, se consideró incluir en la función el tiempo efectivo que los anzuelos estuvieron en el agua, el cual puede variar entre temporadas, entre pescadores e inclusive entre faenas de pesca (Musick y Bonfil 2004; López *et al.*, 2009).

Se utilizó la siguiente ecuación para calcular el número de tiburones capturados por anzuelo, por hora:

$$CPUE = \frac{TT}{TA} \\ \left[\frac{(HIV-HIC)}{2} + \frac{(HFV-HFC)}{2} \right]$$

donde,

TT = total de tiburones

TA = total de anzuelos

HIV = hora inicial virado

HIC = hora inicial calado

HFV = hora final virado

HFC = hora final calado

Los valores de CPUE calculados para Golfo Dulce, fueron comparados estadísticamente con las CPUE obtenidas por Zanella (2008) en la zona externa de Golfo Dulce. Lo anterior a fin de establecer comparaciones entre las capturas de tiburones *S. lewini* en ambas pesquerías.

Elaboración de estrategias de manejo para el tiburón martillo

Las estrategias de manejo para las poblaciones del tiburón *S. lewini* en Golfo Dulce, fueron el producto del análisis técnico del Conocimiento Ecológico Tradicional (CET) y los datos biológico-pesqueros. Con base en la fusión de esta información se proponen diferentes acciones para disminuir la mortalidad pesquera de esta especie. Dichas acciones fueron analizadas y discutidas en diferentes talleres participativos con comunidades de pescadores artesanales.

Se realizaron dos talleres participativos con comunidades de pescadores artesanales de Puerto Jiménez y Pavones cuyas capturas incluyeron a los tiburones martillos, con el propósito de identificar acciones en conjunto que ayuden a disminuir la mortalidad pesquera del tiburón *S. lewini* en el Golfo Dulce, a fin de promoverlas a nivel local (pescadores) y gubernamental (INCOPECA y MINAET).

RESULTADOS

Entre marzo 2010 y mayo 2011 se recolectaron datos biológico-pesqueros y CET sobre las capturas de tiburones presentes en las pesquerías artesanales de Golfo Dulce en diferentes comunidades costeras.

Conocimiento Ecológico Tradicional: El CET fue recopilado mediante encuestas y talleres participativos que se realizaron en Golfito, Pavones, Puerto Jiménez, Rincón y Puntarenitas. La estimación del tamaño muestral mediante la ecuación de poblaciones finitas y número de pescadores artesanales según INCOPECA, recomendó realizar al menos 43 encuestas.

Encuestas estructuradas: Entre marzo-mayo 2010 se realizaron un total de 52 encuestas estructurales en diferentes comunidades del AMPR Golfo Dulce. De estas el 49% se efectuaron en Golfito, 27% en Puerto Jiménez, 8% en Pavones, 8% en Rincón y 8% en Puntarenitas de Golfito (Figura 3).

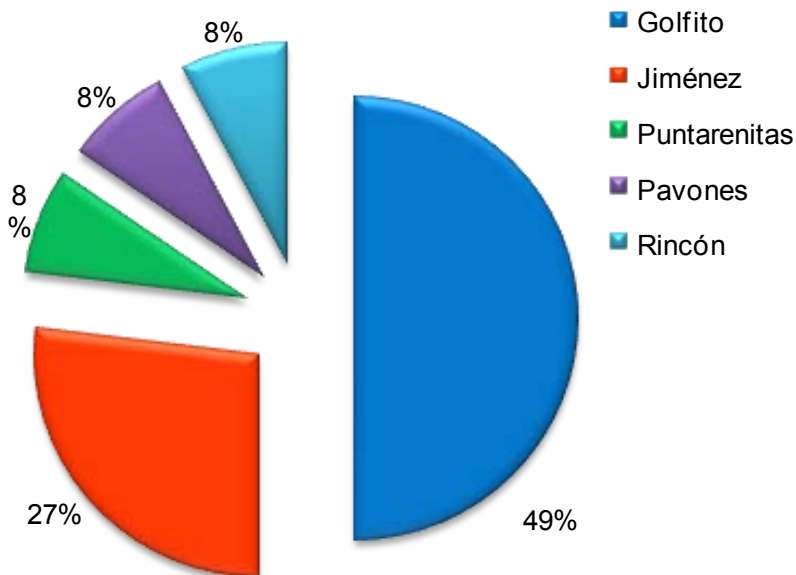


Figura 3. Número de encuestas realizadas por sitio de muestreo, en comunidades aledañas al AMPR Golfo Dulce. Costa Rica, 2010-11. (n=52).

Con respecto al número de años de dedicarse a la pesca en Golfo Dulce, los encuestados tienen en promedio 22 ± 12.6 años de ser pescadores. Así mismo, más del 95% de los pescadores encuestados utilizan artes de pesca artesanales y solo dos (4%) pescan con palangre superficial en las afueras del Golfo Dulce.

Los pescadores artesanales del Golfo Dulce realizan principalmente faenas con línea de fondo, cuerda de mano y trasmallos. Todos los pescadores artesanales encuestados dirigen sus esfuerzos principalmente hacia especies de interés comercial como los pargos, cabrillas, congrios, robalos y corvinas, y solo dos (4%) de ellos mencionaron que ocasionalmente buscan tiburones. Sin embargo, más del 90% de los pescadores artesanales encuestados afirmaron que capturan tiburones regularmente en sus faenas de pesca, y solo cuatro (8%) indicaron no pescarlos.

Respecto a las especies de tiburones más comunes, 33 (29%) personas mencionaron capturar cornuda, también llamado tiburón martillo (*S. lewini*), 22 (20%) tiburones mamones (*Mustelus sp.*), 18 (16%) tiburón punta negra, 15 (13%) tiburones picudos (*N. velox*, *R. longurio*), 11 (10%) tiburones tigre, 6 (5%) tiburones punta blanca (*Triaenodon obesus*), 5 (4%) tiburones toro (*Carcharhinus leucas*), 1 (1.1%) pez sierra (*Pristis sp.*), 1 (1%) tiburón zorro (*Alopias sp.*) y 1 (1%) tiburón gata (*G. cirratum*) (Figura 4).

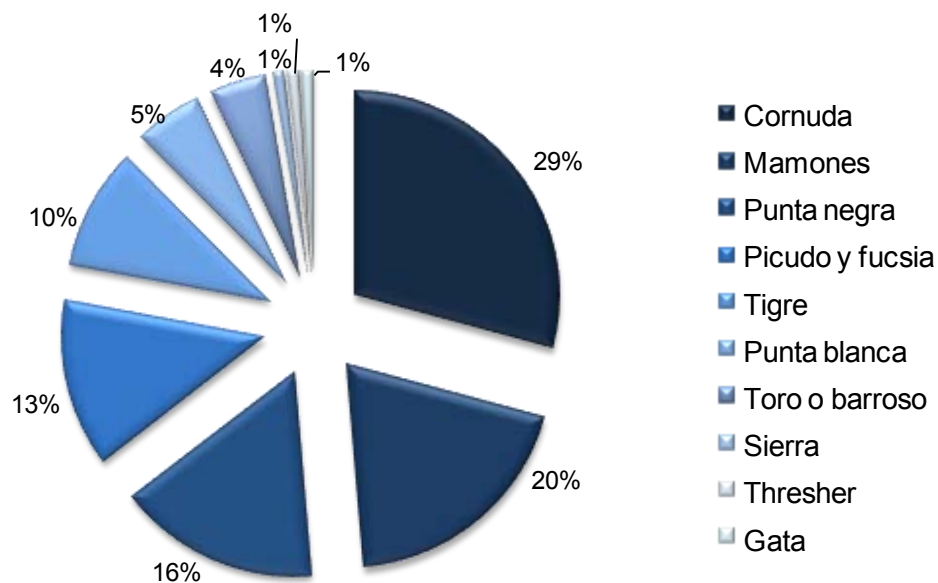


Figura 4. Tiburones capturados regularmente en las faenas de pescadores artesanales del Golfo Dulce, Costa Rica, 2010.

En diversas localidades del Golfo Dulce los pescadores reportaron capturas del tiburón martillo. De acuerdo a estos, las zonas más frecuentadas son Pavones con el 12%, Tamales 11%, Matapalo 9%, Playa Azul 8% y la categoría “otros” incluyó a La Trocha, Isla Plegarias, Agujas, La Chancha, Callejones, La Bocana y Caña Blanca (Figura 5).

