

100



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

LAS AREAS DE CRIANZA DE TIBURONES EN EL CARIBE Y GOLFO DE MEXICO, CON UN ENFOQUE ESPECIAL EN LA LAGUNA DE YALAHAU, QUINTANA ROO.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
B I O L O G O
P R E S E N T A :
EDGAR MAURICIO HOYOS PADILLA

DIRECTOR DE TESIS: BIOL JOSE LEONARDO CASTILLO GENIZ



295217



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

MAT. MARGARITA ELVIRA CHÁVEZ CANO
Jefa de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis:
"Las áreas de crianza de Tiburones en el Caribe y Golfo de México, con un
enfoque especial en la Laguna de Yalahau, Quintana Roo".

realizado por Edgar Mauricio Hoyos Padilla

con número de cuenta 9235013-9 , pasante de la carrera de Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis Propietario Biol. José Leonardo Castillo Géniz

Propietario M. en C. Javier Tovar Ávila

Propietario Cand. M. en C. Sandra Rita Soriano Velásquez

Suplente Biol. Edgar Camacho Castillo

Suplente M. en C. Donaldo Egberto Acal Sánchez

Juan Tovar Ávila
Juan Tovar Ávila
Edgar Camacho C.

FACULTAD DE CIENCIAS
U N A M.

Donaldo E. Acal

Edna María Suárez Díaz

Consejo Departamental de Biología
Dra. Edna María Suárez Díaz



DEPARTAMENTO
DE BIOLOGIA

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer con especial énfasis a mis padres Rosario y Guillermo y a mis hermanos Paola y Memo por que sin su apoyo, amor y comprensión no sería lo que soy.

A Erika, por estar siempre que la necesité y por demostrarme que el amor incondicional existe así como a toda su familia en especial a Pili, Felipe e hijo.

A todas mis amigas: Gabriela, Elena, Alethia, Claudia, Lorena, Myriam, Ale y anexas.

A todos mis amigos: Lalo, Omar, Paco, Beto, Leonardo, Wilson, Alejandro, Pepe, Jimmer y Daniel.

A Leonardo, Javier y Arturo por adentrarme al mundo de los tiburones.

En cuanto al desarrollo del presente trabajo:

Se agradece en primer instancia al Programa Tiburón de la Dirección General de Investigación en Evaluación y Manejo de Recursos Pesqueros del Instituto Nacional de la Pesca por haberme permitido realizar mi trabajo de tesis dentro del convenio de colaboración científica y tecnológica entre México y Estados Unidos en materia pesquera denominado "MEXUS-GOLFO". Como principales participantes se encuentra el Programa Tiburón de la Dirección General de Investigación en Evaluación y Manejo de Recursos Pesqueros y el Centro Regional de Investigación Pesquera de Puerto Morelos en Quintana Roo, del Instituto Nacional de la Pesca de la SAGARPA, por parte de México; y por parte de los Estados Unidos, El Centro de Estudios del Tiburón del Laboratorio Marino Mote de Sarasota, Florida (CSR-MML) y el Centro de Ciencias Pesqueras del Sureste de los Estados Unidos en Miami, Florida, del Servicio Nacional de Pesquerías Marinas (SEFSC-NMFS).

Se agradece atentamente al personal técnico y científico de ambos países que colaboró durante el desarrollo del programa: Dr. Robert E. Hueter, Dr. Charlie Manire, Dr. Enric Cortés, Biol. John Timinsky, Biol. Tom Wilkie, por parte del CSR-MML de los Estados Unidos; Biol. Manuel Puerto Mocochoa, Biol. Leonardo Castillo Géniz, LARM Fernando Márquez Farías, Biol. Alejandro Cid del Prado, y Biol. Alfredo Villegas Barrutieta, por parte del INP. A los biólogos Arturo Ocampo y Melissa Arriola., y a los P. de B. Juan Carlos Campuzano y Jorge Zárate.

Un especial agradecimiento en el apoyo logístico a las Comunidades Pesqueras de Holbox y Chiquilá, así como a los pescadores Severo Arguelles, Jorge, Raúl, y acompañantes por su vital labor.

Finalmente un reconocimiento por su ayuda y apoyo en la revisión de la tesis a los siguientes sinodales: Biol. José Leonardo Castillo Géniz, M. en C. Javier Tovar Ávila, Biol. Sandra Rita Soriano Velásquez, Dr. Donald E. Acal Sánchez, y Biol. Edgar Camacho Castillo.

