

Zanella, Ilena; López, Andrés; Arauz, Randall  
CARACTERIZACIÓN DE LA PESCA DEL TIBURÓN MARTILLO, *SPHYRNA LEWINI*, EN  
LA PARTE EXTERNA DEL GOLFO DE NICOYA, COSTA RICA

Revista Ciencias Marinas y Costeras, vol. 1, diciembre, 2009, pp. 175-195  
Universidad Nacional  
Heredia, Costa Rica

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=633766716010>

# CARACTERIZACIÓN DE LA PESCA DEL TIBURÓN MARTILLO, *SPHYRNA LEWINI*, EN LA PARTE EXTERNA DEL GOLFO DE NICoya, COSTA RICA

Ilena Zanella<sup>1,2\*</sup>, Andrés López<sup>2</sup> y Rándall Arauz<sup>2</sup>

## RESUMEN

En el ámbito mundial, el tiburón martillo (*Sphyraña lewini*) es una de las especies más afectadas por la sobrepesca y el aleteo. Recientemente se incorporó a la Lista Roja de la UICN como especie en peligro de extinción. El presente estudio pretendió caracterizar la pesca y la distribución de *S. lewini* en la parte externa del Golfo de Nicoya. Para lograr este propósito, se realizaron muestreos entre marzo del 2006 y mayo del 2007 y se analizaron los tiburones martillo capturados por pescadores artesanales afiliados a la Cooperativa de Pescadores Artesanales de Tárcoles (CoopeTárcoles R. L.), que faenan en la parte externa del Golfo de Nicoya. Para cada tiburón se determinó la longitud total, la zona de pesca donde se capturó y el arte utilizado. En total se analizaron 273 tiburones. Se identificó un área de crianza primaria en el Peñón y se determinó que existe una relación lineal positiva entre la longitud total y la profundidad de la zona de pesca ( $R^2 = 0.4296$ ;  $p < 0.0001$ ), y la longitud total y la distancia de la zona de pesca de la desembocadura del río Grande de Tárcoles ( $R^2 = 0.4052$ ;  $p < 0.0001$ ). Los tiburones de menor tamaño (crías) se encontraron en la zona del Peñón, donde las aguas son poco profundas, turbias y productivas, ofreciendo a las crías alimento y protección de los depredadores. Por lo cual, se recomienda proteger esta zona, en particular en marzo, abril y mayo, época de nacimiento de las crías.

**Palabras claves:** Tiburón martillo, *Sphyraña lewini*, área de crianza, pesca artesanal, río Tárcoles.

## ABSTRACT

The scalloped hammerhead shark (*Sphyraña lewini*) is one of the shark species most impacted by overfishing, and is currently listed by the IUCN Red List as an Endangered. This research sought to characterize the distribution of *S. lewini* in the external area of Gulf of Nicoya, central Pacific coast of Costa Rica, based on observations from a coastal artisanal fishery. From March 2006 to May 2007, we analyzed scalloped hammerhead shark landings by members of the Tarcoles Artisanal Fishermen's Cooperative (CoopeTárcoles R. L.), who operate in the outer part of the Gulf of Nicoya. We measured the total length of each shark, recorded the reported location of capture, and the gear used. In total, we recorded data for 273 sharks landed. We determined that total length holds a positive linear relationship with the depth of the fishing area ( $R^2 = 0.4296$ , \*\*\*  $p < .0001$ ) as well as with the distance from the mouth of the Tarcoles River ( $R^2 = 0.4052$ , \*\*\*  $p < .0001$ ). The smaller sharks (pups) were caught in a fishing site known as Peñón, slightly north of the mouth of the Tarcoles River, where the waters are shallow, turbid and highly productive, providing food and shelter for the pups. As pups mature and attain larger sizes, they move towards deeper waters away from the Tarcoles River, out of the Gulf of Nicoya. We identify Peñón as a primary nursery for scalloped hammerhead sharks, and recommend management actions that seek to reduce fishing effort between March and May, when pups are born.

**Keywords:** Scalloped hammerhead shark, *Sphyraña lewini*, nursery area, artisanal fishery, Tarcoles River.

1 Instituto Internacional en Conservación y Manejo de Vida Silvestre. Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica. Email: izanella@misiontiburon.org\*

2 Programa de Restauración de Tortugas Marinas (PRETOMA). San José, Costa Rica. Email: alopez@misiontiburon.org y rarauz@pretoma.org

Recibido 29-V-2009

Aceptado 01-X-2009

Rev. Mar. y Cost. ISSN 1659-455X. Vol. 1. 175-195, Diciembre 2009.

175

## INTRODUCCIÓN

El tiburón martillo (*Sphyrna lewini*) es una especie pelágica-costa y semioceánica que realiza grandes migraciones. Se encuentra en las regiones tropical y subtropical y, probablemente, es la especie de la familia Sphyrnidae más abundante (Compagno *et al.* 1995).

Se ha reportado que esta especie posee una fuerte segregación espacial entre adultos y juveniles. De hecho, las crías de *S. lewini* son paridas por las hembras adultas en sitios protegidos y cercanos a la costa, denominados “áreas de crianza” (Clarke, 1971; Castro, 1993; Simpfendorfer & Milward, 1993; Carlson, 2000; Merson & Pratt, 2001; Bush, 2003; Rechisky & Weatherbee, 2003; Barkera *et al.* 2005; Duncan & Holland, 2006), y una vez alcanzada la madurez sexual, los tiburones martillo empiezan largas migraciones en aguas pelágicas.

Las áreas de crianza se encuentran en aguas someras cerca de la costa, usualmente fuera del campo de alimentación de los tiburones adultos (Springer, 1967). Suelen ubicarse en estuarios, bahías y manglares, donde las aguas son turbias y altamente productivas, brindando a los juveniles protección contra los depredadores y disponibilidad de alimento (Castro, 1993). Las hembras eligen estas áreas para disminuir la mortalidad natural de sus crías (Simpfendorfer & Milward, 1993; Merson & Pratt, 2001; Heupel *et al.* 2004).

Bass (1978) se refirió a dos tipos de áreas de crianza para tiburones: la primaria, donde ocurre el nacimiento de las crías, en la cual estas viven por corto tiempo; y la secundaria, habitada por los juveniles después de abandonar la primaria y antes de llegar a la madurez sexual.

Las áreas de crianza para tiburones han sido estudiadas en varias partes del mundo, Heupel *et al.* (2004) describieron los movimientos del tiburón punta negra (*Carcharhinus limbatus*) en Terra Ceia Bay, en el Golfo de México; Morrissey & Gruber (1993), a través de marcaje acústico, caracterizaron la selección del hábitat de los juveniles del tiburón limón (*Negaprion brevirostris*) en un área de crianza en Bimini, Bahamas; Barkera *et al.* (2005) analizaron y compararon el crecimiento y los cambios ontogénicos de juveniles del tiburón limón (*N. brevirostris*) en dos áreas de crianza, una en la Florida y la otra en las Bahamas; mientras que Carlson (2000) reportó la abundancia de distintas especies de tiburones (*C. limbatus*, *Sphyrna tiburo*, *S. lewini*, *Carcharhinus brevipinna*, *Carcharhinus plumbeus*, entre otras) en áreas de crianza del noreste del Golfo de México.