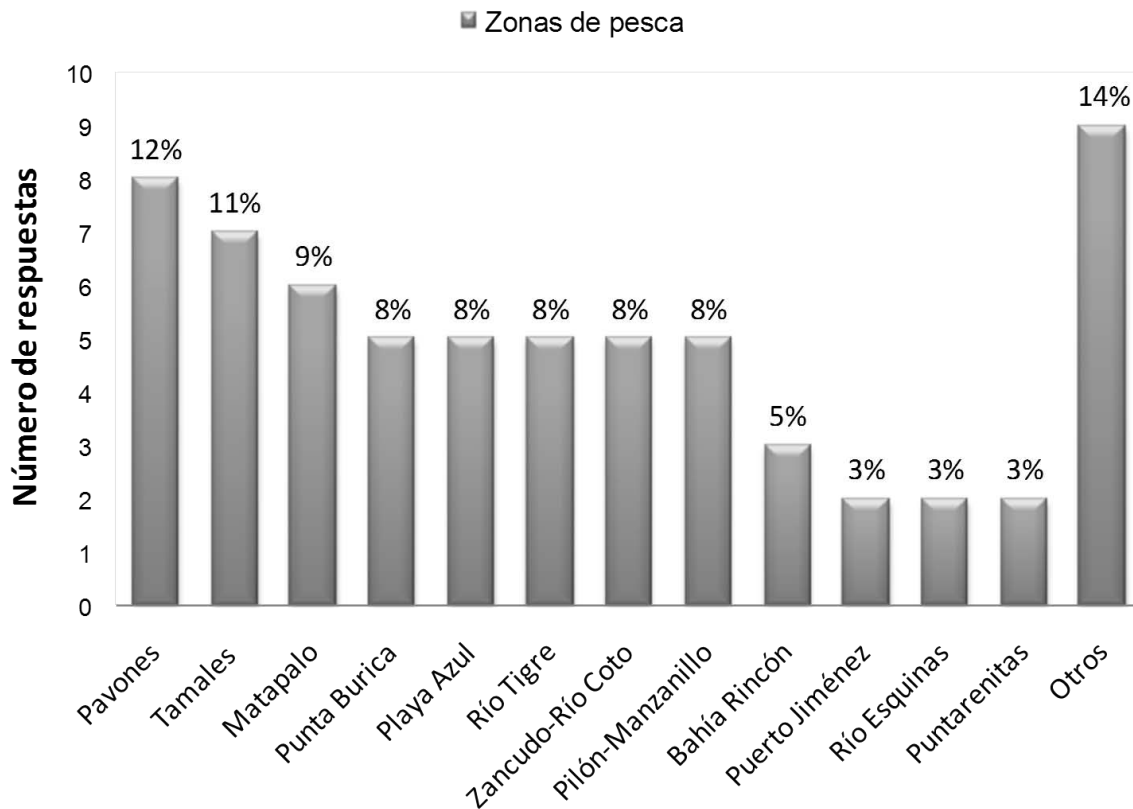


Figura 5. Zonas de pesca donde se capturan más tiburones martillo, según los pescadores de las comunidades aledañas al Golfo Dulce, Costa Rica, 2010. (n= 64).

El 25 (48%) de las personas encuestadas, señalaron que capturan más tiburones martillo en los meses de la época lluviosa (entre abril y octubre), dos (4%) que los pescan más a principio de año. Mientras que once (21%) consideraron que no hay un periodo específico, sino más bien depende de la luna y 14 (27%) no contestaron o no supieron responder. En cuanto a la talla de los tiburones martillo capturados en la faenas de pesca, más de la mitad de los pescadores 28 (56%) afirmó pescar individuos que pesan menos de 5 kg, 15 (30%) capturan todos los tamaños y 7 (14%) no contestaron.

Talleres participativos: El Conocimiento Ecológico Tradicional (CET) recolectado en las encuestas y reuniones sumado a la disposición y facilidades de los gremios pesqueros, permitieron la selección de dos comunidades en Golfo Dulce donde realizar los talleres participativos y la recolecta de información biológica-pesquera. Se eligieron comunidades ubicadas geográficamente en puntos extremos, esto con el fin de abarcar la mayor cantidad de zonas de pesca posibles y tener una concepción integral de los sitios donde se reportan capturas importantes del tiburón martillo. Por lo anterior, para la realización de los talleres se eligieron las siguientes comunidades: *Puerto Jiménez*, donde se invitaron pescadores de Jiménez, Rincón y La Palma; y *Puntarenitas de Golfito*, donde se convocaron pescadores de Golfito, Zancudo, Pílon y Pavones.

El CET recolectado durante los talleres participativos permitió definir nueve posibles zonas de pesca importantes para el tiburón martillo en AMPR Golfo Dulce y alrededores, a saber: Tamales, Pílon-Manzanillo, Jiménez-Puntarenitas, Pavones, Matapalo, Bahía Rincón, Playa Azul, Río Tigre y Punta Burica (Figura 6).

Hábitats críticos zona externa: Incluye diferentes hábitats en las proximidades a Puerto Jiménez, Puntarenitas, Platanares, Zancudo, Tamales de Pavones, Pílon y Manzanillo.

Hábitats críticos zona Golfito: Incluye las zonas aledañas a la comunidad de Golfito como Playa Azul y La Isla,

Información biológica-pesquera

De mayo 2010 a mayo 2011 se recolectó información biológica-pesquera referente a 67 faenas pesqueras artesanales con línea de fondo, de las cuales 30 (44.8%) fueron observaciones abordo y 37 (55.2%) observaciones de descargas en centros de acopio o recibidores. La información referente a observaciones abordo y de descarga fue analizada de manera separada.

Observaciones Abordo: En total se analizaron 30 faenas de pesca con línea de fondo abordo de embarcaciones artesanales, estas se realizaron en su mayoría en la zona externa de Golfo Dulce y sus alrededores. Sobresalen las zonas conocidas por los pescadores como Los Bajos y Pique Fijo con el 26.7% y 23.3% respectivamente, de todas las faenas realizadas. Otras zonas importantes fueron La Ciénaga (20.0%), Lapa-Ríos (6.7%) y Pavones (6.7%) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Zonas visitadas por los pescadores durante las faenas artesanales con observador abordo. Golfo Dulce, 2010-11.

Zonas de pesca	Número faenas	% del total
Los Bajos	8	26.7
Pique Fijo	7	23.3
Jiménez-La Ciénaga	6	20.0
Lapa-Ríos	2	6.7
Piedra del Sombrero	2	6.7
Pavones	2	6.7
Matapalo	1	3.3
Punta Banco	1	3.3
Corcovado	1	3.3
Totales	30	100

En las faenas con observador abordo, los pescadores utilizaron líneas de fondo con una longitud promedio de 2.1 ± 0.8 km. A su vez, en cada faena se lanzaron en promedio un total de 308.1 ± 90.5 anzuelos (Cuadro 2).

La temperatura del agua superficial marina registrada durante las faenas abordo osciló entre los 25 y 30 °C a lo largo del año.

Cuadro 2. Largo de líneas de fondo y número total de anzuelos promedios utilizados durante las faenas con observador abordo. Golfo Dulce, 2010-11.

	Promedio	Mínimo	Máximo
<i>Largo de la línea (Km)</i>	2.1 ± 0.8	1.0	4.0
<i>Número de anzuelos</i>	308.1 ± 90.5	208	550

Las posiciones geográficas de las 30 faenas de pesca artesanal realizadas con observador abordo en el AMRP Golfo Dulce y sus alrededores se muestran en la figura 7. Al mismo tiempo se delimitan la Zona A (Golfo Dulce Externo) y la Zona B (Golfo Dulce Interno), definidas por el Artículo 3° del Acuerdo de Junta Directiva del INCOPECA (A.J.D.I.P. 191-2010) donde se declaró el Golfo Dulce como AMPR (La Gaceta 2010).