CONTENIDO

RESUMEN.....	1
I. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1 Éxito reproductivo del tiburón.	
1.2 Organización social.	
1.3 Tipos de áreas por distribución y patrones de migración.	
1.4 Áreas de crianza	
1.4.1 Tipos de áreas de crianza.	
1.4.2 Preferencia por algún tipo de área de crianza de acuerdo con la historia de vida.	
1.4.3 Evolución de las áreas de crianza.	
II. OBJETIVOS.....	11
III. ANTECEDENTES.....	12
3.1 Revisión histórica de los principales estudios sobre el tiburón en México	
3.2 Revisión histórica de los estudios hechos en áreas de crianza en el Mundo o que contienen información relevante acerca de las mismas.	
3.3 Estudios que abordan el tema de áreas de crianza en Golfo de México y Caribe.	
3.4 Estudios realizados en la Laguna de Yalahau relacionados con tiburones.	
3.5 Justificación.	
IV. AREA DE ESTUDIO.....	23
V. MATERIAL Y MÉTODO.....	26
5.1 Investigación preliminar.	
5.2 Captura de los tiburones en la Laguna de Yalahau.	
5.3 Programa de marcaje	
5.4 Estudio de estimación poblacional	
5.5 Índices de diversidad.	

VI. RESULTADOS.....	36
A) Datos de la captura total	
B) Ecología y Biología de los tiburones	
Patrones de distribución	
Migraciones	
Estimación poblacional	
Índices de diversidad	
VII. DISCUSIÓN.....	60
Áreas de crianza registradas en el Caribe	
Áreas de crianza registradas en el Golfo de México	
Laguna de Yalahau	
Especies	
Distribución	
Migraciones	
Estimación poblacional	
Índices de diversidad	
VIII. CONCLUSIONES.....	74
IX. RECOMENDACIONES.....	76
X. LITERATURA CITADA	78
XI. ANEXO.....	84

RESUMEN

En el presente estudio se realizó una revisión bibliográfica acerca de toda la información disponible acerca de áreas de crianza de tiburones del mundo y en especial de los reportes hechos en aguas mexicanas en los litorales del Golfo de México y Caribe, reportando cuando fue posible, las especies que las utilizaban y el tipo de área de crianza que representan.

Se dio un enfoque especial a la Laguna de Yalahau que se encuentra en la parte norte del estado de Quintana Roo debido a los reportes existentes acerca de la captura de neonatos de distintas especies de tiburones con el fin de determinar su importancia como área de crianza, determinar que tipo de área de crianza representa, que especies de tiburones la utilizan y en que número, así como los factores que afectan su distribución dentro de la laguna y las migraciones que realizan fuera de esta mediante un programa de marcaje y recaptura.

El programa se realizó durante las semanas de finales de mayo y principios de junio de los años 1995,1996,1997,1998 y 2000. Durante los 5 muestreos del proyecto se realizó un esfuerzo total de 341 lances de pesca con un único tipo de arte de pesca (red agallera).

La captura total en la Laguna de Yalahau durante los 5 años del proyecto fue de: 1115 tiburones pertenecientes a 5 especies (*Carcharhinus limbatus*, *Negaprion brevirostris*, *Sphyrna tiburo*, *Rhizoprionodon terraenovae* y *Ginglymostoma cirratum*), 17 individuos de otras e especies de elasmobranquios , 2741 peces óseos de 41 especies identificadas y 7 sólo a nivel de género, 6 tortugas de una especie, y un mamífero marino. La captura total de tiburones mostró mayor abundancia para el tiburón *Carcharhinus limbatus*, en su mayoría neonatos, (99%), seguido por *Negaprion brevirostris* (1%) y *Sphyrna tiburo*, *Rhizoprionodon terraenovae* y *Ginglymostoma cirratum* con valores menores al 1%.

Durante el presente estudio se determinó que la Laguna de Yalahau es área de crianza protegida para el tiburón puntas negras *Carcharhinus limbatus* durante los meses de mayo y junio; sus crías nacen a una longitud de $60.5 \pm .17$ cm LT en promedio, y se encuentran preferencialmente sobre fondos lodosos, en aguas ricas en oxígeno, a una profundidad de 3 m, una temperatura de 29 ° C y una salinidad de 40 ‰ en promedio.