En cuanto al tiburón martillo (*S. lewini*), se ha descrito el uso de áreas de crianza por parte de distintos autores, entre ellos, Clarke (1971); Castro (1993); Simpfendorfer & Milward (1993); Carlson (2000); Anislado (2000); Duncan & Holland (2006). Sin embargo, el área más estudiada

ha sido la Bahía Kane'ohe en Hawai, donde Clarke (1971) fue el primero en describir la ecología de los juveniles de tiburón martillo, sugiriendo posibles migraciones locales a lo largo del año. Lowe (2002) y Duncan (2006) estimaron los requerimientos energéticos diarios, mientras que Bush (2003) analizó cuantitativamente la dieta de estos tiburones. Además, Duncan & Holland (2006) describieron el crecimiento, el uso de hábitat y los patrones de dispersión de los juveniles de tiburón martillo en la Bahía Kane'ohe a través de un estudio de marcaje y recaptura.

Las áreas de crianza han sido estudiadas ya que se consideran hábitats críticos para esta especie: las futuras generaciones de adultos reproductivos dependen de la supervivencia de sus juveniles. Por lo tanto, la ubicación de áreas de crianza, así como la distribución espacio-temporal, proveerán una valiosa información para mitigar la eventual vulnerabilidad de crías y juveniles, frente a la extracción y factores antropogénicos que alteren la calidad ambiental de estos hábitats.

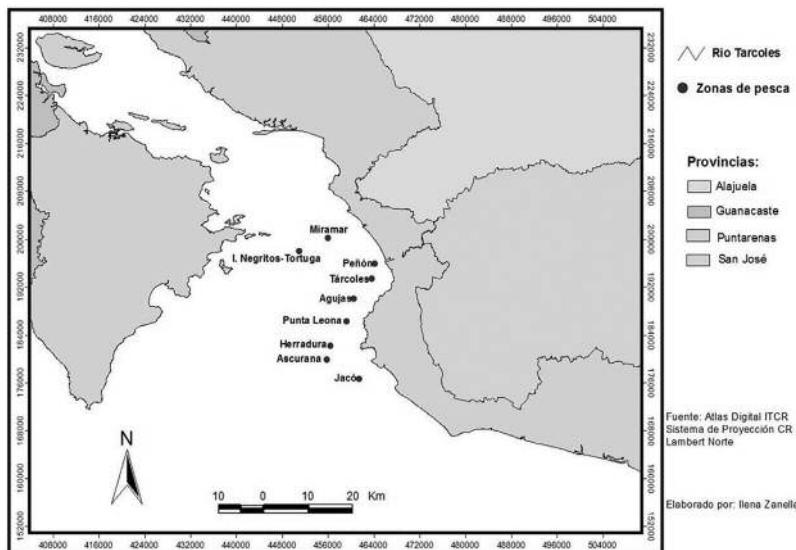
Debido a lo anterior, esta investigación pretende identificar científicamente un área de crianza para *S. lewini* y caracterizar la pesca y la distribución de esta especie en la parte externa del Golfo de Nicoya.

## MATERIALES Y MÉTODOS

De marzo del 2006 hasta mayo del 2007 se analizaron individuos

del tiburón martillo capturados por afiliados de la Cooperativa de Pescadores Artesanales de Tárcoles (CoopeTárcoles R. L.). Los tiburones fueron analizados en el puesto de recibo o en viajes de observación a bordo. Debido a que las embarcaciones poseen una autonomía máxima de cinco millas náuticas, estos pescadores realizaron sus faenas principalmente en sitios cercanos a la costa, en la parte externa del Golfo de Nicoya (Figura 1). Para cada tiburón se determinó la longitud total (LT, desde el margen anterior de la cabeza hasta el extremo distal de la punta del lóbulo superior de la aleta caudal). Además, se reportó la zona de pesca donde se realizó cada faena y se identificaron las especies de la fauna acompañante, mediante guías taxonómicas (Bussing y López, 1993; Fischer *et al.* 1995; Bussing, 1998). Para cada zona de pesca se estimó su profundidad, utilizando la carta geográfica del Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica del 1995 y su distancia con respecto a la desembocadura del río Tárcoles (Arcview versión 3.1). Las diferencias entre la longitud total de los tiburones por profundidad de las zonas de pesca y por la distancia de las zonas de pesca con respecto al río Tárcoles fueron realizadas con un análisis de varianza no paramétrica de una vía, Kruskall Wallis (Infostat versión 1.1). Además, por medio de regresiones simples, se relacionó la longitud total (variable dependiente) de los tiburones analizados con

Figura 1



Zonas de pesca utilizadas por los pescadores artesanales de CoopeTárcoles, en el Golfo de Nicoya, Costa Rica, 2007.

Fishing sites used by the artisanal fishermen from CoopeTárcoles, in the Gulf of Nicoya, Costa Rica, 2007.

la profundidad de las zonas de pesca (variable independiente) y la distancia del río Tárcoles (variable independiente) (Statgraphic *versión 5.1*).

Por último, se realizó un análisis de correspondencia, con el fin de relacionar el tiburón martillo y las especies de fauna acompañante de cada una de las zonas de pesca y ver las relaciones entre ellas. Además, se realizó un segundo análisis de correspondencia con las especies descargadas y las zonas de pesca, pero agrupando los individuos de tiburón martillo según su longitud total. Estos dos últimos análisis se llevaron a cabo con el programa CANOCO, *versión 4.5*. para Windows (ter Braak & Smilauer, 2002).

## RESULTADOS

Durante el muestreo se contabilizó un total de 273 individuos de tiburón martillo, descargados por embarcaciones artesanales de CoopeTárcoles que realizaban faenas diarias en zonas de pesca ubicadas en la parte externa del Golfo de Nicoya (Figura 1). Solo cuatro tiburones martillo fueron capturados durante viajes de pesca de más de un día de duración y realizados fuera del Golfo de Nicoya, en las proximidades de las localidades de Punta Mala y Quepos.

Los tiburones martillo fueron capturados por los pescadores de Tárcoles a lo largo de todo el año,

con un promedio de  $1.6 \pm 1.7$  de tiburones por descarga, representando el 4.8% del total de individuos capturados durante las faenas observadas en este estudio. Sin embargo, las capturas del tiburón martillo varían según la zona y el mes. El Peñón, ubicado en las proximidades de la desembocadura del río Tárcoles (Figura 1), fue la zona con mayor número de capturas totales (86, 33.6%) y en abril fue cuando se contabilizaron más tiburones martillo en esta zona de pesca (47, 18.4%). Herradura y Frente Tárcoles también fueron zonas con altas capturas del tiburón martillo (51, 19.9% y 41, 16%, respectivamente). Mientras que Agujas y Ascurana aportaron muy pocos

tiburones (2, 0.8% y 6, 2.3%, respectivamente) (Cuadro 1). En cuanto a los meses, la mayor y la menor cantidad de capturas de tiburones martillo se registraron en abril (51, 19.9%) y en diciembre (7, 2.7%), respectivamente.

En su gran mayoría, los tiburones fueron capturados con línea planera (171, 68.1%) y con trasmallo (71, 28.3%), mientras que una pequeña proporción (9, 3.6%) fue pescadas con línea rayera (Cuadro 2). Se observó que la línea planera se utilizó en todas las zonas de pesca; el trasmallo solamente en Frente Tárcoles, Herradura y en el Peñón. En este último sitio también se utilizó la línea rayera (Cuadro 1).

### Cuadro 1

Número de tiburones martillo (*Sphyrna lewini*) capturados por zonas y por arte de pesca, Tárcoles, en el litoral Pacífico de Costa Rica, 2007 (n = 253). Se denomina “LP” a la línea planera; “TR” al trasmallo y “LR” a la línea rayera.