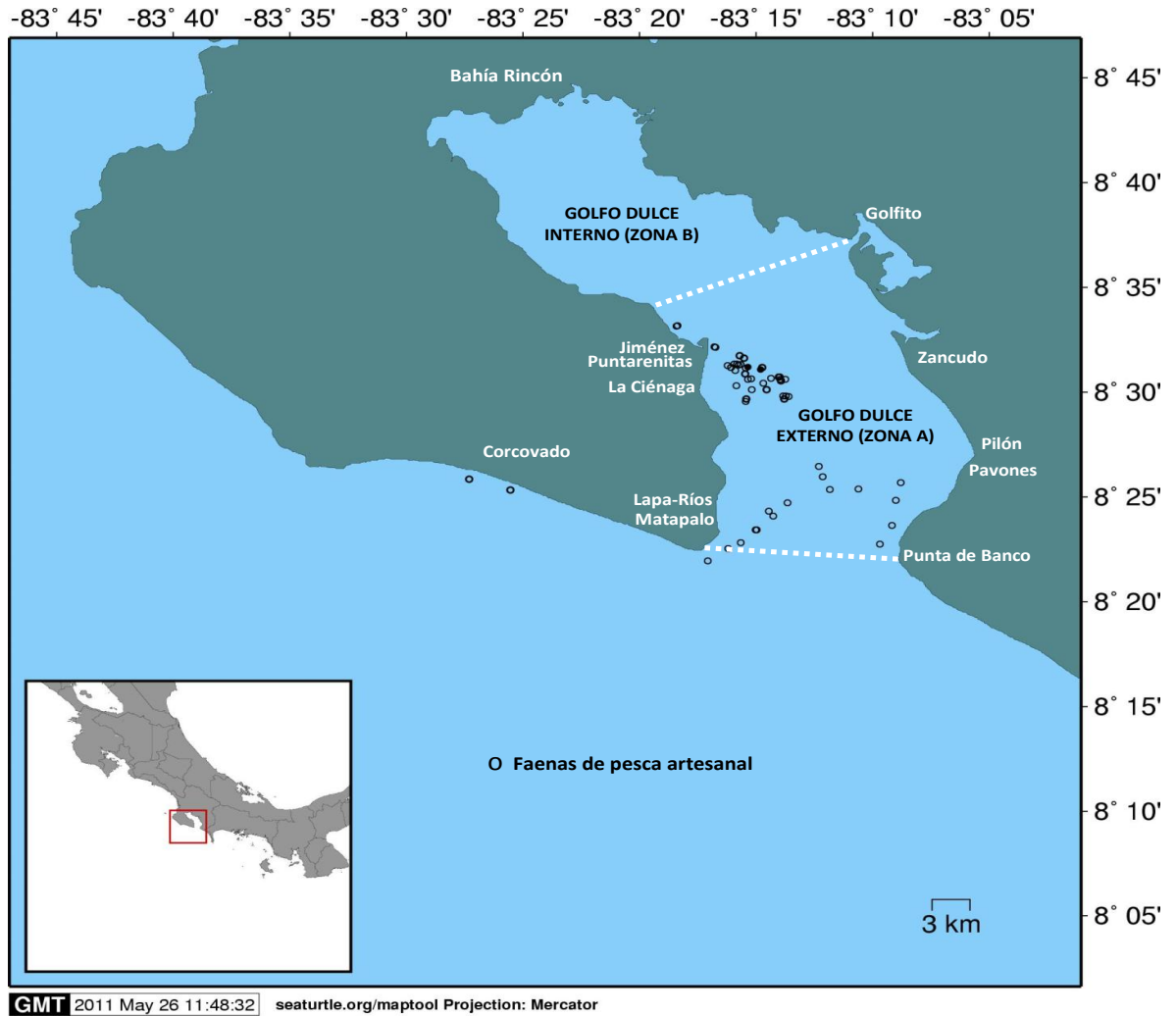


Figura 7. Localización geográfica de las 30 faenas con línea de fondo realizadas con observador abordo en Golfo Dulce. Costa Rica, 2010-11.

Durante las faenas de pesca con observador abordo se capturaron 872 organismos, de estos, 345 (39.6%) fueron tiburones (*Sphyrnidae* (*S. lewini*, *S. mokarran*), *Carcharhinidae* (*R. longurio*, *C. limbatus* y *G. cuvier*)), *Triakidae* (*M. lunulatus*), 228 (26.1%) peces clasificados como carnada (*Aridae* (*Arius* sp.)), 112 (13.1%) rayas (*Dasyatidae* (*D. longa*), *Myliobatidae* (*Rhinoptera steindachneri*), *Gymnuridae* (*Gymnura marmorata*) *Rhinobatidae* (*Rhinobatos leucorhynchus*) y 111 (12.7%) peces comerciales (*Lutjanidae*: *Lutjanus argentriventis*, *L. novemfaciatus* *L. guttatus* y *L.*

colorado), Serranidae (*Epinephelus acanthistius* y *E. analogus*) y Scianidae (*Cynoscion reticulatus*) (Cuadro 3).

Cuadro 3. Total de organismos capturados durante los viajes de observación abordo. Golfo Dulce, Costa Rica, 2010-11.

Grupo	Número total	%
Tiburones	345	39.6
Carnada	228	26.1
Rayas	112	12.8
Peces comerciales	111	12.7
Anguilas y morenas	63	7.2
Otros	13	1.5
Total	872	100

Del total de tiburones capturados (n=345), el 44.1% fueron tiburones *S. lewini*, n=152), 27.5% *M. lunulatus* (n=95), 17.4% *R. longurio* (n=60), 7.8% *C. limbatus* (n=27), 2.0% *G. cirratum* (n=7), 0.6% *G. cuvier* n=2), 0.3% tiburón dormilón (*H. mexicanus*, n=1) y 0.3% *S. mokarran* (n=1) (Cuadro 4).

Cuadro 4. Total de tiburones por especie capturados durante los viajes de observación abordo en Golfo Dulce. Costa Rica, 2010-11.

Especie	Nombre común	Número total	%
<i>Sphyrna lewini</i>	tiburón martillo común	152	44.1
<i>Mustelus lunulatus</i>	tiburón mamón común	95	27.5
<i>Rizhoprionodon longurio</i>	tiburón picudo	60	17.4
<i>Carcharhinus limbatus</i>	tiburón punta negra	27	7.8
<i>Ginglymostoma cirratum</i>	tiburón gata	7	2.0
<i>Galeocerdo cuvier</i>	tiburón tigre	2	0.6
<i>Heterodontus mexicanus</i>	tiburón dormilón	1	0.3
<i>Sphyrna mokarran</i>	gran tiburón martillo	1	0.3
Total		345	100.0

La condición de captura de los tiburones durante los viajes de pesca abordo fue variable según la especie y sus hábitos ecológicos. Especies de hábitos bentónicos o demersales como el tiburón gata y el tiburón mamón, presentaron una alta

sobrevivencia (100.0% y el 98.0%, respectivamente). A diferencia, especies de mayor natación y que habitan principalmente la columna de agua como el tiburón martillo, el tiburón punta negra y tiburón picudo, obtuvieron una menor sobrevivencia (14.0%, 15.0% y 16.5%, respectivamente). Con respecto a la proporción de sexos, por lo general se observaron más machos que hembras y, para el caso específico de *S. lewini*, se registraron 1.40 machos para cada hembra (Cuadro 5).

Cuadro 5. Porcentajes de sobrevivencia y proporción sexual (macho/hembra) para las especies de tiburones más comunes capturadas por las líneas de fondo artesanales. Golfo Dulce, 2010-11.

N	Especie	% Sobrevivencia	Proporción Sexual
152	<i>Sphyrna lewini</i>	14.0	1.40
27	<i>Carcharhinus limbatus</i>	15.0	1.25
60	<i>Rizhoprionodon longurio</i>	16.5	1.10
95	<i>Mustelus lunulatus</i>	98.0	1.03
7	<i>Ginglymostoma cirratum</i>	100.0	1.00

A su vez, durante las faenas con observador abordo se capturaron en total 111 rayas, de las cuales la especie más abundante fue la raya *D. longa* con el 75.7%, seguida por la raya *Aetobatus narinari* con 12.6% y la raya dorada (*Rhinoptera steindachneri*) con 5.4%. Otras rayas como la guitarra (*R. leucorhynchus*) y la raya mariposa (*G. marmorata*) fueron esporádicas y aportaron entre ambas menos del 4% del total (Cuadro 6). Debido a los hábitos bentónicos de la mayoría de las rayas, más del 99% sobrevive a la captura con líneas de pesca, sin embargo su sobrevivencia a largo plazo depende en mayor grado del pescador y su manera de liberación.

Cuadro 6. Total de rayas por especie capturadas durante los viajes de observación abordo. Golfo Dulce, Costa Rica, 2010-11.

Especie	Nombre común	Número total	%
<i>Dasyatis longa</i>	raya látigo	84	75.7
<i>Aetobatus narinari</i>	raya gabilana	14	12.6
<i>Rhinoptera steindachneri</i>	raya dorada	6	5.4
<i>Urotrygon chilensis</i>	raya de puntos	3	2.7
<i>Rhinobatos leucorhynchus</i>	guitarra	2	1.8
<i>Gymnura marmorata</i>	raya moteada	1	0.9
<i>Mobula sp.</i>	manta raya	1	0.9
Total		111	100.0

La condición de captura, el bajo valor comercial y la disponibilidad de los pescadores, nos permitió liberar con vida y sin anzuelos un total de 65 tiburones sin anzuelos. De estos, 30 fueron tiburones martillo, 14 tiburones picudos, seis tiburones mamones, cinco tiburones punta negra, siete tiburones gata, dos tigres y un tiburón dormilón (Cuadro 7).

Cuadro 7. Total de tiburones liberados vivos durante los viajes de observación abordo en Golfo Dulce. Costa Rica, 2010-11.

Nº Individuos	Especie	Condición
30	<i>Sphyrna lewini</i>	Liberado vivo sin anzuelo
14	<i>Rizhoprionodon longurio</i>	Liberado vivo sin anzuelo
6	<i>Mustelus lunulatus</i>	Liberado vivo sin anzuelo
5	<i>Carcharhinus limbatus</i>	Liberado vivo sin anzuelo
7	<i>Ginglymostoma cirratum</i>	Liberado vivo sin anzuelo
2	<i>Galeocerdo cuvier</i>	Liberado vivo sin anzuelo
1	<i>Heterodontus mexicanus</i>	Liberado vivo sin anzuelo

Respecto a la condición de captura y liberación de las rayas durante las observaciones abordo, más del 99% de estas fueron liberadas con vida y sin anzuelo, debido

fundamentalmente a la buena disposición de los pescadores a liberar especies de bajo valor y limitada comercialización como las rayas (ANEXO I).

Como lo muestran los análisis de captura abordo de faenas de pesca artesanal, los tiburones y rayas estuvieron presentes prácticamente en todas faenas, aportando en conjunto, más del 50% del total capturado.

Durante los viajes de observación, la mayor cantidad de tiburones martillo se capturó en las zonas de pesca de Golfo Dulce conocidas como Los Bajos, Pique Fijo y Punta Banco. Mientras que las menores cantidades se registraron en Corcovado, en la Piedra del Sombrero y en Matapalo (Cuadro 8) (Figura 7).

Cuadro 8. Cantidad de tiburones martillo registrados por zona de pesca en las observaciones abordo en Golfo Dulce. Costa Rica, 2010-11.

Zona de pesca	Número de individuos
Los Bajos	54
Pique Fijo	40
Punta Banco	26
Jiménez-La Ciénaga	23
Pavones	4
Corcovado	2
Piedra del sombrero	2
Matapalo	1
Total	152

Abundancia relativa de tiburones martillo en las observaciones abordo: Los análisis de las capturas por unidad de esfuerzos (CPUEs) mostraron cambios en la abundancia de tiburones martillo a lo largo del año.