Los tiburones puntas negras permanecen dentro de la laguna por alrededor de cuatro meses y a mediados del cuarto la dejan para realizar una migración cercana a la costa hacia el Golfo de México preferiblemente y otra hacia el Caribe. Con base en la captura y recaptura de individuos inmaduros se sugiere que la laguna también juega el rol de área de crianza secundaria para la misma especie. Así mismo, la alta tasa de recapturas indica que los individuos de la especie *Carcharhinus limbatus* se encuentran bajo una gran presión pesquera por parte de las comunidades pesqueras de la región en sus etapas más tempranas de desarrollo.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Éxito reproductivo del tiburón

El éxito evolutivo de los tiburones se debe en gran parte a sus adaptaciones reproductivas. Las más significativas de estas son la fertilización interna y la producción de pequeñas cantidades de crías grandes, las cuales eclosionan o nacen como tiburones miniatura activos y totalmente formados. Los embriones pasan sus primeras etapas de desarrollo dentro de la madre recibiendo así protección durante su etapa más vulnerable. Las crías por lo general nacen a un tamaño relativamente grande, lo cual reduce el número de depredadores potenciales y competidores, aumentando así su oportunidad de sobrevivir. La fertilización en todas las especies de tiburones es interna por medio de órganos intromisorios derivados de las aletas pélvicas del macho conocidos como claspers o gonopterigios. La cópula normalmente precede a la ovulación por alrededor de un mes, el espermatozoides es almacenado durante este período en la glándula oviducal de la hembra, en la cual se lleva a cabo la fertilización. La duración de la etapa de gestación difiere entre las distintas especies regularmente con una duración de 8-12 meses (Castro, 1983).

Los tiburones han desarrollado diversas estrategias para alimentar a sus embriones, como la producción de huevos con grandes cantidades de vitelo, la ingesta de vitelo por parte de los embriones, y la transferencia directa de los nutrientes de la madre al embrión a través de una placenta.

Según Castro, (1983) tradicionalmente estas adaptaciones se han agrupado en tres formas de reproducción:

- La oviparidad es la condición más primitiva presente en los tiburones, las hembras depositan grandes huevos que contienen suficiente vitelo para alimentar al embrión en su desarrollo dentro del huevo y permitirle emerger como un tiburón en miniatura totalmente desarrollado. La oviparidad es

encontrada en sólo cuatro familias de tiburones: Heterodontidae, Rhiniodontidae, Ginglymostomatidae y Scyliorhinidae.

- La viviparidad aplacentaria, es la forma más común de reproducción de los tiburones. Los huevos, ricos en vitelo, eclosionan en el útero antes de que los embriones estén totalmente desarrollados; los embriones continúan entonces su desarrollo en el útero sin formar una conexión placentaria con la madre y nacen después de que su desarrollo se ha completado. Ejemplos de tiburones vivíparos aplacentados son: *Clamydoselachus angineus*, *Odontaspis taurus*, *Alopias vulpinus*, *Cetorhinus maximus*, etc.
- La viviparidad placentaria, es el modo de reproducción más avanzado. Los embriones dependen inicialmente del vitelo almacenado pero son después alimentados por la madre a través de una conexión placentaria. El embrión al estar en el útero, posee un cordón umbilical que crece hasta que se vuelve un tubo de unos 20 cm de largo, este contiene tres vasos: la arteria umbilical, la vena umbilical y en medio de las dos últimas el canal vitelino. De este modo los tejidos de la madre y del embrión se ponen en contacto directo y los nutrientes pasan al embrión. La viviparidad placentaria está confinada a familias como Carcharhinidae, Sphyrnidae y Triakidae (Castro, 1983).

El desarrollo ontogénico de los tiburones puede dividirse en cuatro estadios: embrión, neonato, juvenil y adulto. **Embrión** es el estadio de pre-eclosión en el caso de los tiburones ovíparos, en el caso de los vivíparos es el estadio de pre-parto. El estadio de **Neonato** es el posterior a la eclosión o al parto, probablemente dura de un mes a seis semanas, son individuos libres nadadores sin ó con una cicatriz umbilical en el caso de las especies placentadas, o los que tienen una longitud cerca del tamaño de nacimiento en el caso de las especies aplacentadas u ovovivíparas. Para las especies placentadas el estadio de neonato termina cuando se cierra la cicatriz umbilical. Los individuos **juveniles** son los individuos que no han madurado aún sexualmente. **Adulto** es el individuo sexualmente maduro de la población (Castro 1993).

1.2 Organización social

A partir de la información reciente que se tiene acerca de los tiburones, comprendiendo desde la etapa de neonato hasta adulto, se han encontrado cinco convenciones sociales dentro de sus poblaciones (Springer, 1967):