**Table 1**

Number of scalloped hammerhead sharks (*Sphyrna lewini*) captured by site and by fishing gear, Tárcoles, Pacific coast of Costa Rica, 2007 (n = 253). “LP”, bottom line; “TR”, gillnet; and “LR”, ray line.

Arte	LP	TR	LR	Total
<b>Zona</b>				
Agujas	2			2
Ascurana	6			6
Frente Tárcoles	36	3		41
Herradura	45	6		51
Jacó	33			33
Miramar	8			8
Negritos/Tortuga	13			13
Peñón	15	62	9	86
Punta Leona	13			13
Total	171	71	9	253

## Cuadro 2

Longitud total (LT) promedio de los tiburones martillo (*Sphyrna lewini*) analizados, por zona de pesca, en el litoral Pacífico de Costa Rica, 2007 (n = 247). La abreviatura “D.E.” se refiere a desviación estándar.

Table 2

Average total length (LT) for scalloped hammerhead sharks (*Sphyrna lewini*) by fishing site, Pacific coast of Costa Rica, 2007 (n = 247). “D.E.”, standard deviation.

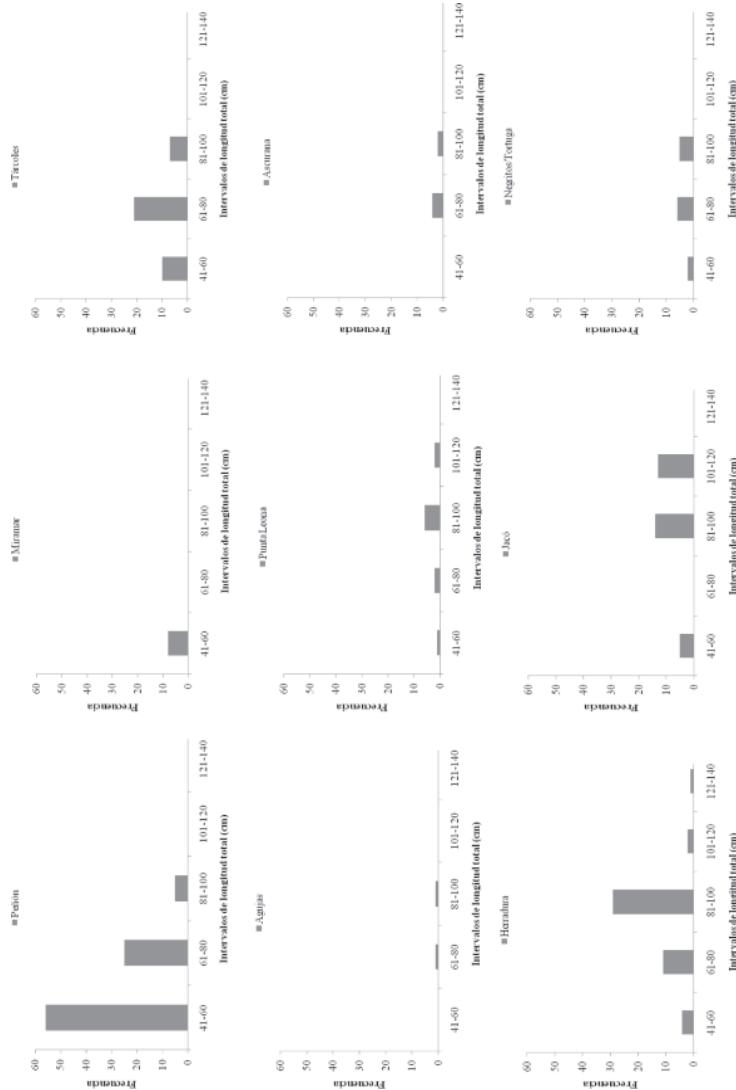
Zona de pesca	LT Promedio (cm) ± D.E.
Agujas	82.35±8.98
Ascurana	87.92±2.54
Frente Tárcoles	69.14±12.51
Herradura	87.81±15.44
Jacó	82.87±20.34
Miramar	65.69±10.27
Negritos/Tortuga	75.45±6.57
Peñón	56.94±11.61
Punta Leona	86.18±13.48

En cuanto a las tallas, se puede observar como la distribución de la longitud total varía según la zona de pesca (Figura 2). El Peñón y Miramar fueron las zonas donde se encontraron los tiburones martillo con las menores longitudes totales promedio ( $56.94 \text{ cm} \pm 11.61 \text{ D.E.}$ ,  $65.69 \text{ cm} \pm 10.27 \text{ D.E.}$ , respectivamente); mientras que en Ascurana, Herradura y Punta Leona, se observaron los promedios más grandes ( $87.92 \text{ cm} \pm 2.54 \text{ D.E.}$ ,  $87.81 \text{ cm} \pm 15.44 \text{ D.E.}$  y  $86.18 \text{ cm} \pm 13.48 \text{ D.E.}$ , respectivamente) (Cuadro 2). La longitud total mínima (44.00 cm) se reportó en el Peñón y la máxima (140.00 cm) en Herradura.

Al agrupar las zonas de pesca según su profundidad, se determinó que existe una relación lineal positiva entre la longitud total del tiburón y la profundidad de la zona de pesca.

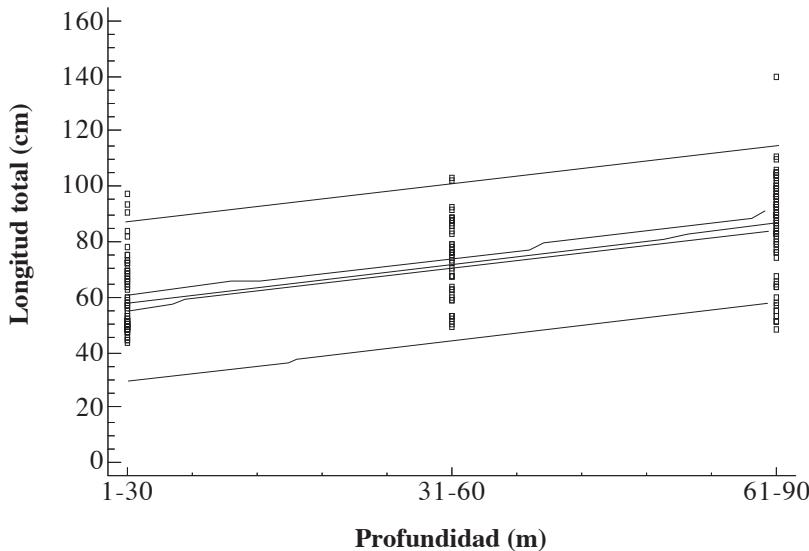
El modelo (Longitud total =  $43.85 + 14.15 * \text{Profundidad}$ ) explicó el 42.96% de la varianza de la longitud total ( $R^2 = 0.4296$ ; \*\*\*  $p < .0001$ ) (Figura 3). Además, se determinó que las longitudes totales (medianas) difieren significativamente según la profundidad ( $H = 104.74$ ;  $g.l. = 2$ ; \*  $p < .05$ ) (Cuadro 3). Los tiburones martillo con tallas pequeñas se encontraron en zonas con profundidades entre 1-3 m, donde se incluyeron el Peñón y Miramar. Los tiburones más grandes se hallaron en las zonas más profundas (61-90 m), donde se incluyeron Ascurana, Herradura y Jacó. En las zonas donde la profundidad varió entre 31-60 m (Frente Tárcoles, Agujas, Negritos-Tortuga y Punta Leona), se encontraron tiburones más grandes con respecto a los encontrados entre

**Figura 2**



Distribución de frecuencia de las longitudes totales de los tiburones martillo (*Sphyrna lewini*) en las distintas zonas de pesca. Tárcoles, litoral Pacífico de Costa Rica, 2007.  
Total length frequency distribution for hammerhead shark (*Sphyrna lewini*) by fishing site. Tárcoles, Pacific coast of Costa Rica, 2007.