El bimestre con la mayor CPUEs fue julio-agosto donde se capturaron 0.007 tiburones *S. lewini* por anzuelo por hora. A su vez, las menores capturas se presentaron en el bimestre mayo-junio (0.001 tiburones por anzuelo x hora)(Figura 8).

Cuadro 9. Zonas visitadas por los pescadores en las faenas artesanales analizadas en los centros de recibo o acopio de Golfo Dulce. Costa Rica, 2010-11

Zonas de pesca	Número faenas	% del total
Punta Banco	6	16.2
Frente a Jimenez	6	16.2
Matapalo	5	13.5
La Ciénaga	4	10.8
Pique Fijo	4	10.8
Los Bajos	4	10.8
Lapa-Ríos	4	10.8
Piedra del Sombrero	2	5.4
Pavones	1	2.7
Puntarenitas	1	2.7
Totales	37	100.0

Durante las observaciones de descargas se analizaron en total 264 tiburones, siendo más abundante el tiburón martillo *S. lewini* (n=163) con el 61.7%, seguido por el tiburón *M. lunulatus* (n=48) (18.2%), *C. limbatus* (n=27) (10.2%), *R. longurio*, (n=24) (9.1%), el tiburón fucsia (0.4%) (*N. velox*, n=1) y el tiburón cabeza de pala (0.4%) (*Sphyrna tiburo*, n=1) (Cuadro 10).

Cuadro 10. Total de tiburones por especie analizados durante la observación de descargas en muelles y puertos de acopio de Golfo Dulce. Costa Rica, 2010-11.

Sp	Nombre común	Número total	%
<i>Sphyrna lewini</i>	tiburón martillo común	163	61.7
<i>Mustelus lunulatus</i>	tiburón mamón común	48	18.2
<i>Carcharhinus limbatus</i>	tiburón punta negra	27	10.2
<i>Rizhoprionodon longurio</i>	tiburón picudo	24	9.1
<i>Sphyrna tiburo</i>	tiburón cabeza de pala	1	0.4
<i>Nasolamia velox</i>	tibuón fucsia	1	0.4
Total		264	100.0

Fusión de Datos Biológico-Pesqueros de observaciones abordo y de descargas

La fusión de los datos recolectados en observaciones abordo y en descargas pesqueras, hizo posible analizar un total 609 tiburones pertenecientes a diez especies. De estas, sobresale el tiburón martillo (*S. lewini*) con más del 51.8% del total de tiburones analizados, seguido por el *M. lunulatus* (23.5%), *R. longurio* (13.8%) y *C. limbatus* (8.9%). Otras especies como el tiburón *G. cirratum*, *G. cuvier*, *N. velox*, el tiburón cabeza de pala (*S. tiburo*) y *H. mexicanus* fueron muy esporádicas ya que aportaron solo el 2.0% del total.

Los análisis de longitud para las especies de tiburones y rayas más abundantes capturadas por los pescadores artesanales de Golfo Dulce revelaron que los tiburones *S. lewini* presentaron longitudes medias de 74.31 ± 17.41 , a su vez los individuos *R. longurio*, *M. lunulatus* y *C. limbatus*, obtuvieron longitudes totales medias de 65.22 ± 14.04 cm, 94.08 ± 23.64 cm y 76.65 ± 4.44 cm respectivamente (Cuadro 11).

Cuadro 11. Longitudes medias (LT, cm), mínimo, máximo y DE, para los tiburones más comunes analizados en Golfo Dulce, Costa Rica, 2010-11.

N	Especie	LT Media (cm)	LT Min (cm)	LT Max (cm)
295	<i>Sphyrna lewini</i>	74.31 ± 17.41	46	140
84	<i>Rizhoprionodon longurio</i>	65.22 ± 14.04	43	98.5
73	<i>Mustelus lunulatus</i>	94.08 ± 23.64	55	140
44	<i>Carcharhinus limbatus</i>	76.65 ± 4.44	72	100

Para las raya *D. longa* analizadas durante las observaciones de faenas de pesca, se obtuvieron longitudes medias del ancho del disco fueron de 84.63 ± 12.11 cm (Cuadro 12).

Cuadro 12. Ancho de Disco total (ADi, cm), mínimo, máximo y DE, para las *D. longa* analizadas en Golfo Dulce, Costa Rica, 2010-11.

N	Especie	ADi Media (cm)	ADi Min (cm)	ADi Max (cm)
52	<i>Dasyatis longa</i>	84.63 ± 12.11	60	119

Con respecto al tiburón martillo, la estimación del tamaño muestral (n) mediante la ecuación de poblaciones infinitas, recomendó analizar al menos 96 tiburones, esto a fin de hacer representativa la muestra de la población. Durante el año de muestreo, se analizaron en total 325 tiburones martillo (abordo y en descargas), de los cuales el 55.2% fueron machos y 44.89% fueron hembras, para una proporción sexual de 1.2 machos por cada hembra.

Aunque una mayoría de los tiburones analizados estaban completos, algunos ejemplares fueron descargados en muelles sin cabeza. Para incluir estos tiburones en los análisis de tallas se estimó la siguiente ecuación $LT = 2.1526 * LDP + 5.7968$, que permite obtener la LT de los tiburones, basados en su LDP (Figura 10).

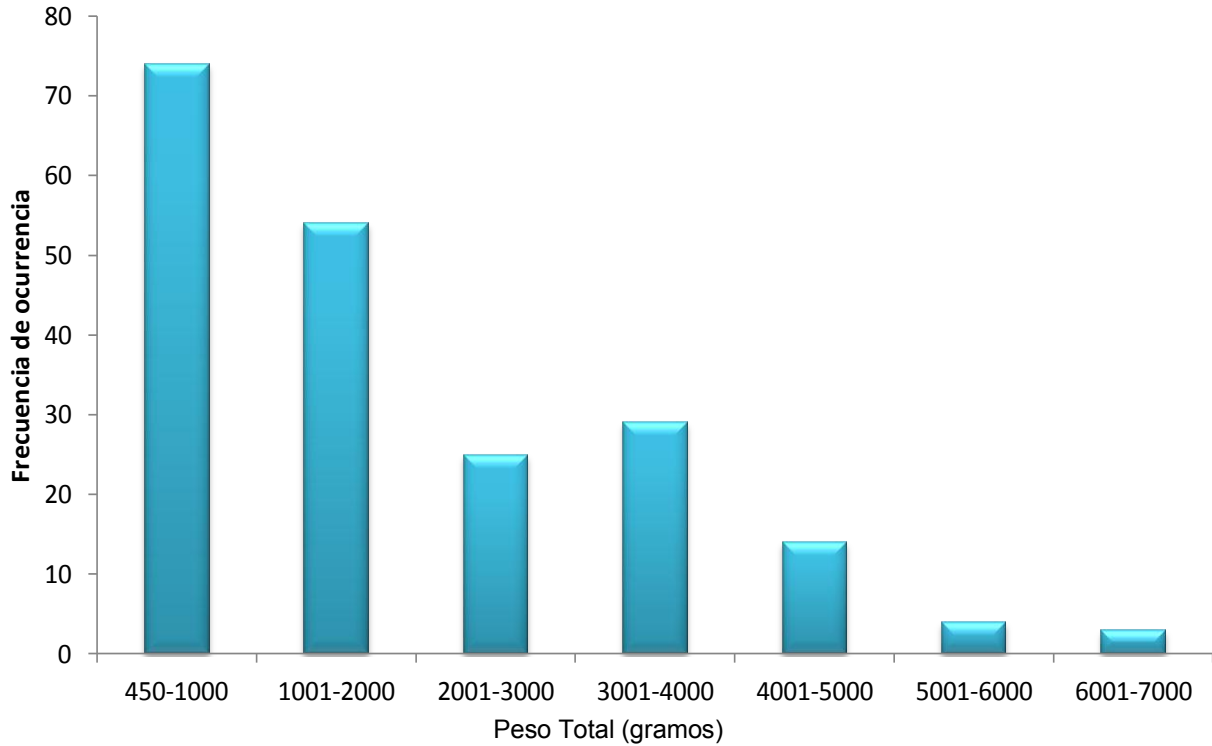


Figura 14. Distribución de pesos de los tiburones martillo capturados con línea de fondo durante faenas de pesca realizadas en Golfo Dulce, Costa Rica 2010-11 (n=204).

Respecto a la madurez sexual de los tiburones *S. lewini* analizados en Golfo Dulce, todos fueron reconocidos como tiburones juveniles o inmaduros. De estos, el 48% y % 52% presentó el Estadío I y Estadío II de madurez respectivamente (Figura 15).

La ubicación precisa de las zonas de pesca en un mapa del Golfo Dulce (Figura 7), facilitó establecer que los sitios de pesca La Ciénaga, Los Bajos y Pique Fijo son geográficamente cercanos entre sí y con el del manglar de Puntarenitas.

Debido a esto, se caracterizan por poseer aguas poco profundas (10-25 m) y fondos lodosos, siendo Pique Fijo la zona más profunda. Además, el AC demostró como dichas zonas se relacionan con otras especies de elasmobranquios (*G. cirratum*; *G. cuvier*, *C. limbatus*, *A. narinari*; *D. longa*, sobresaliendo la relación existente entre *D. longa* y Pique Fijo (Figura 16).