- 1) La tendencia a segregarse por tamaño, lo cual ha sido documentado entre las especies pequeñas. Al tratar a la segregación por tamaño como un fenómeno social, se reconoce que los grupos de tiburones en migración pueden ser seleccionados en diferentes categorías de tamaños por diferencias en velocidades de nado entre los individuos pequeños y los de mayor tamaño. La segregación por tamaño también puede resultar a partir de diferencias en el hábitat y preferencias alimenticias entre los tiburones pequeños y los grandes.
- 2) La tendencia, entre algunos organismos sexualmente maduros, de segregarse por sexo durante las temporadas de apareamiento. La segregación local de adultos por sexo está muy relacionado con la necesidad de zonas especiales de crianza para las especies migratorias que producen pocas crías de gran tamaño.
- 3) **La inhibición alimenticia** de los machos durante el cortejo entre las especies grandes. Springer (1960) reportó que ciertos tiburones pueden no alimentarse durante el cortejo pero que las hembras si lo hacían
- 4) El hábito de las hembras grávidas en etapa terminal **de no alimentarse mientras** permanecen en áreas de crianza. Esto no se reconoce para todas las especies.
- 5) El uso, por algunas especies, de zonas especiales de crianza fuera del rango normal geográfico común de los machos sexualmente maduros. Springer (1967) estableció que para todos los tiburones de aguas someras, los jóvenes

tienden a congregarse en zonas someras del rango de la población, que representan áreas de crianza.

Nadie conoce los fenómenos que dictan los patrones precisos de la distribución de los tiburones en el tiempo y el espacio, y nuestro entendimiento acerca de los motivos y mecanismos envueltos en los patrones de migración es muy somero. Existe un concepto científico que promueve una hipótesis acerca de la distribución y migración de los tiburones en este sentido: la **Filopatría**, que es un término utilizado en comportamiento animal y ecología, en griego significa "amante del hogar". En su libro *Animal species and Evolution*, Ernest Mayr define a la Filopatría como el impulso o tendencia de un individuo de regresar o permanecer en su área de hogar, nacimiento, u otra localidad adoptada. El término es poco utilizado en peces y mucho menos en tiburones. Los biólogos especialistas en tiburones hablan de rutas migratorias, rangos de hábitat, espacios de actividad y algunas veces territorios, pero todas estas son expresiones de un mismo patrón espacio-tiempo: aquel de un animal como un grupo de tiburones que escogen ir o permanecer en una región geográfica específica, lo cual puede considerarse Filopatría (Hueter, 1998).

1.3 Tipos de áreas por distribución y patrones de migración.

De acuerdo con la distribución observada en los tiburones por tamaño y sexo, así como en sus patrones de migración pueden identificarse tres áreas según Castro (1993):

- ✓ **Áreas de alimentación de adultos.** Comprenden la mayor parte del rango de la especie, siendo las áreas donde los adultos viven excepto por las veces en que migran a sitios especiales donde se aparean o hacia áreas de crianza.
- ✓ **Áreas de apareamiento.** Son en las cuales los adultos se congregan con el propósito de aparearse, las cuales no necesariamente coinciden con las áreas de crianza.

- ✓ **Áreas de crianza.** Son zonas discretas geográficamente del rango de las especies en donde las hembras grávidas paren a sus crías o depositan sus huevos, y donde las crías pasan sus primeras semanas, meses ó años de vida. Son áreas altamente productivas. El criterio utilizado para caracterizar estas áreas es la presencia simultánea de hembras grávidas, neonatos libres nadadores y juveniles pequeños.

El concepto de área de crianza ha sido reportado por un gran número de autores: Meek (1916) estableció que la distribución de los tiburones vivíparos indicaba que las hembras viajan a una región particular a liberar a sus crías. Springer (1967), estableció que los tiburones migran a sitios específicos donde las hembras depositan sus huevos o paren a sus crías, y que la evidencia de áreas de crianza específicas era bastante fuerte. También estableció que los requerimientos de las especies por las áreas de crianza pueden estar limitados por la profundidad del agua y tipo de hábitat. Castro (1987), estableció que la mayoría de las especies tiene un área geográfica de crianza en particular, y que esta se localiza comúnmente en aguas someras altamente productivas como manglares costeros y estuarios, donde los juveniles pueden encontrar abundante alimento.

1.4 Áreas de crianza

1.4.1 Tipos de áreas de crianza

Bass (1978) dividió las áreas de crianza en dos tipos: áreas de crianza primarias y secundarias. Las **áreas de crianza primarias** son aquellas donde ocurre el parto y las crías viven por un corto tiempo, mientras que las **áreas de crianza secundarias** son aquellas en las cuales los juveniles se encuentran después de haber dejado las áreas de crianza primarias y antes de alcanzar la madurez. Evidencia de lo anterior se presenta en ciertas especies de Carcharhínidos (Gruber *et al.* 1988) y de la familia Sphyrnidae (Clarke, 1971; Castro 1989). Sin embargo, en algunas especies de carcharhínidos las áreas de crianza primarias y secundarias ocurren en la misma área (Snelson *et al.* 1984).