**Figura 3**



Relación entre la longitud total de tiburones martillo (*Sphyrna lewini*) capturados y la profundidad de las zonas de pesca, Tárcoles, en el litoral Pacífico de Costa Rica, 2007 (n = 231).

Relationship between total length and depth of capture for the scalloped hammerhead shark (*Sphyrna lewini*), Tárcoles, Pacific Coast of Costa Rica, 2007 (n = 231).

**Cuadro 3**

Longitudes totales medianas (LT) de tiburones martillo (*Sphyrna lewini*) según la profundidad, Tárcoles, en el litoral Pacífico de Costa Rica, 2007 (n = 231). La abreviatura “D.E.” se refiere a desviación estándar. Nota: Letras distintas indican diferencias significativas (\*p < .05).

**Table 3**

Median total lengths (LT) for the scalloped hammerhead shark (*Sphyrna lewini*) by depth, Tárcoles, Pacific Coast of Costa Rica, 2007 (n = 231). “D.E.”, standard deviation. Different letters indicate significant differences (\*p < .05).

Profundidad (m)	N	LT Mediana (cm) ± D.E.
1-30	94	51.50±11.71a
31-60	51	76.00±14.38b
61-90	98	85.75±16.40c

los 1-30 m, pero más pequeños que los capturados entre 61-90 m.

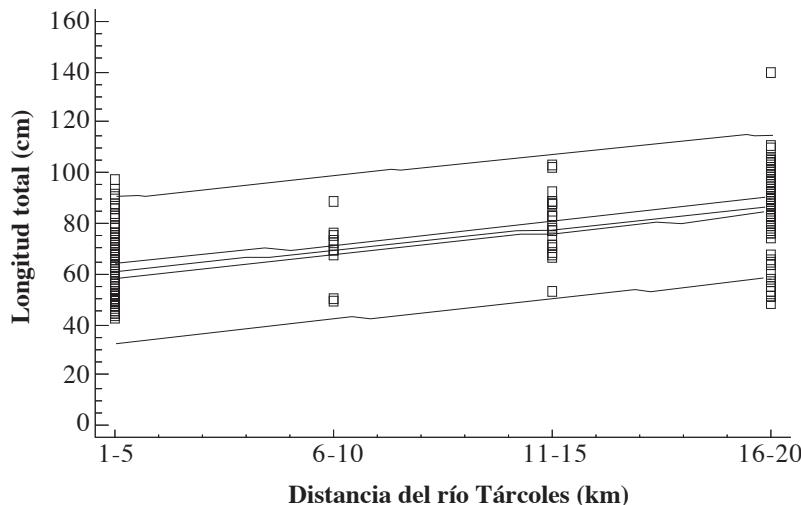
Se encontró una relación lineal positiva entre la longitud total y la distancia de la zona de pesca de la desembocadura del río Tárcoles. El modelo (Longitud total = 52.2912 + 8.52944 \* Distancia del río Tárcoles) explicó el 40.52% de la varianza de la longitud total ( $R^2 = 0.4052$ ; \*\*\*  $p < .0001$ ) (Figura 4). Se determinó que las longitudes totales (medianas) difirieron significativamente según la distancia de la zona de pesca a la desembocadura del río Tárcoles ( $H = 99.85$ ; g.l. = 3; \*  $p < .05$ ) (Cuadro 4). Las longitudes totales (medianas) de los ejemplares que se encontraron en zonas ubicadas entre 1-5 km de la boca del río Tárcoles (Peñón y Frente Tárcoles) fueron más pequeñas que las de los tiburones martillo capturados en zonas entre 11-15 km de distancia (Punta Leona y Negritos-Tortuga) y 16-20 km (Ascurana, Herradura y Jacó).

Además, los especímenes capturados en zonas localizadas entre 16-20 km del río presentaron tallas más grandes con respecto a los capturados entre 1-5 km y 6-10 km (Miramar y Agujas).

Con respecto al análisis de correspondencia (CA), los dos primeros ejes explican el 81% de la variación de la relación entre especies de peces y zonas de pesca (biplot) (Figura 5). En este análisis, la distancia entre las especies y las zonas de pesca refleja su grado de dependen-

cia: cuanto más cerca se encuentren, más fuerte será la relación. Además, la distancia perpendicular de las especies y las zonas de pesca con respecto al primer eje (x) y segundo eje (y) representa la magnitud del coeficiente de regresión de las distintas relaciones (Figura 5). Se observa como el tiburón martillo generalmente se encontró en zonas poco profundas y de fondo lodoso como Frente Tárcoles y Peñón. En estas zonas, la fauna acompañante estuvo compuesta por corvinas (*Cynoscion stolzmanni*, *C. phoxocephalus* y *C. albus*; Scianidae), cuminates (*Bagre panamensis* y *B. pinnimaculatus*; Ariidae), róbalos (*Centropomus sp.*; Centropomidae), roncadores (*Haemulon sp.*; Haemulidae), anguilas (*Cynoponticus coniceps*; Murænidae) y rayas látilo (*Dasyatis longa*; Dasyatidae). Por otro lado, el tiburón picudo (*Rizoprionodon longurio*) se relacionó con la zona de Punta Leona. Especies de profundidades, como cabrillas (*Epinephelus itajara*, *E. acanthistius* y *E. analogus*; Serranidae), la menta (*Diplectrum pacificum*; Serranidae) y el congrio (*Brotula clarkae*; Ophidiidae), estuvieron relacionadas con las zonas más profundas (Ascurana, Jacó y Herradura). Además, se reconoció la dependencia de los tiburones mamones (*M. lunulatus* y *M. henlei*) y la raya gavilana (*Rhinoptera steindachneri*; Myliobatidae) con la zona de Herradura (Figura 5).

**Figura 4**



Relación entre la longitud total de tiburones martillo (*Sphyrna lewini*) capturados y la distancia del río Tárcoles, en el litoral Pacífico de Costa Rica, 2007 (n = 244).

Relationship between total length and distance to the Tarcoles River from location of capture for the scalloped hammerhead shark (*Sphyrna lewini*). Pacific coast of Costa Rica, 2007 (n = 244).