Por el contrario, las zonas de Matapalo y Corcovado poseen fondos rocosos-arenosos de aguas más profundas (25-40 m) y están más expuestas a las corrientes que entran al Golfo Dulce. Estas zonas, aunque resultan muy atractivas para la pesca comercial, poseen una menor interacción con los elasmobranquios.

Los elasmobranquios típicos de aguas profundas *H. mexicanus*, *M. lunulatus* y el pez guitarra (*R. leucorhynchus*) (35-60 m) fueron más frecuentes en las faenas de pesca realizadas en el sector Lapas Ríos.

DISCUSIÓN

Los análisis de datos pesqueros provenientes de embarcaciones artesanales, revelan capturas permanentes de tiburones en distintas zonas del Golfo Dulce y sus alrededores. Sobresale la presencia de tiburones de las familias Sphyrnidae, Carcharhinidae y Triakidae en faenas dirigidas a pargos, cabrillas y congrios, tanto en verano como en invierno. Al igual que Golfo Dulce, en el Golfo de Nicoya (Tárcoles) los tiburones más abundantes en las pesquerías artesanales para pargo manchado (*Lutjanus guttatus*) pertenecen a las familias Sphyrnidae, Carcharhinidae, Triakidae (López *et al.* 2009 y Arauz *et al.* 2007). Por esta razón, aunque no existe una pesquería dirigida a los tiburones en aguas costeras costarricenses, estos son cada vez más comunes en las capturas y descargas artesanales.

Los pescadores utilizaron diferentes zonas en Golfo Dulce y alrededores para realizar sus faenas, sin embargo una gran mayoría de estas se efectuaron en la Zona A o Golfo Dulce Externo. Esto debido a que en esta zona las líneas de fondo son permitidas (La Gaceta Costa Rica, 2010). Los análisis pesqueros revelaron la existencia de una relación directa entre las especies capturadas y las zonas de pesca. De esta manera, en zonas con fondos lodosos y de poca profundidad (10-30 m) en las cercanías de Puerto Jiménez, como La Ciénaga, Los Bajos y Pique Fijo, los pescadores capturan principalmente tiburones *S. lewini*, peces como bagres (Ariidae), y rayas *D. longa*. En zonas más externas del Golfo Dulce, donde los fondos son más rocosos y profundos (30-60 m), tales como Matapalo, Piedra del Sombrero, Lapa-Ríos, Punta Banco y Corcovado, se capturaron más pargos, cabrillas y tiburones *M. lunulatus*.

Capturados incidentalmente, los tiburones estuvieron presentes en todas las faenas pesqueras sin importar la zona. Esto se refleja claramente en los análisis de faenas abordo, donde casi 40% de toda la captura fueron tiburones. Altos porcentajes de tiburones han sido reportados por Smith *et al.* 2009 para las pesquerías artesanales de Baja California (México), donde el 50% de la captura son tiburones. A diferencia en

otras zonas del Pacífico de Costa Rica como Tárcoles, los tiburones representaron tan solo el 3.5% de la captura total en faenas pesqueras con línea de fondo (López *et al.* 2009). Esta gran diferencia en los porcentajes de tiburones capturados en las pesquerías de Golfo de Nicoya y Golfo Dulce es muy posible que responda a la contaminación de la cuenca del río Tárcoles, las construcciones y la sobrepesca, ya que estos factores antropogénicos afectan en especial a los tiburones (Camhi, 1999). Hopkins y Cech (2003) advierten como el impacto antropogénico del río Grande de Tárcoles puede estar afectando la calidad ambiental de dicho ecosistema. Además Espinoza y Villalta (2004) reportan la cuenca del río Tárcoles como la más contaminada del país.

De las especies de tiburones presentes en las faenas de pesca artesanal, *S. lewini* fue la más abundante en la zona externa del Golfo Dulce. Esto coincide con lo reportado por Anislado (2000) que reporta a *S. lewini* como la especie más abundante en las pesquerías de la costa de Michoacán en México. Otras especies comunes fueron el tiburón *M. lunulatus* y *R. longurio*, coincidiendo con lo reportado por Navia *et al.* (2006) en el litoral Pacífico colombiano, donde *M. lunulatus* representó la segunda especie de tiburón más importante en las capturas. A su vez, Márquez *et al.*, 2005 reportan al género *Mustelus* y al tiburón *R. longurio* entre las especies más abundantes en las pesquerías de Sinaloa, México. De igual forma, estas especies son muy comunes y abundantes en otras pesquerías artesanales en aguas costarricenses del Pacífico. Tal es el caso de Tárcoles y Golfito donde los tiburones más comunes reportados son *M. henlei* y *M. lunulatus* y *R. longurio* y *N. velox* (López *et al.*, 2009; Arauz *et al.*, 2008).

Otro elasmobranquio común en las capturas fue la raya *D. longa*, que representó el 75.7% de todas las rayas capturadas. De la misma forma, en las pesquerías del Golfo de California *D. longa* y *D. brevis* figuran con importantes capturas en la zona de Sinaloa en invierno (Villavicencio, 1995). A su vez, en aguas costarricense de la parte externa del Golfo de Nicoya, Amador (2010) reportó a *D. longa* como una raya

abundante y de importancia en las pesquerías artesanales por su reciente valor comercial.

Las especies de tiburones presentaron grandes diferencias en la sobrevivencia a la línea de fondo. Estas diferencias en la condición de captura están relacionadas a los hábitos ecológicos de las especies. Según Carrier *et al.* (2004), los tiburones demersales y pocos activos, como el tiburón gata, tienen barbillas y espiráculos que les ayudan a maximizar el oxígeno durante la respiración. Sin embargo, la mayor diferencia radica en que estos tiburones demersales, al igual que algunas rayas, oxigenan sus branquias con un sistema de bombeo en el área bucal. De esta forma, cuando son enganchados por un anzuelo logran mantenerse con vida por más tiempo.

Por su parte, los tiburones que viven en la columna de agua, como el picudo y el martillo, son más activos y oxigenan sus branquias manteniendo la boca abierta durante la natación (Carrier *et al.* 2004). Debido a esto, cuando son capturados por una línea, se les imposibilita nadar y respirar, por lo tanto logran sobrevivir por poco tiempo. Este periodo varía según la especie y depende directamente de la fisiología respiratoria (Skomal 2007).

Al contrario, cuando los pescadores artesanales utilizan la cuerda de mano la sobrevivencia de los tiburones fue del 100%. Este arte de pesca disminuye la mortalidad pesquera de las especies no comerciales y permite la implementación de acciones de manejo más efectivas, tales como la liberación de juveniles y especies no comerciales, implementación de tallas mínimas, etc.

La limitada comercialización y por ende el bajo valor económico que reciben los pescadores por algunos tiburones como el martillo, la gata y el picudo, permitió la liberación de 59 individuos con vida. En cuanto a la rayas tampoco existe comercialización, por lo que más del 99% se liberaron con vida. Esto principalmente se debe a que en Golfo Dulce la comunidad no consume carne ni productos de tiburones y

rayas. Al no haber demanda, los pescadores prefieren liberarlos, sin embargo en otras comunidades del Golfo de Nicoya las rayas son comercializadas para exportar su carne a países de la región como México. Amador 2010 reporta en la comunidad de Tárcoles la utilización de una línea de fondo especializada en la captura de rayas látigo por pescadores artesanales, inclusive esta investigadora reporta Amador describió como la pesca dirigida hacia esta especie, en solo 3 años produjo un descenso de las capturas cercano al 60%, lo cual puede afectar al stock de manera irreversible.

Para otras especies como el tiburón *M. lunulatus* la situación fue diferente, ya que aunque tiene una sobrevivencia de captura muy alta (98%), el alto valor de su carne en el mercado local hace muy difícil promover posibles estrategias para su manejo. En la actualidad la mayoría de carne de *M. lunulatus* es comercializada como “bolillo” a buenos precios en el mercado.

Al analizar las longitudes totales medias de los tiburones y rayas más comunes, la mayoría fueron capturados en estadíos juveniles. Tal es el caso de *R. longurio* cuya longitud media de captura fue de 65 cm y su talla de primera madurez sexual se reporta entre 85-87 cm para las hembras y 93 cm para los machos (Marquéz *et al.* 2005). Por tanto, se estima que la gran mayoría (aproximadamente el 92.5%) de los tiburones *R. longurio* capturados en Golfo Dulce son juveniles.

En cuanto a los tiburones *C. limbatus* analizados, la longitud total media fue cercana a los 75 cm, por lo que todos los individuos fueron juveniles. Según Gaitán y López (2008), esta especie alcanza la madurez sexual entre los 120 y 190 cm en las hembras, y entre 135 y 180 cm en los machos.

La situación de la raya *D. longa* fue similar, ya que según López-García *et al.* 2010 esta especie alcanza la madurez sexual a los 120 cm y 92 cm de ancho de disco para hembras y machos respectivamente, y está siendo capturada con un ancho de disco promedio menor a 85 cm. Sin embargo, Villavicencio *et al.* Garayzar (1994)

determinaron la talla mínima de madurez de los machos de *D. longa* de 80 cm de ancho de disco. Por lo anterior un alto porcentaje de los individuos de *D. longa* capturados en Golfo Dulce, corresponden a rayas juveniles. El limitado comercio de esta especie en la zona hizo posible que estas rayas juveniles fueron liberadas con vida en la mayoría de los casos.