Springer (1967) y Branstetter (1991) sugieren que las áreas de crianza pueden ser categorizadas por el grado de exposición a depredadores potenciales en: 1) **áreas de crianza protegidas** localizadas en áreas no frecuentadas por los adultos, y 2) **áreas de crianza no protegidas** que se encuentran en hábitats ocupados por los adultos (Branstetter, 1991). Además de esto, el mismo autor sugirió que las especies que producen crías pequeñas o de lenta tasa de crecimiento utilizan áreas de crianza protegidas, donde la depredación es baja, reduciéndose así la mortalidad de las crías mientras que las especies que ocupan áreas de crianza expuestas son de crecimiento rápido. En adición, las crías de las especies pequeñas que pueden sufrir un alta depredación debido a su tamaño, alcanzan la madurez más rápidamente y se reproducen más frecuentemente que las especies de mayor tamaño.

1.4.2 Preferencia por algún tipo de área de crianza de acuerdo a la historia de vida.

Según Branstetter (1991) las especies de tiburones pueden dividirse básicamente en especies de crecimiento lento y especies de crecimiento rápido. Dentro de cada una de estas divisiones son posibles tres subdivisiones: 1) La producción de pocas crías de gran tamaño; 2) la producción de pocas crías de tamaño medio; y 3) la producción de numerosas crías de talla pequeña.

El tamaño y tasa de crecimiento de la cría está correlacionado con el tipo de área de crianza que utilizan por lo que Branstetter (1991) hace la siguiente clasificación:

- **Especies con crecimiento lento**

CRIAS GRANDES. *Odontaspis taurus* y *Carcharhinus falciformis* son dos especies de tiburones costeros, que cuando son adultos miden aproximadamente 3 m de largo y tienen crías de 90 cm. Estas crías pasan su vida temprana en áreas de playa someras expuestas a la depredación por los adultos que se encuentran en las mismas áreas. Aunque crecen únicamente 15 cm (seis pulgadas) en el primer año, su relativo gran tamaño les ayuda a evitar a los depredadores.

CRIAS MEDIANAS. Las especies de crecimiento lento que producen crías de tamaño medio utilizan áreas de crianza protegidas como bahías, estuarios o planicies de arrecife que no son frecuentadas por los adultos. Este grupo incluye a los tiburones: *Carcharhinus leucas*, *C. plumbeus* y *Negaprion brevirostris*; cuyas crías tienen alrededor de 60 cm de largo. Aunque se encuentran en estas áreas protegidas, la mortalidad es del 50%.

CRIAS PEQUEÑAS. El tiburón martillo *Sphyrna lewini*, tiene numerosas crías pequeñas. Se acercan a la costa para parir cerca de 30 crías de 45 cm de largo. Las crías viven en canales o brazos de mar y bahías por alrededor de seis meses, entonces se mueven hacia aguas costeras donde están expuestos a depredadores. Su alta tasa de mortalidad se puede compensar con el gran número de crías producido.

- **Especies con crecimiento rápido** (Branstetter, 1991):

CRIAS GRANDES. Los tiburones de la familia Alopiidae producen de dos a cuatro crías de 60 cm a 90 cm de largo, excluyendo el gran lóbulo superior de la cola. Las crías crecen rápido, cerca de 30 cm por año en longitud.

CRIAS MEDIANAS. Las grandes especies costeras como *C. limbatus* y *C. brevipinna*, crecen rápidamente cuando son recién nacidos. Estas crías tienen 60 cm al nacer, ocupan áreas frontales de playa el primer verano y están expuestos a depredadores. Aumentan de 90 a 1.20 m en un año y continúan creciendo de 15-20 cm por año durante el siguiente par de años.

CRIAS PEQUEÑAS. Las especies *Prionace glauca* y *Galeocerdo cuvieri* (tiburones azul y tigre respectivamente) poseen tasas de crecimiento rápidas y producen grandes cantidades de crías, lo cual sugiere que la mortalidad de las crías debe ser mayor que para otras especies. Ambos producen numerosas crías (48-80) comparativamente pequeñas. Los neonatos del tiburón azul por ejemplo, son de solo 45 cm de largo y permanecen en aguas epipelágicas donde son

vulnerables a la depredación. Las crías duplican su tamaño el primer año y continúan con su rápido crecimiento por los dos o tres años siguientes.

Es claro que las diferentes especies de tiburones presentan diferentes características de historias de vida para un adecuado éxito reproductivo. Alcanzar longitudes de 90 cm puede ser crítico para la supervivencia de los recién nacidos, de manera que las crías son ya lo suficientemente grandes para evitar la depredación activamente incrementando su velocidad de nado y eficiencia. Esto puede consumarse por medio de dos estrategias: 1) crecimiento rápido en áreas de crianza expuestas a depredadores, o 2) crecimiento lento en áreas de crianza protegidas (Branstetter 1991).