**Cuadro 4**

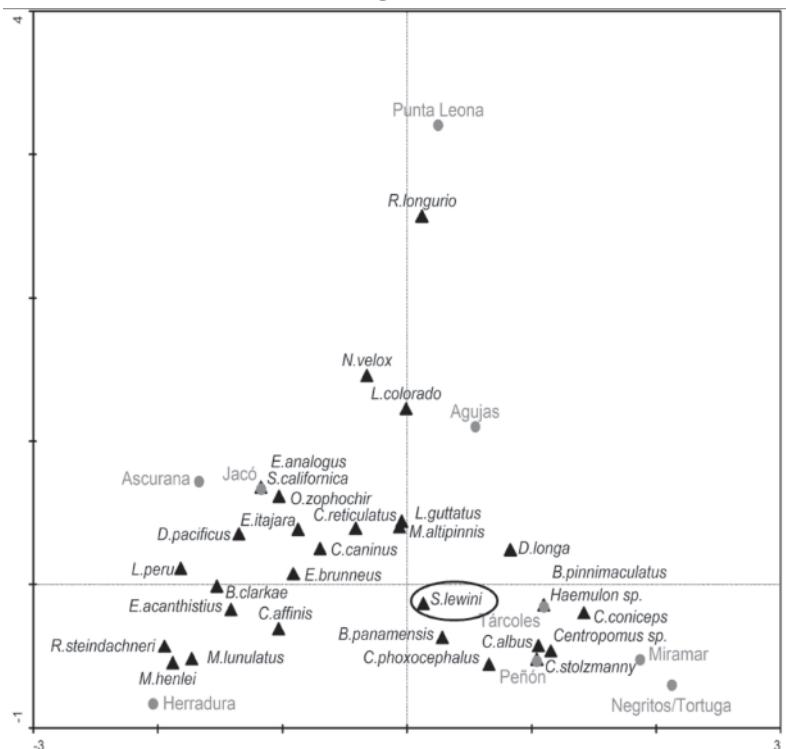
Longitudes totales medianas (LT) de tiburones martillo (*Sphyrna lewini*) según la distancia del río Tárcoles, en el litoral Pacífico de Costa Rica, 2007 (n = 244). La abreviatura “D.E.” se refiere a desviación estándar. Nota: Letras distintas indican diferencias significativas (\*p < .05).

**Table 4**

Median total length (LT) for the scalloped hammerhead shark (*Sphyrna lewini*) by distance to the Tarcoles River, Pacific Coast of Costa Rica, 2007 (n = 244). “D.E.”, standard deviation. Different letters indicate significant differences (\*p < .05).

Distancia del río	N	LT Mediana (cm)
Tárcoles (km)		± DE.
1-5	124	56.75±13.12a
6-10	10	70.75±11.85ab
11-15	24	80.80±11.46bc
16-20	85	89.50±17.01c

Figura 5



Análisis de correspondencia entre las especies observadas en el estudio y las principales zonas de pesca utilizadas por los pescadores de CoopeTárcoles, en el litoral Pacífico de Costa Rica, 2007.

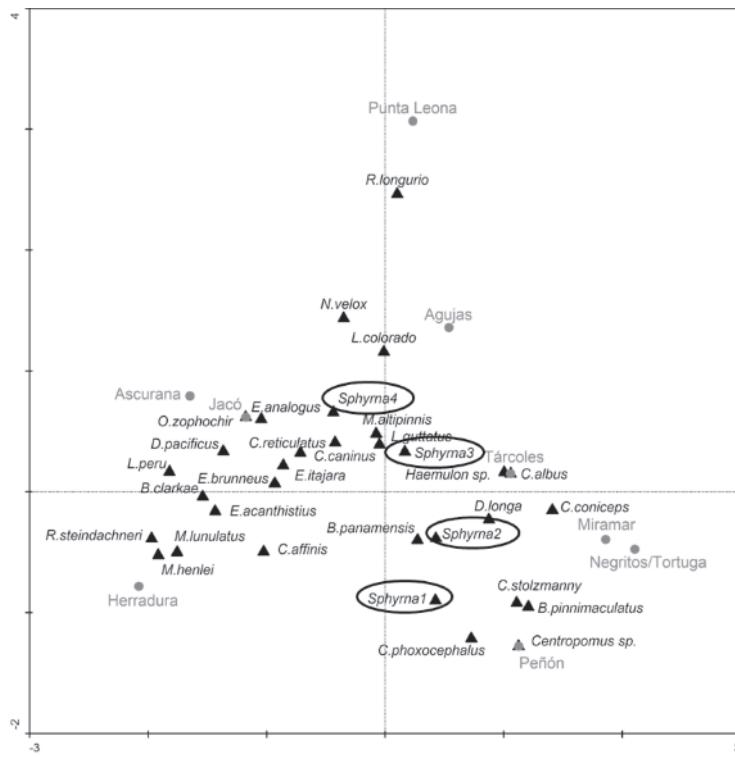
Canonical correspondence analysis for species and fishing sites used by the fishermen of CoopeTárcoles, Pacific Coast, Costa Rica, 2007.

Al considerar la longitud total de los tiburones capturados, los dos primeros ejes del CA explican el 82% de la variación de la relación entre las especies de peces y las zonas de pesca (Figura 6). En este caso, el tiburón martillo *Sphyraña1* (42.50-62.50 cm) se relacionó fuertemente con la zona del Peñón, donde comparte el hábitat con el cuminate volador (*B. pinnimaculatus*), las corvinas (*C. stolzmanni* y *C. phoxocephalus*) y los róbalo (*Centropomus sp.*).

El tiburón martillo *Sphyraña2* (62.51-82.50 cm) se relacionó con Miramar, Negritos-Tortuga y Frente Tárcoles, donde se puede encontrar también la raya látigo (*D. longa*), el cuminate (*B. panamensis*), la anguila (*C. coniceps*) y la corvina reina (*C. albus*).

Por lo tanto, *Sphyraña1* y *Sphyraña2*, se encuentran en ambientes poco profundos y con fondos lodosos. El tiburón martillo *Sphyraña3* (82.51-102.50 cm) tuvo más relación con

Figura 6



Análisis de correspondencia entre las especies observadas y las principales zonas de pesca utilizadas por los pescadores de CopeTárcoles, en el litoral Pacífico de Costa Rica, 2007. Agrupación de tiburones martillo (*S. lewini*) según su longitud total: *Sphyrna1*=42.50-62.50 cm; *Sphyrna2*=62.51-82.50 cm; *Sphyrna3*=82.51-102.50 cm; *Sphyrna4*=102.51-122.50 cm.

Canonical correspondence analysis for species and fishing sites used by the fishermen of CopeTárcoles, Pacific Coast, Costa Rica, 2007. Hammerhead sharks (*S. lewini*) by length: *Sphyrna1*=42.50-62.50 cm; *Sphyrna2*=62.51-82.50 cm; *Sphyrna3*=82.51-102.50 cm; *Sphyrna4*=102.51-122.50 cm.

Frente Tárcoles y las especies que rodean esta zona, como los roncadores (*Haemulon sp.*), la corvina reina (*C. albus*), el pargo manchado (*Lutjanus guttatus*; *Lutjanidae*) y la corvina agria (*Micropogonias altipinnis*; *Sciaenidae*). Mientras que el tiburón martillo *Sphyrna*4 (102.51-122.50 cm) fue dependiente de zonas con mayores

profundidades como Jacó y Ascurana, donde se relacionó con cabrillas (*E. itajara* y *E. analogus*), corvinas (*M. altipinnis* y *C. reticulatus*) y jureles (*Caranx caninus*; Carangidae). Por lo tanto, se puede inferir que al aumentar su longitud total, *S. lewini* se va relacionando con zonas de mayores profundidades (Figura 6).

## DISCUSIÓN

El tiburón martillo es una especie descargada frecuentemente por los pescadores de CopeTárcoles, sin embargo, sus capturas usualmente se realizan en bajas cantidades (1 o 2 individuos). A diferencia de otros tiburones como los mamones (*Mustelus*) que, según Arauz *et al.* (2007), son capturados por los pescadores de Tárcoles en grandes grupos, reportando hasta más de 200 individuos en una sola faena. La línea planera y el trasmallo son utilizados por los pescadores de CopeTárcoles a lo largo de todo el año, siendo el primer arte el más usado por los afiliados de la cooperativa. La línea planera es utilizada en todas las zonas de pesca, independientemente del tipo de fondo o profundidad del sitio. Sin embargo, el trasmallo es usado más frecuentemente en sitios someros y de fondo arenoso-lodoso, siendo el Peñón la zona favorita por los pescadores que usan este arte. Este mismo sitio es también el preferido por los que buscan con la línea rayera la raya látigo (*D. longa*), que suele descansar sobre fondos blandos y arenosos (Fischer *et al.* 1995).