En cuanto a las capturas del tiburón martillo (*S. lewini*) durante los viajes abordo en Golfo Dulce, más del 75% de los individuos analizados se capturaron en las zonas de pesca conocidas como La Ciénaga, Los Bajos y Pique Fijo. Lo anterior muestra la preferencia de esta especie por hábitats de aguas someras (10-30 m) y fondos lodosos-arenosos, con influencia de manglares y ríos. Otros autores han descrito este mismo comportamiento donde *S. lewini* utiliza ecosistemas someros y de aguas protegidas durante los primeros meses de su vida. Por ejemplo Cox *et al.* (1973) determinaron como la mayor abundancia de tiburones se relaciona justamente a áreas con alta sedimentación y flujo de nutrientes.

Además del tiburón martillo, estos sitios son utilizados por peces como los cumينات y otros elasmobranquios como la raya *D. longa*, ambas reportadas como típicas de manglares y fondos lodosos (Bartels *et al.*, 1983; Allen y Ross, 1998; Zanella *et al.*, 2009).

Las diferencias en las CPUEs de tiburones *S. lewini* obtenidas hasta el momento en Golfo Dulce y la calculada por Zanella (2008) en la parte externa del Golfo de Nicoya, sugiere que el Golfo Dulce alberga una importante población de tiburones martillo para el litoral Pacífico de Costa Rica y posiblemente para la región del Pacífico Este Tropical. Además, debido a que se encontraron solo individuos juveniles, pertenecientes en su mayoría al estadio de madurez I y II, se sugiere que Golfo Dulce es utilizado como área de crianza. Sin embargo, según Kinney y Simpfendorfer (2009) para confirmar la existencia de las áreas de crianza se necesita demostrar que hay una mayor abundancia de tiburones en el área comparada con otras, que los tiburones tienen una tendencia a permanecer en el área por largos periodos y que es utilizada

por distintas generaciones a lo largo de los años. De esta forma, solo el monitoreo de esta población a largo plazo podrá confirmar si Golfo Dulce es realmente un área de crianza para el tiburón martillo y por ende, un hábitat crítico para esta especie.

La proporción sexual encontrada para los tiburones *S. lewini* durante el año de muestreo, concuerda con los resultados de otros autores, tales como Aguilar (2003) y Zanella (2008), quienes reportaron una proporción sexual para *S. lewini* de 1.5 y 1.18 machos por cada hembra en el Golfo de California (México) y de Nicoya (Costa Rica), respectivamente. Lo anterior posiblemente se deba a una estrategia de segregación sexual de la especie, sin embargo aún no está claro por qué en la población son más abundantes los tiburones machos.

Las longitudes totales de los tiburones martillo observadas reafirman los resultados del análisis de madurez. De hecho, todos los individuos presentaron longitudes inferiores a la talla de primera madurez sexual reportada por Branstetter (1987) y Anislado (2000). El primer autor determinó que en el Golfo de México las hembras maduran a los 250 cm con 15 años de edad y los machos a los 180 cm con 10 años de edad; mientras que el segundo determinó que en el litoral de Michoacán de México, las hembras maduran a los 190 cm con 4.4 años de edad y los machos a los 170 cm con 3.6 años.

En el presente estudio los machos tuvieron una longitud y peso total mayor las hembras, lo cual difiere con lo reportado por otros autores (Cortés, 2004; Zanella, 2008), que registraron mayores tallas en hembras juveniles, probablemente como resultado del viviparismo o porque necesitan crecer y desarrollarse más rápidamente que los machos (Klimley 1987). Una justificación de estas discrepancias podría ser consecuencia de una posible segregación sexual y ontogénica, la cual separa geográficamente los machos y las hembras durante sus etapas de su desarrollo y que podría ser confirmado en futuros estudios y en las mismas áreas de Golfo Dulce.

Al comparar las capturas por unidad de esfuerzo y las longitudes totales medias de los tiburones martillo por bimestre, se detectaron tendencias opuestas. En el bimestre de

julio-agosto, cuando las longitudes medias fueron las menores, las CPUEs fueron mayores. Esto sugiere que a inicios del invierno (mayo-junio) las hembras adultas paren sus crías en aguas costeras de Golfo Dulce, por esta razón en julio y agosto hay un aumento en la abundancia de las juveniles y en las capturas pesqueras. De hecho, Poirout (2008), que analizó las faenas de pesca de pescadores artesanales de Zancudo en Golfo Dulce, sugirió que mayo es el periodo durante el cual las hembras de tiburón martillo paren sus crías. De la misma forma, Zanella *et al.* (2009) que caracterizaron la pesca del tiburón martillo en la parte externa del Golfo de Nicoya, sugirieron que en abril y mayo las hembras paren a sus crías en las cercanías de la desembocadura del río Tárcoles. Además, Anislado (2000) en la costa de Michoacana (México) reporta la época de nacimientos de crías de *S. lewini* entre mayo y julio. Esta estrategia reproductiva de parir las crías durante los meses iniciales del invierno, aumenta la supervivencia de los juveniles del tiburón martillo que aprovechan el aumento en nutrientes y presas en aguas costeras consecuencia de las lluvias.

El análisis multivariado permitió establecer una clara relación entre zonas de pesca y diferentes especies de tiburones en Golfo Dulce, de las cuáles, las más fuertes corresponden a las existentes entre los tiburones martillo con una longitud menor a los 95 cm (Sphyrna1) y las zonas poco profundas (10-30 m) conocidas como la Ciénaga, Pique Fijo, Los Bajos, Pavones y Punta Banco. Lo anterior coincidiendo con los resultados reportados por, Zanella *et al.* 2009 que detectaron una relación directa entre la longitud total y la profundidad en el Pacífico central costarricense, encontrando crías en zonas más someras y pre-adultos en zonas más profundas.

A su vez, el análisis multivariado revela la relación entre los martillos de más de 95 cm (Sphyrna 2) con zonas de aguas más profundas como Matapalo. Torres (2004) en el Golfo de California y Anislado (2000) en el litoral de Michoacán (México), describieron como los tiburones martillo mientras van creciendo, se desplazan paulatinamente hacia aguas más profundas y pelágicas. Este cambio de hábitats de aguas costeras por hábitats de aguas pelágicas hace suponer a algunos autores que los tiburones martillo

utilizan también áreas de crianza secundarias donde los juveniles transcurren hasta alcanzar la madurez sexual. Simpfendorfer y Milward (1993) y Rechisky y Wetherbee (2003) donde los tiburones permanecen hasta llegar a la madurez sexual. Una vez alcanzada la madurez, los tiburones martillo adultos empiezan largas migraciones en aguas pelágicas.

Por último el análisis multivariado también reveló correlaciones entre otros elasmobranquios tales como *D. longa* y *R. longurio* con zonas someras de Golfo Dulce (La Ciénaga o los Bajos). Otros autores reportan esta misma coexistencia en aguas someras entre *S. lewini* y otras especies de peces óseos y elasmobranquios, tal es el caso de Amador (2010), López *et al.* (2009), López y Zanella (2010) y Zanella (2008), quienes reportan a *D. longa* y peces cuminales coexistiendo y compartiendo hábitats por aguas someras y fondos lodosos con *S. lewini* en aguas del Pacífico central costarricense.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA LA CONSERVACIÓN Y MANEJO DE LOS TIBURONES Y RAYAS MÁS COMUNES EN GOLFO DULCE, ENFATIZANDO EN EL TIBURÓN MARTILLO

- Más del 85% de los tiburones martillo (*S. lewini*) juveniles capturados en la línea de fondo no sobrevive, por esta razón se recomienda regular este arte de pesca en hábitats críticos (que son posibles áreas de crianza) utilizados por los pescadores para la obtención de carnada, como por ejemplo la Ciénaga y Los Bajos (cercañas a Puerto Jiménez). Al igual que *S. lewini* otras especies de tiburones presentan altas mortalidades en las líneas de fondo (más del 85%) como es el caso de *C. limbatus* y *R. longurio*. Para promover la conservación de estas especies se recomienda utilizar líneas de fondo cortas (de 1-2 km de largo y con menos de 200 anzuelos) a fin de revisar la línea durante la faena pesquera y liberar estas especies que no tienen valor comercial.

-Se recomienda que en los sitios identificados como hábitats críticos para tiburones y rayas, como es el caso de la Ciénaga y Los Bajos (cercañas a Puerto Jiménez), se utilice solo la cuerda de mano, ya que con este arte de pesca se ha observado que sobrevive el 100% de los tiburones capturados. A cambio de no utilizar estas áreas deberán fomentarse alternativas viables y eficientes que garanticen a los pescadores artesanales un suministro de carnada constante y a precios accesibles. Es importante recordar que Golfo Dulce es un Área Marina para la Pesca Responsable en el 2009, por lo que actualmente no se permite el uso trasmallos.

-Los análisis de longitudes totales de tiburones y rayas revelan que una gran mayoría de los individuos capturados aún no han alcanzado la madurez sexual. Este es el caso del *S. lewini*, *C. limbatus*, *R. longurio* y *D. longa*. Para estas especies se recomienda establecer tallas mínimas de captura y descarga para todo Golfo Dulce.