1.4.3 Evolución de las áreas de crianza

La evolución de las áreas de crianza en las poblaciones de tiburones ha estado estrechamente relacionada con la evolución del estilo reproductivo. Todos los tiburones comparten el mismo estilo reproductivo: fertilización interna y una gran inversión en un pequeño número de descendencia bien desarrollada. Este estilo reproductivo se cree fue desarrollado por los Chondrichthyes hace más de 350 millones de años (Young, 1981). Lund (1990) ha reportado áreas de crianza en poblaciones de Chondrichthyes a partir de comunidades marinas fosilizadas de hace más de 320 millones de años.

II. OBJETIVOS

General:

- Investigar el uso de la Laguna de Yalahau como área de crianza de tiburones y hacer una revisión del conocimiento actual que se tiene acerca de las áreas de crianza de tiburones en el Golfo de México y Caribe Mexicanos.

Particulares:

- Hacer una recopilación de los registros acerca de áreas de crianza de tiburones en el Golfo de México y Caribe Mexicanos, mencionar las especies que las utilizan, inferir su tipo y señalar si existen reportes de su explotación comercial.
- Determinar la importancia de la Laguna de Yalahau como área de crianza de tiburones, que tipo representa y que especies la utilizan con este fin durante los meses de mayo y junio.
- Determinar los factores que afectan la distribución de los tiburones que utilizan a la laguna de Yalahau como área de crianza.
- Determinar el tiempo de permanencia de los tiburones en la laguna así como las migraciones que realizan a partir de esta mediante un programa de marcaje y recaptura.
- Estimar el número de tiburones que nacen en la Laguna de Yalahau, mediante el método de "Petersen".
- Estimar índices de diversidad y abundancia para la fauna acuática de la Laguna de Yalahau.
- Proporcionar posibles medidas de conservación para proteger esta área de crianza para tiburones.

III. ANTECEDENTES

3.1 Revisión histórica de los principales estudios sobre tiburón en México.

Los estudios referentes a los elasmobranchios han sido escasos en México, más aún, las investigaciones encaminadas a conocer el comportamiento biológico y ecológico. Destacan los siguientes estudios sobre el recurso:

- Entre los registros mas importantes de tiburones en aguas mexicanas se encuentran:

Castro Aguirre (1963) registró por primera vez a *Squalus cubensis* que se localizó al norte de Sontecomapan, Veracruz y dos años después las generalidades de los grupos Selachii y Batoidea son mencionadas tales como: características morfológicas, potencial alimenticio, así como su aprovechamiento. Castro-Aguirre (1965) dio a conocer la existencia, por primera vez, de dos especies de tiburones en aguas mexicanas. En 1978 desarrolló un catálogo sistemático de los peces marinos que penetran aguas continentales incluyendo algunas especies de elasmobranchios.

Branstetter y McEachran (1986) estimaron parámetros de edad y crecimiento de cuatro especies de carcarínidos comunes de las aguas del Golfo de México.

- En lo que se refiere a la identificación de especies fueron desarrolladas claves de identificación para tiburones de aguas mexicanas tales como:

Hoese y Moore (1977) publicaron claves para identificar los peces al norte del Golfo de México, presentando principales caracteres taxonómicos, que permiten determinar 26 especies de tiburones que habitan en esas aguas. Castro-Aguirre (1978) elaboró claves para la determinación y distribución geográfica de tiburones que penetran en aguas continentales de México. Branstetter (1987) observó características distintivas entre *Carcharhinus brevipinna* y *Carcharhinus limbatus*,

evitando así confusiones entre ambas. Los estudios se basaron en organismos capturados en el Golfo de México.

Castro (1983) resume la información sobre los tiburones que habitan las aguas norteamericanas del Pacífico y Atlántico e incluye claves de identificación. Contempla la distribución geográfica, rango biométrico de captura, hábitat, hábitos alimenticios y pesquería comercial de 49 especies de tiburones que ocurren en el Golfo de México.

Marín (1992), elaboró las claves para identificación de tiburones del Golfo de México con ejemplares capturados en Tamaulipas y Veracruz.

- Estudios realizados a partir de datos recopilados por pesquerías de tiburón:

Álvarez (1985), evaluó la situación de la pesquería de *Rhizoprionodon terraenovae* en la península de Yucatán; estimó el rendimiento óptimo, composición por edad, peso y talla, observando algunos aspectos de la dinámica poblacional de esta especie.

En 1989, Castillo presenta la información acerca de la Biología de los tiburones vista desde un enfoque de la situación actual de la pesquería de los tiburones en México. Los aspectos sobre su fisiología, anatomía, comportamiento depredador y hábitos alimenticios son tratados. En 1990 el mismo autor, hace una revisión de la pesquería del tiburón en México.