La zona del Peñón fue la que aportó la mayor cantidad de tiburones martillo y, entre otros aspectos, se caracteriza por poseer fondos lodosos, aguas someras y turbias, esto debido al ecosistema de manglar que rodea esta porción del litoral y a la influencia de la descarga del río Grande de Tárcoles. De esta manera

se coincidió con Cox *et al.* (1973), quienes determinaron que la mayor abundancia de tiburones se relaciona justamente con áreas con alta sedimentación y flujo de nutrientes.

Históricamente, estos dos últimos factores (sedimentación y nutrientes) permitieron la formación de un ecosistema altamente productivo que le brindaba alimento a los juveniles del tiburón martillo. Sin embargo, en la actualidad, el impacto antropogénico del río Grande de Tárcoles puede estar afectando la calidad ambiental de dicho ecosistema (Hopkinsa & Cech, 2003). Espinoza y Villalta (2004) reportaron que la cuenca de este río es considerada la más contaminada de Costa Rica. El 85% de las actividades industriales, de transporte y comerciales, y el 50% de la producción de café y ganado se realizan en esta cuenca, además recibe el 67% de la carga orgánica del país. Inclusive León *et al.* (2000), en la desembocadura de este río, encontraron valores de cadmio más altos que los naturales, así como altas concentraciones de cobre, níquel y plomo. Según un estudio llevado a cabo por De Boeck *et al.* (2000), las altas concentraciones de metales pesados dañan las células epiteliales de las branquias de los tiburones provocando hiperventilación, colapso del sistema respiratorio y, por ende, la muerte. De tal manera que, a pesar de que en los alrededores de la desembocadura del río Grande de Tárcoles se encontró la mayor cantidad de tiburones, la acumulación de metales

pesados podría afectar a largo plazo la población de tiburones martillo.

La contaminación provocada por acciones antropogénicas se considera una de las principales amenazas para los tiburones que habitan o viven parte de su ciclo de vida en las zonas costeras (Camhi *et al.* 1998). Por ejemplo, en el Mediterráneo, la contaminación es la tercera amenaza más importante para los condrictios en general, en primer y segundo lugar, se encuentran la sobre pesca y la biología reproductiva, respectivamente (Cavanagh & Gibson, 2007). Esta problemática es conocida por los pobladores de la comunidad de Tárcoles: según una entrevista realizada por Coope SoliDar R.L. (2005), el deterioro general del Golfo de Nicoya, que incluye la contaminación del río Grande de Tárcoles y la insostenibilidad ambiental, es la principal amenaza para la población humana de Tárcoles.

Al igual que lo reportado por Duncan & Holland (2006), en Bahía Kane'ohe, los juveniles del tiburón martillo se capturaron a lo largo de todo el año. Sin embargo, abril fue el mes con mayor número de capturas, debido a que coincide con el inicio de la época lluviosa, lo cual implica una alta descarga de nutrientes proveniente de los ríos, ofreciendo a los tiburones aguas más productivas durante las primeras etapas de su ciclo de vida. Lo anterior se confirma con lo que señaló León *et al.* (2000), de que en la parte externa del Golfo de

Nicoya, en la época lluviosa se encuentran altas cantidades de materia orgánica y, por ende, de nitrógeno y fósforo, nutrientes que sostienen toda la cadena trófica acuática.

En abril, de los 51 tiburones analizados, 47 se capturaron en el Peñón, cuya longitud total promedio ( $56.9 \pm 11.61$  cm) fue cercana a la talla de nacimiento reportada para la especie (47.8 cm para hembras y 44.7 cm para machos) (Anislado y Mendoza, 2001). Debido a que los tiburones martillo son especies vivíparas con ciclos anuales y su copulación, gestación y alumbramiento son sincronizados y relacionados con la abundancia relativa de las presas (Hamlett, 1999), se puede inferir que las hembras de *S. lewini* utilizan esta temporada (inicio de la época lluviosa) y dicha zona de pesca (Peñón) para dar a luz sus crías. Por lo tanto, esta zona se puede considerar un área de crianza primaria para *S. lewini*. Los tiburones martillo más pequeños se encontraron justamente en los sitios más someros (entre 1 y 30 m) y más cercanos al río Grande de Tárcoles (entre 1 y 5 km), como el Peñón y Miramar, que son las áreas de pesca ubicadas hacia la zona interna del Golfo de Nicoya. En dicha zona, las crías se encuentran protegidas de los grandes depredadores y también de tiburones martillo de mayor tamaño. Estos últimos se encuentran en zonas más profundas y más alejadas del río Grande de Tárcoles, como Herradura, Asurana y Jacó, donde pueden

encontrar presas de mayor tamaño, necesarias para suplir sus altas necesidades metabólicas (Bush, 2003; Lowe, 2002).

Aparentemente, los tiburones martillo durante los primeros meses de su vida se mantienen en aguas someras y turbias de la parte interna del Golfo (Peñón y Miramar), para luego moverse hacia aguas más profundas. Este comportamiento ha sido reportado para *S. lewini* y para otros tiburones. Por ejemplo, Torres (2004) describió que en el Golfo de Baja California, los tiburones martillo, conforme van creciendo, se alejan de la costa, permaneciendo aproximadamente seis meses en aguas someras y cálidas para luego desplazarse hacia aguas más profundas. Similarmente, Klimley (1987), en el Bajo Espíritu Santo, también en Baja California, reportó una segregación sexual entre machos y hembras de *S. lewini*; según el autor, estas últimas crecen más rápido y se desplazan a aguas más profundas antes que los machos.

De la misma forma, en la parte suroeste de Bahía Delaware, Merson y Pratt (2001), en su estudio de marcaje-recaptura, ubicaron una zona de crianza primaria para el tiburón jaquetón (*C. plumbeus*). Los autores concluyeron que los tiburones recién nacidos se mantienen en una determinada parte de la costa, para luego dispersarse en toda la Bahía e, inclusive afuera, en mar abierto.

Además, el uso de pequeñas y definidas áreas para la crianza ha sido

descrito en Bahía Kane'ohe, donde Duncan & Holland (2006), a través de un estudio de marca y recaptura de juveniles de tiburón martillo, reportaron como la distancia promedio recorrida entre dos capturas fue de 1.6 km; trayecto relativamente pequeño para una especie altamente migratoria como *S. lewini*. Este comportamiento fue reportado por otros autores para el tiburón limón (*N. brevirostris*) y para el tiburón punta negra (*C. limbatus*) (Morrissey & Gruber, 1993; Heupel *et al.* 2004). Por lo tanto, se concluye que en el Golfo de Nicoya, los tiburones martillo establecen una segregación ontogénica local para evitar competencia intraespecífica para la búsqueda de alimento y, al mismo tiempo, intentar disminuir el canibalismo presente en la especie.