- Se recomienda implementar vedas temporales durante el periodo de nacimiento de las crías de tiburón martillo (junio-agosto) en sitios donde se reportaron las mayores capturas: Pique Fijo, Los Bajos, La Ciénaga y Frente Punta Banco. Esta recomendación se basa en los análisis de CPUE y tallas de los tiburones martillo, en los cuales julio y agosto representó el periodo donde los pescadores capturaron más tiburones y estos fueron de menor talla (LT= 64 cm).

- Con el fin de prevenir la futura comercialización de algunas especies vulnerables de tiburones y rayas, se recomienda prohibir la venta y comercialización en AMPR Golfo Dulce, del tiburón gata (*G. cirratum*), el tiburón punta blanca (*Triaenodon obesus*) el tiburón tigre (*G. cuvier*), el tiburón dormilón (*H. mexicanus*), del tiburón espinoso negro (*Echinorhinus cookei*), todas especies que actualmente no se comercializan, así como de todas las especies de rayas capturadas incidentalmente (*D. longa*, *A. narinari*, *R. steindachneri*, *U. chilensis*, *R. leucorhynchus*, *G. marmorata*, *Mobula sp.*, entre otras.) que a futuro podrían volverse atractivas para el comercio.

- Debido a la poca cantidad de pescadores que faenan en Golfo Dulce, se podrían promover alternativas económicas para los pescadores artesanales, tales como tours de pesca artesanal, avistamiento de ballenas y delfines, tours de manglar, etc. Esto a fin de prohibir (temporal o permanentemente) el uso de la línea de fondo en sitios con altas capturas (ejemplo: frente Punta Banco).

- Se recomienda el uso de anzuelos circulares, que facilitan la liberación de especies no objetivo como los tiburones así como no utilizar reinales ni ningún tipo de extensión de metal entre los anzuelos y la cuerda de nylon que fomenten la captura de los tiburones y otras especies no objetivo.

Es importante tratar de disminuir el esfuerzo pesquero, por tanto se promueven la utilización de líneas cortas que facilitan la revisión y la liberación de ciertas especies altamente vulnerables y no objetivo como lo son rayas y tiburones.

- Con el fin de confirmar el uso de hábitat de los tiburones martillo en los hábitats críticos identificados en Golfo Dulce y así determinar si son verdaderamente áreas de crianza para esta especie, se recomienda extender los estudios a largo plazo. El objetivo de la extensión del proyecto sería monitorear las poblaciones de esta especie y evaluar la factibilidad de las acciones de conservación aplicadas junto con los pescadores.

- Se sugiere realizar programas de educación ambiental con pescadores (artesanales, palangreros y deportivos) y con otros miembros de las comunidades con el fin de crear conciencia social y promover actitudes en pro de la conservación del tiburón martillo, como por ejemplo la liberación de los individuos capturados vivos durante las faenas de pesca y la protección de las zonas costeras más vulnerables.

- Es imprescindible establecer un estudio a largo plazo que permita el monitoreo del uso de los hábitats críticos identificados en Golfo Dulce y la confirmación de los mismos como áreas de crianza o hábitats críticos para *S. lewini* con el fin dar seguimiento a sus poblaciones y evaluar la factibilidad de las acciones de conservación recomendadas y aplicadas en conjunto con los pescadores.

- Se recomienda monitorear y dar seguimiento a las pesquerías artesanales de Golfo Dulce, a fin de obtener información básica sobre las captura de elasmobranquios. Para ello debería implementarse un programa conjunto de recolección de datos biológicos básicos entre las instituciones gubernamentales y pescadores artesanales.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, A. 2003. Ecología trófica de juveniles del tiburón martillo *Sphyrna lewini* (griffith & smith, 1834) en el Golfo de California. Tesis que para obtener el grado académico de Maestro en Ciencias (manejo de recursos marinos). Instituto Politécnico Nacional Centro Interdisciplinario de Ciencias marinas (CICIMAR). 123 pp.
- Allen, G. & A. Ross. 1998. Peces del Pacífico Oriental Tropical. Conabio, Agrupación Sierra Madre. Ciudad de México. 327 pp.
- Amador L. 2010. Descripción y análisis de la pesca artesanal de la raya látigo *Dasyatis longa* (Dasyatidae) en Tárcoles, Puntarenas, Pacífico de Costa Rica. Tesis presentada para optar al grado de Licenciado en la Escuela de Biología de la Universidad Nacional de Costa Rica. Heredia, Costa Rica. 68 pp.
- Anislado, T. V. (2000). Ecología pesquera del tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffith Y Smith, 1834), en el litoral del estado de Michoacán, México. Tesis para obtener el grado académico de Maestro en Ciencias (Biología de Sistemas y Recursos Acuáticos). México. 145 pp.
- Anislado, T. V. y C. Robihson. (2001). Age and growth for the scalloped hammerhead shark, *Sphyrna lewini* (Griffith and Smith, 1834) along the central Pacific coast of México. Ciencias Marinas. 27(4): 501-520.
- Arauz, R., A. López y I. Zanella. (2007). Análisis de la descarga anual de tiburones y rayas en la pesquería pelágica y costera del Pacífico de Costa Rica (Playas del Coco, Tárcoles y Golfito). Informe Final de Pretoma para Conservación Internacional. San José, Costa Rica. 60 pp.
- Arauz R., A. López, I. Zanella, A. Bolaños, y R. (2008). Análisis de las capturas y descargas de tiburones en las pesquerías del Pacífico de Costa Rica (Playas del

- Coco y Golfito). Presentado a Conservación Internacional Centroamérica. San José, Costa Rica. 56 pp.
- Arauz, R. A., A. Antoniou y I. Zanella. (2007a). Informe preliminar: Censos de tiburones en el Parque Nacional Isla del Coco. Informe de Actividades Isla del Coco a MINAE. San José, Costa Rica.
- Barkera, M. J., Gruberb, S. H., Newmanc, S. P. y Schluesseld, V. (2005). Spatial and ontogenetic variation in growth of nursery-bound juvenile lemon sharks, *Negaprion brevirostris*: a comparison of two age-assigning techniques. *Environ. Biol. Fish.*, 72 343-355.
- Bartels, C.; K. S. Price; M. I. López & W. Bussing. 1983. Occurrence, distribution, abundance and diversity of fishes of Gulf of Nicoya, Costa Rica. *Revista Biología Tropical* Vol. 31(1):74-101 pp.
- Bass, A. J. (1978). Problems in studies of sharks in the southwest Indian Ocean. En: Merson, R. R. y Pratt, H. L. (2001). Distribution, movements and growth of young sandbar sharks, *Carcharhinus plumbeus*, in the nursery grounds of Delaware Bay. *Environ. Biol. Fish.*, 61, 13-24.
- Baum, J. K.; Myers R. A.; Kehler D. G.; Worm B.; Harley S. J. y P. A. Doherty. (2003). Collapse and conservation of shark populations in the northwest Atlantic. *Science*. Vol. 299: 389–392 pp.
- Benz, G., Hocking R., Kowunna A., Bullard S. & J. C. George. 2004. A second species of Arctic shark: Pacific sleeper shark *Somniosus pacificus* from Point Hope, Alaska. *Polar Biology* Volume 27, Number 4: 250-252.
- Bonfil, R. (1994). Overview of World Elasmobranch Fisheries. *FAO Fisheries Technique*. Pap. 341. Roma, Italia. 119 pp.
- Bonfil, R. (1997). Status of Shark Resources in the Southern Gulf of Mexico and Caribbean. Implications for Management. *Fisheries Research* 29: 101-117.

- Branstetter, S. 1987. Age, growth and reproductive biology of the silky shark, *Carcharhinus falciformis*, and the scalloped hammerhead, *Sphyrna lewini*, from the northwestern Gulf of Mexico. *Environmental Biology of Fishes* Vol. 19(3):161-173 pp.
- Camhi, M., Fowler, S., Musick, J., Brautigam, A. y Fordham, S. (1998). *Sharks and their relatives: ecology and conservation*. Oxford, UK. Information Press.
- Camhi, M. (1999). *Sharks on the Line: Analysis of Pacific State Shark Fisheries*. Living Oceans Program, National Audubon Society, Islip. New York, USA. 115 pp.
- Campos, J. (1989). Evaluación de la pesca artesanal del Golfo Dulce. Proyecto cooperativo Ministerio de Agricultura y Ganadería. Universidad de Costa Rica. Universidad de Costa Rica, CIMAR.
- Carrier, J. C.; Musick J. A. & M. R. Heithaus (Ed.). 2004. *Biology of sharks and their relatives*. Marine Biology Series. CRC Press: Boca Raton, Florida, USA. 596 pp.
- Castro, J. I. (1993). The Nursery of Bull Bay, South Carolina, with a Review of the Shark Nurseries of the Southeastern Coast of the United States. *Environ. Biol. Fish.*, 38, 37-48.
- Chiaramonte, G. y P. Pettovello. (2000). The biology of *Mustelus schimitti* in southern Patagonia, Argentina. *Journal of Fishes Biology*. Vol. 57:930-942 .
- Comisión del Plan de Acción Nacional para la Conservación y Ordenación de los tiburones. (2008). *Guía para la identificación de las especies de tiburones más comunes del Pacífico de Costa Rica*. Primera edición. San José, Costa Rica.
- Compagno, L., F. Krupp, y W. Schneider, W. (1995). Tiburones. En: Fischer, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, C., Carpenter, K. y Niem, V. (eds.). *Guía para la identificación de especies para los fines de pesca*. Pacífico 194 Centro-Oriental (pp. 647-744). Roma, Italia.