Bonfil, *et al* (1987) informaron algunos aspectos acerca de la pesquería de los tiburones en Yucatán, ofreciendo recomendaciones para el mejor aprovechamiento del recurso.

Hernández (1987), analizó la captura de tiburones del sudoeste de Campeche, considerando algunos aspectos biológicos. Encontró una marcada dominancia en capturas de *Sphyrna tiburo*, *Carcharhinus limbatus* y *Rhizoprionodon terraenovae*.

Rodríguez de la Cruz *et al* (1996), realizaron un estudio acerca de la pesquería del tiburón en litorales mexicanos, considerando la flota, artes de pesca, captura y proceso industrial. Los resultados del proyecto corroboraron la multiespecificidad de esta pesquería artesanal, ya que las mismas unidades de pesca, con el mismo

arte de pesca capturan estacionalmente diferentes especies de tiburones, cazones, así como diversos peces de escama.

Montiel (1988), llevó a cabo un estudio taxonómico, ecológico y pesquero de los tiburones capturados en la zona costera de Tuxpan, Veracruz. Identificó 15 especies de las cuales las mas abundantes fueron: *Carcharhinus limbatus*, *Carcharhinus falciformis*, *Carcharhinus leucas*, y *Sphyrna lewini*.

Bonfil *et al* (1990) actualizaron el trabajo de composición de capturas en la península de Yucatán.

Castillo (1992), publicó el diagnóstico de pesquería de tiburón en México con especial atención en las especies que se capturan comercialmente. Hace un análisis detallado del recurso y su pesquería.

Marín (1992), trabajó con tiburones capturados en las costas de Tamaulipas y Veracruz, aportando aspectos biológicos y taxonómicos de 27 especies que habitan esas aguas, como resultado de muestreos intensivos durante 4 años.

Castillo *et al* (1998) en vista de los niveles de explotación de la pesquería del tiburón en el Golfo de México, recomiendan diversas medidas precautorias para evitar el colapso de la pesquería, tales como: no expedir nuevos permisos, aumentar la colección de estadísticas de pesquerías en tres unidades pesqueras, y determinar el impacto de mortalidad por pesca en neonatos, juveniles y hembras grávidas en áreas de crianza, entre otros.

- Estudios biológicos:

Applegate *et al* (1979) publicó un importante documento sobre aspectos sistemáticos y biológicos de los tiburones que habitan las aguas mexicanas.

Branstetter y McEachran, (1986) determinaron la edad y el crecimiento de cuatro especies de carcharhínidos que habitan en el Golfo de México, estimando edades mediante el análisis de las vértebras marcadas con tetraciclina, observando una edad de desarrollo similar en las cuatro especies con algunas diferencias en cuanto al ciclo de vida. Un año después, Branstetter (1987) estimaron longitud, edad y crecimiento para *Carcharhinus limbatus* y *Carcharhinus brevipinna*.

Bonfil (1997), publicó un estudio acerca del conocimiento en cuanto a biología, ecología y pesquerías de tiburón en aguas mexicanas del Golfo de México, enfocándose en implicaciones de manejo.

3.2 Revisión histórica de los estudios hechos en Áreas de crianza en el Mundo o que contienen información relevante acerca de las mismas.

Springer (1967), trata el comportamiento social de los tiburones refiriéndose a las áreas de crianza al hablar de segregación por talla y sexo, comportamiento alimenticio y convenciones sociales. Considera como comportamiento social el uso, por algunas especies, de áreas de crianza fuera del hábitat o rango normal de los machos sexualmente maduros. Concluye que un factor limitante que afecta la población del sistema entero puede ser la disponibilidad de áreas de crianza.

Castro (1985), menciona que el número de descendencia producido por los tiburones es pequeño por lo cual la disponibilidad de áreas de crianza es un factor regulador de la población. Cada especie posee un área de crianza geográficamente discreta separada en tiempo y espacio de otros tiburones, comúnmente son áreas altamente productivas donde las crías encuentran gran cantidad de comida. En 1993 publicó un estudio acerca de la zona de Bulls Bay, Carolina del Sur, Estados Unidos, y las especies de tiburones que utilizan esta zona y áreas adyacentes como áreas de crianza. Encontró que la mayoría de las especies de carcarinidos de aguas someras tienen aparentemente áreas de crianza específicas donde paren a sus crías y éstas pasan sus primeras semanas, meses o años en ellas.