Al analizar las zonas de pesca utilizadas por los afiliados de Coope-Tárcoles con las especies capturadas, se observa como el tiburón martillo fue capturado con mayor frecuencia en la zona del Peñón. Esta última, junto con Miramar, poseen las características típicas de la parte interna del Golfo de Nicoya, descritas por Brenes *et al.* (2003): poca profundidad (máximo 20 metros) y fondos lodosos-arenosos debido a la influencia de los manglares. En estas zonas de pesca y en Tárcoles, el tiburón martillo comparte el hábitat con distintas especies de corvinas (*C. stolzmanni*, *C. phoxocephalus* y *C. albus*), de roncadores (*Haemulon sp.*) y de manos de piedra (*Centropomus sp.*),

pertenecientes a la familia Scianidae, Haemulidae y Centropomidae, respectivamente. Las especies de estas familias suelen habitar las desembocaduras de ríos solo en algunas etapas de su ciclo de vida, frecuentemente como juveniles, por lo que este tipo de ecosistema se considera una importante área de reclutamiento para dichas especies (Jiménez, 1994).

En estas mismas zonas de pesca, en particular en Tárcoles, el tiburón martillo se puede encontrar comúnmente con la anguila, *Cynoponticus coniceps* (Muraenesocidae), que suele enterrarse en los fondos blandos. De la misma forma, *S. lewini* se relaciona con especies de cuminates (*B. panamensis* y *B. pinnimaculatus*), pertenecientes a la familia Ariidae. Esta última es típica de los ecosistemas de manglares, donde transcurre todo su ciclo de vida. De hecho, varios autores han descrito a esta familia, junto con la Scianidae y la Centropomidae, como las más abundantes en los ecosistemas de manglares de Centroamérica (Jiménez, 1994; Chicas, 1995).

La raya látigo (*D. longa*) es el otro condriictio que se relaciona con las zonas más internas del Golfo analizadas. Esta especie, perteneciente a la familia Dasyatidae, se desplaza en los fondos y suele alimentarse en los bentos, al igual que las especies pertenecientes a la familia Scianidae y Ariidae (Bartels *et al.* 1983; Allen y Ross, 1998).

En cuanto a las otras zonas de pesca, Herradura, Ascurana y Jacó, son

las más profundas entre las analizadas. Dichas zonas se relacionan con cabrillas (*E. itajara*, *E. acanthistius*, *E. analogus*; Serranidae), mentas (*D. pacificum*; Serranidae) y congrios (*B. clarkei*; Ophidiidae), especies que habitan en aguas de cierta profundidad. Las cabrillas, en particular, la rosada (*E. acanthistius*) y la de profundidad (*E. itajara*), suelen habitar zonas rocosas de hasta 100 m; mientras que el congrio (*B. clarkei*) suele habitar en ecosistemas rocosos todavía más profundos, hasta más de 600 m (Allen y Ross, 1998).

Al agrupar *S. lewini* según su talla se determinó que, conforme van creciendo, los tiburones martillo van paulatinamente relacionándose con zonas más profundas y alejadas de la desembocadura del río Grande de Tárcoles. *Sphyrna1* (42.50-62.50 cm) se relacionó más con el Peñón, sitio más somero y cercano al río; *Sphyrna2* (62.51-82.50 cm) se relacionó con Miramar, Negritos-Tortuga y Tárcoles. En estas primeras etapas, el tiburón martillo comparte el hábitat con distintas especies de corvinas y cuminates; además de la anguila y la raya látigo.

Mientras que, *Sphyrna3* (82.51-102.50 cm) se relacionó más con Tárcoles, zona cercana a la desembocadura del río, pero relativamente profunda (entre los 31 y 60 m), donde los pescadores artesanales buscan el pargo manchado (*L. guttatus*) y también encuentran la corvina reina (*C. albus*) y la corvina agria (*Micropogonias altipinnis*). Finalmente,

*Sphyrna*4 (102.51-122.50 cm) se relacionó con las zonas más profundas de Jacó y Ascurana, donde los pescadores buscan cabrillas (*E. itajara* y *E. analogus*) y congrios (*B. clarkae*). Según un estudio de Anislado (2000), la captura de juveniles de más de 100 cm en zonas profundas (hasta 200 m) representa el paso de los preadultos a zonas de mayor profundidad, ya reportado para esta especie por otros autores (Klimley, 1987; Castro, 1993; Torres, 2004).

De acuerdo con la talla máxima encontrada en este estudio (140 cm) y con la tasa de crecimiento ( $r = 0.156$  por año $^{-1}$  para las hembras y  $r = 0.131$  por año $^{-1}$  para machos) reportada por Anislado y Mendoza (2001), se sugiere que los tiburones martillo permanecen en el Golfo de Nicoya entre dos y tres años, aproximadamente. Durante este período parecen alejarse de la zona interna del Golfo y desplazarse al sur, hacia la parte más externa, donde probablemente exista una zona de crianza secundaria, para luego iniciar sus largas migraciones en aguas pelágicas.

A pesar de esto, aún es necesario realizar estudios de crecimiento para determinar con mayor precisión el tiempo que permanecen los tiburones martillo en el Golfo de Nicoya y así ampliar el conocimiento sobre otros aspectos de su distribución espacio-temporal.

En conclusión, los tiburones martillo recién nacidos se congregan en los alrededores de la zona de pesca

conocida como el Peñón. Esta condición de agregación representa una amenaza para esta especie, ya que el sitio es frecuentado por pescadores que utilizan trasmallos. Por lo tanto, se recomienda a los pescadores de CoopeTárcoles no utilizar trasmallos en esta zona durante los meses de marzo, abril y mayo, cuando empieza la época de lluvia y las hembras grávidas liberan sus crías. Sin embargo, también se recomiendan otros estudios para determinar si el área de crianza descrita por esta investigación se extiende hacia la parte interna del Golfo de Nicoya. Cabe resaltar que, el efecto positivo en el ordenamiento del tiburón martillo generado por la anterior recomendación, podría tener bajo efecto si no se consideran los impactos que puedan generarse por las embarcaciones de arrastre que constantemente extraen los recursos en el Golfo de Nicoya y que tienen incidencia sobre la zona del Peñón. Según un estudio de Stobutzki *et al.* (2002), los juveniles del tiburón son susceptibles a las redes de barcos camarones, representando aproximadamente el 3% de la captura total de embarcaciones de arrastre en el norte de Australia. Con base en lo anterior, se sugiere que las autoridades competentes fomenten una pesca responsable en el Golfo y que refuerzen en los meses anteriormente mencionados, los patrullajes e inspecciones en los alrededores de la desembocadura del río Grande de Tárcoles, ya que el tiburón martillo,

al igual que otras especies de tiburones, eligen justamente esta zona para el alumbramiento de sus crías.

## AGRADECIMIENTOS

Esta investigación no hubiera sido posible sin el apoyo financiero de la Conservación Internacional y Whitley Found For Nature y, sobre todo, sin el apoyo brindado por la Cooperativa de Pescadores Artesanales de Tárcoles R. L. (CoopeTárcoles R. L.). Agradecemos de todo corazón a los pescadores artesanales de esta cooperativa, por abrirnos sus puertas y por darnos una increíble ayuda en el muestreo. Un agradecimiento especial a David Chacón y Luis Ángel Rojas. Así como a los voluntarios Loic Le Foulgo y Benoit Figaredo de la Universidad La Rochelle de Francia por su ayuda en el muestreo.

Además, agradecemos a Joel Sáenz del Instituto Internacional en Conservación y Manejo de Vida Silvestre por sus aportes, en especial en el análisis de datos; a Julio Lamilla de la Universidad Austral de Chile; a Maurizio Protti de la Escuela de Biología de la Universidad Nacional de Costa Rica y a José Rodrigo Rojas, por sus valiosas y constructivas sugerencias. Por último, a José Pablo Carvajal, por su ayuda en la elaboración del mapa.