- Compagno, L., M. Dando y S. Fowler. (2005). *Sharks of the world*. Prince University Press. Princeton and Oxford.
- Cortés, E. (2004). Life history patterns, demography, and population dynamics. En: Carrier, J. C.; Musick J. A. & M. R. Heithaus (Ed.). 2004. *Biology of sharks and their relatives*. Marine Biology Series. CRC Press: Boca Raton, Florida, USA. 449–469 pp.
- Cox, D. C.; Fan P. F.; Chave K. E.; Clutter R. I. & 11 others. (1973). *Estuarine pollution in the state of Hawaii*. University of ii Water Resources Research Center Technical Report Vol. 2(31).
- Clarke T. A. (1971). The ecology of the scalloped hammerhead shark, *Sphyrna lewini*, in Hawaii. *Pacific Science*. Vol. 25:133-144.
- Dean, H. (1996). Polychaete Works (Annelida) collected in Golfo Dulce, during the Victor Hensen Costa Rica expedition (1993/1994). *Revista Biología Tropical* 44 (Supp.3): 81-86.
- Di Rienzo, J.A, F. Casanoves, M. Balzarini, L. González, M. Cuadroda & C. Robledo. (2008). *InfoStat versión 2008*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Drew J. (2005). Use of Traditional Ecological Knowledge in Marine Conservation. *Conservation Biology* (19): 1286–1293.
- Duncan, K. y Holland, K. (2006). Habitat use, growth rates and dispersal patterns of juvenile scalloped hammerhead sharks *Sphyrna lewini* in a nursery habitat. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 312, 211-221.
- Espinoza, C. E. & R. A. Villalta. (2004). Primera etapa del plan de manejo integral del recurso hídrico. Estudio de caso sobre la contaminación de la cuenca de los Ríos Virilla y Grande de Tárcoles (cuenca 24). San José, Costa Rica. 28 pp.

- Fargier, L., H. Hartmann y H. Molina. (2008). Desarrollo de un proceso de monitoreo participativo en las comunidades pesqueras de Bahía Pavones (Golfo Dulce) en el Pacífico sur de Costa Rica. Manuscrito no publicado. 17 pp.
- Gibson, L.E and A.P. Wellbelove. (2010). Protecting Critical Marine Habitats: The key to conserving our threatened marine species. A Humane Society International and WWF-Australia Report.
- Hamlett, W. C. (1999). Sharks, skates and rays: the biology of elasmobranch fishes. Baltimore, Maryland. USA. The John Hopkins University Press.
- Heupel, M. R.; Simpfendorfer C. A. y R. E. Hueter. (2004). Estimation of shark home ranges using passive monitoring techniques. Environmental Biology of Fishes. Vol. 71:135–142 .
- Hopkinsa, T. E. & J. J. Cech. (2003). The influence of environmental of three elasmobranchs in Tomales. Environmental Biology of Fishes. Vol. 66:279–291 pp.
- Kinney, M. J y C. A. Simpfendorfer. (2009). Reassessing the value of nursery areas to shark conservation and management. Conservation Letters 2 53–60.
- Klimley, A. P. 1987. The determinants of sexual segregation in the scalloped hammerhead shark, *Sphyrna lewini*. Environmental Biology of Fishes Vol. 18(1):27-40 pp.
- La Gaceta N° 159, Diario Oficial Costa Rica. (2010). Decreto INCOPESCA AJDPI/251. Versión Digital. 76 pp.
- Lei, Z. (2002). Marine coastal dynamics and primary production response in Golfo Dulce, Costa Rica: A multi-sensor satellite approach. M.Sc. thesis Master of Science in Application of Geoinformation to Coastal Zone Studies. International Institute for Geoinformation Science and Earth Observation, Enschede, the Netherlands.

- López, A., Arauz R., Zanella I. y L. Le Foulge. (2009). Análisis anual de las capturas de tiburones y rayas en las pesquerías artesanales de Tárcoles, Pacífico Central de Costa Rica. *Revista Ciencias Marinas y Costeras*. Vol. (1): 145-157.
- López, A. y Zanella. (2011). Conservación del tiburón martillo (*Sphyrna lewini*) en Golfo Dulce. Informe para Conservación Internacional. 60 pp.
- López-García, J. P. A. Mejía-Falla, A. F. Navia y E. A. Rubio. 2010. Biología reproductiva de la raya látigo *Dasyatis longa* (Pisces: Dasyatidae) de la zona central del Pacífico colombiano. En: Memorias del II Encuentro colombiano sobre condrictios. Cali, Colombia. 24 p.
- Lund, R. (1990). Chondrichthyan life history styles as revealed by the 320 million years old Mississippian of Montana. *Environmental Biology of Fishes*. Vol. 27:1-19.
- Marquéz, J.F, D. Corro y J. F. Castillo. 2005. Observations on the Biology of Pacific Sharpnose Shark (*Rizhoprionodon longurio*, Jordan and Gilbert, 1882), Captured in Souther Sinaloa, México. *J. Northw. Atl. Fish.Sci.* (35) 107-114.
- Musick J. y R, Bonfil, (2004). Elasmobranch fisheries management techniques. APEC Fisheries Working Group. Singapore, Japón.
- Myers, R. y B. Worm, B. (2003). Rapid worldwide depletion of predatory fish communities. *NATURE*. (423): 280-283.
- Myers, M.C., C. Vaughan, O. Bin, S. Polasky, and A. Klampfer. (2005). Trends in shark and ray abundance in the Cocos Island Marine Conservation Area, Costa Rica. International Conference for the Conservation and Management of Wildlife. Feb. 21-25, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.
- Navia, A., A. Giraldo y P, Mejía. 2006. Nota Científica: Notas sobre la biología y dieta del toyo vieja (*Mustelus lunulatus*) en la zona central de pesca del Pacífico colombiano. *Invest.Mar.Valparaíso*, 34 (2): 217-222.

- Quirós, G. (2003). Circulación del Golfo Dulce: un fiordo tropical. *Top. Meteor. Oceanog.* 10 (2) 75-83.
- Rechisky, E. L. & B. M. Wetherbee. 2003. Short-term movements of juvenile and neonate sandbar sharks, *Carcharhinus plumbeus*, on their nursery grounds in Delaware Bay. *Environmental Biology of Fishes* Vol. 68:113–128 pp.
- Rowe S. y J. Hutchings. (2003). Mating system and the conservation of commercially exploited marine fishes. Department of Biology. Dalhousie University. Publication Elsevier. Vol.18(11):567-572.
- SKOMAL , G. B. (2007) Evaluating the physiological and physical consequences of capture on post-release survivorship in large pelagic fishes. *Fisheries Management and Ecology*, (14): 81–89.
- Sierra C., Vartanian D. y J. Polimeni. (2003). Caracterización social, económica y ambiental del Área de Conservación Osa. Dirección de la Sociedad Civil, MINAE. San José, Costa Rica.
- Simpfendorfer, C. A. y N. E. Milward. (1993). Utilization of a tropical bay as a nursery area by sharks of the families *Carcharhinidae* and *Sphyrnidae*. *Environmental Biology of Fishes* Vol. 37:337-345.
- Smith, W.D., J.J., Bizzarro y G.M. Cailliet. 2009. La pesca artesanal de elasmobranquios en la costa oriental de Baja California, México. *Ciencias Marinas* 35(2): 209–236.
- Tavares, R. (2005). Abundance and distribution of sharks in Los Roques Archipelago National Park and other Venezuelan oceanic islands, 1997–1998 *Ciencias Marinas* , Vol, 31(2): 441–454.
- Torres, H. A. M. (2004). Distribución, abundancia y hábitos alimentarios de juveniles del tiburón martillo *Sphyrna lewini* Griffith y Smith (SPHYRNIDAE) en la costa de

- Sinaloa, México durante el evento El Niño 1997-98. Tesis para obtener el grado de maestría en ciencias con especialidad en ecología marina. 91pp.
- UICN 2010. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2010.4. <www.iucnredlist.org>. Consulta 04 February 2011.
- Villavicencio, C.J. (1995). Distribución temporal y condición reproductiva de las rayas (Pisces:Batoidei), capturadas comercialmente en Bahía Almejas, B.C.S., México. México. Revista de Investigaciones Científicas Serie Ciencias Marinas UABCS 6(1-2):1-12.
- Villavicencio-Garayzar, C.J., C.D. Hoffmann & E. M. Melendez. (1994). Tamaño y reproducción de la raya *Dasyatis longus* (Pisces: Dasyatidae), en Baja Almejas, Baja California Sur, Mexico. Rev. Biol. Trop. 42:375-377.
- 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. Revista Biología Tropical 44 (Supp.3): 133-155.
- Zanella, I. (2008). Caracterización de la pesca del tiburón martillo (*Sphyrna lewini*) y algunos aspectos sobre distribución, reproducción y alimentación en el Pacífico central de Costa Rica. Tesis para obtener el grado académico de Máster del Instituto Internacional en Conservación y Manejo de Vida Silvestre Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica.
- Zanella, I., Lopez, A. y R. Arauz. (2009). Caracterización de las descargas del tiburón martillo, *Sphyrna lewini*, en un área de crianza ubicada en el Golfo de Nicoya, Costa Rica Revista Ciencias Marinas y Costeras, Universidad Nacional de Costa Rica. Vol. (1): 175-195.