## BIBLIOGRAFÍA

- Allen, G. & Ross, A. (1998). *Peces del Pacífico Oriental Tropical*. Ciudad de México, México. Conabio, Agrupación Sierra Madre.
- Anislado, T. V. (2000). *Ecología pesquera del tiburón martillo, 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.
- Anislado, T. V. & Mendoza, C. B. (2001). Edad y crecimiento del tiburón martillo *Sphyraena lewini* (Griffith y Smith 1834) en el Pacífico central de México. *Cien. Mar.*, 27 (004), 501-520.
- Arauz, R., López, A. & Zanella, I. (2007). *Informe final: 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)*. San José, Costa Rica.
- Barker, M. J., Gruber, S. H., Newmanc, S. P. & 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., Price, K. S., López, M. I. & Bussing, W. (1983). Occurrence, distribution, abundance and diversity of fishes of Gulf of

- Nicoya, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 31 (1), 74-101.
- Bass, A. J. (1978). Problems in studies of sharks in the southwest Indian Ocean. En: Merson, R. R. & 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.
- Brenes, C. L., Coen, J. E., Chelton, D. B., Enfields, D. B., León, S. & Ballesteros, D. (2003). Wind driven upwelling in the Gulf of Nicoya, Costa Rica. *Int. J. Remote Sensing*, 24 (5), 1127-1133.
- Bush, A. (2003). Diet and diel feeding periodicity of juvenile scalloped hammerhead sharks, *Sphyrna lewini*, in Kane'ohe Bay, O'ahu, Hawaii. Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands. *Environ. Biol. Fish.*, 67, 1-11.
- Bussing, W. A. & López, M. I. (1993). Peces demersales y pelágicos costeros del Pacífico de Centro América meridional. *Rev. Biol. Trop.* Publicación Especial, 1-164.
- Bussing, W. A. (1998). Peces de las aguas continentales de Costa Rica/Freshwater Fishes of Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 46 (2), 1-468.
- Camhi, M., Fowler, S., Musick, J., Brautigam, A. & Fordham, S. (1998). *Sharks and their relatives: ecology and conservation*. Oxford, UK. Information Press.
- Carlson, J. F. (2000). *Center shark nurseries in the northeastern Gulf of Mexico*. NOAA, National Marine Fisheries Service, Southeast Fisheries Science. Ciudad de Panamá, Panamá.
- 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.
- Cavanagh, R. D. & Gibson, C. (2007). *Overview of the Conservation Status of Cartilaginous Fishes (Chondrichthyans) in the Mediterranean Sea*. IUCN, Gland, Switzerland and Malaga. España.
- Chicas, F. B. (1995). *Distribución, diversidad y dinámica poblacional de la ictiofauna comercial de la Reserva Forestal Térraba-Sierpe, Puntarenas, Costa Rica*. Tesis sometida a la consideración de la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Biología para optar al grado de Magíster Scientiae. Universidad de Costa Rica, San Pedro, Costa Rica.
- Clarke, T. A. (1971). The ecology of the scalloped hammerhead shark, *Sphyrna lewini*, in Hawaii. *Pacific Sci.*, 25, 133-144.
- Compagno, L., Krupp, F. & Schneider, W. (1995). Tiburones. En: Fischer, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, C., Carpenter, K. & Niem, V. (eds.). *Guía para la identificación de especies para los fines de pesca. Pacífico*

- Centro-Oriental* (pp. 647-744). Roma, Italia.
- Coope SoliDar R. L. (2005). *Tárcoles: una comunidad de pescadores artesanales en Costa Rica, aportes a la conservación de los recursos marinos costeros del Golfo de Nicoya*. San José, Costa Rica.
- Cox, D. C., Fan, P. F., Chave, K. E., Clutter, R. I. & others. (1973). *Estuarine pollution in the state of Hawaii*. Water Resources Research Center University of Hawaii. USA.
- De Boeck, G., Grosell, M. & Wood, C. (2002). Sensitivity of the spiny dogfish (*Squalus acanthias*) to waterborne silver exposure. *Aquat. Tox.*, 54, 261-275.
- Duncan, K. (2006). Estimation of daily energetic requirements in young scalloped hammerhead sharks, *Sphyrna lewini*. *Environ. Biol. Fish.*, 76 (2-4), 139-149.
- Duncan, K. & 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. & Villalta R. A. (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.
- Fischer, W., Kupp, F., Schneider, W., Sommer, C., Carpenter, K. E. & Niem, V. H. (1995). *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro-Oriental*. Roma, Italia.
- Hamlett, W. C. (1999). *Sharks, skates and rays: the biology of elasmobrach fishes*. Baltimore, Maryland. USA. The John Hopkins University Press.
- Heupel, M. R., Simpfendorfer, C. A. & Hueter, R. E. (2004). Estimation of shark home ranges using passive monitoring techniques. *Environ. Biol. Fish.*, 71, 135-142.
- Holland, K. N., Wetherbee, B. M., Peterson, J. D. & Lowe, C. G. (1993). Movements and distribution of hammerhead, shark pups on their natal grounds. *Copeia*, 2, 495-502.
- Hopkinsa, T. E. & Cech, J. J. (2003). The influence of environmental of three elasmobranchs in Tomales. *Environ. Biol. Fish.*, 66, 279-291.
- Jiménez, J. A. (1994). *Los manglares del Pacífico de Centroamérica*. Heredia, Costa Rica. EFUNA.
- Klimley, A. P. (1987). The determinants of sexual segregation in the scalloped hammerhead shark, *Sphyrna lewini*. *Environ. Biol. Fish.*, 18 (1), 27-40.
- León, S., Jiménez, L. & Castro, E. (2000). *Costo de la degradación de las aguas del Golfo de Nicoya y su impacto en el sector pesquero*. Heredia, Costa Rica. Universidad Nacional de Costa Rica. Facultad de Ciencias Sociales, Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible.

- Lowe, C. G. (2002). Bioenergetics of free-ranging juvenile scalloped hammerhead sharks (*Sphyrna lewini*) in Kane'ohe Bay, O'ahu, Hawaii. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 278, 141-156.
- Merson, R. R. & 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.
- Morrissey, J. & Gruber, H. S. (1993). Habitat selection by juvenile lemon sharks, *Negaprion brevirostris*. *Environ. Biol. Fish.*, 38, 311-319.
- Rechisky, E. L. & Wetherbee, B. M. (2003). Short-term movements of juvenile and neonate sandbar sharks, *Carcharhinus plumbeus*, on their nursery grounds in Delaware Bay. *Environ. Biol. Fish.*, 68, 113-128.
- Simpfendorfer, C. A. & Milward, N. E. (1993). Utilization of a tropical bay as a nursery area by sharks of the families Carcharhinidae and Sphyrnidae. *Environ. Biol. Fish.*, 37, 337-345.
- Springer, S. (1967). Social organization of shark populations. En: Gilbert, L. W., Mathewson, R. F. & Rall, D. P. (eds.). *Sharks, Skates and Rays*. Baltimore, USA. John Hopkins University Press.
- Stobutzki, I. C., Miller, M. J., Heales, S. & Brewer, D. T. (2002). Sustainability of elasmobranchs caught as bycatch in a tropical prawn (shrimp) trawl fishery. *Fish. Bull.*, 100, 800-821.
- ter Braak, C. J. F. & Smilauer, P. (2002). *CANOCO reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: software for canonical community ordination (version 4.5)*. Microcomputer Power, Ithaca, New York, USA.
- 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. Universidad del Mar. México.