Según Branstetter (1991), las áreas de crianza pueden reducir el riesgo de depredación para muchas de las especies de tiburones. Establece que tales áreas de crianza pueden categorizarse de acuerdo al grado de exposición a depredadores potenciales en protegidas y no protegidas. Aunque no en todos los casos, las especies que utilizan áreas protegidas son de crecimiento lento, mientras que las que ocupan áreas no protegidas crecen más rápido.

Holland *et al* (1992), realizaron estudios de telemetría acústica para determinar los movimientos y distribución de tiburones martillo *Sphyrna lewini* en sus lugares de nacimiento en Kanehoe bay, Ohau, Hawai. Concluye que estos tiburones exhiben un comportamiento de refugio al sur de la Bahía durante el día y se vuelven más activos y dispersos durante la noche, cuando probablemente se alimentan de escáridos y pastos.

Simpfendorfer *et al.* (1993) llevaron a cabo una investigación acerca de la utilización de una Bahía tropical (Cleveland Bay) como área de crianza para las familias de tiburones Sphyrnidae y Carcharhinidae. Encontró que al menos 8 especies pertenecientes a ambas familias utilizan la Bahía de Cleveland al norte de Australia como área de crianza comunal, ciertas especies la utilizan como área de crianza primaria, mientras que alternativamente cuatro especies la utilizan como área de crianza primaria y secundaria. Sugieren que la utilización de una área de crianza por varias especies puede reducir la depredación.

Hueter (1994), encontró que los estuarios de Tampa Bay y Charlotte Harbor Florida, sirven como área de crianza para al menos 11 especies de tiburones, y al menos cuatro o posiblemente hasta nueve de estas especies las utilizan para parir a sus crías. Debido a que esta área soporta pesquerías substanciales de tipo recreativo y comercial, la mortalidad de tiburones en estas áreas de crianza, puede ser muy significativa, hecho que justifica la importancia de tal trabajo.

Carrier *et al.* (1998), identifican a una locación específica (Dry Tortugas National Park) que se encuentra a 75 millas náuticas al este de Key West, Florida, como zona única y crítica para el apareamiento de una especie de tiburón en particular *Gynglimostoma cirratum* y reconoce otros usos como por ejemplo que es un área de crianza. Plantea elementos para su manejo y protección.

Carlson (1999), con base a un estudio de distribución y abundancia de tiburones, encontró la presencia de neonatos y juveniles de la especie *Carcharhinus plumbeus* en el Noreste del Golfo de México, sugiriendo que paren en esta zona.

3.3 Estudios que abordan el tema de Áreas de Crianza en Golfo de México y Caribe:

Applegate *et al* (1984) colectaron en la Bahía de Chetumal especímenes recién nacidos y juveniles de *Carcharhinus leucas* (71 a 104 cm de longitud total), considerando que la bahía funciona como lugar donde las hembras grávidas dan a luz, así como donde los recién nacidos se desarrollan hasta alcanzar una talla de aproximadamente 130 cm.

De acuerdo con Seca y Murillo (1985 citado por Bonfil 1997) existen reportes preocupantes de capturas de recién nacidos y juveniles pertenecientes a las especies *Rhizoprionodon terraenovae*, *Carcharhinus acronotus*, *C. falciformis* y *Sphyrna tiburo* en el Banco de Campeche.

Basándose en la observación de su distribución por tallas y características biológicas, Hernández (1987) reportó que las especies *Carcharhinus acronotus*, *C. porosus*, *Rhizoprionodon terraenovae* y *Sphyrna tiburo* completan su ciclo de vida en las aguas someras del Banco de Campeche.

Montiel (1988) reporta la presencia de neonatos de *Carcharhinus leucas* (65 cm LT) y *Sphyrna lewini* (69 cm LT) dentro de la Laguna de Tamiahua.

Marín (1992), establece que la porción media y la parte externa de la plataforma continental del área de La Mancha-Alvarado constituyen una zona de nacimiento para tiburones oceánicos como *Carcharhinus signatus* y *C. falciformis* y sugiere que la Laguna de Alvarado aparentemente funciona como zona de nacimiento y área de protección para los juveniles de *C. leucas*.

Uribe (1993) documentó la presencia de neonatos de *Carcharhinus leucas* y juveniles de *Sphyrna tiburo* dentro de la Laguna de Términos. Su gran abundancia relativa concuerda con los informes de los pescadores que dijeron capturar mas a

menudo especialmente recién nacidos y juveniles. Reporta además que las hembras grávidas y los neonatos son objetivo de las pesquerías de la zona. Para la zona del Banco de Campeche encontró que las especies *Carcharhinus acronotus*, *C. leucas*, *C. limbatus*, *R. terraenovae*, *Sphyrna lewini*, *S. mokarran* y *S. tiburo* estuvieron representados en las capturas correspondiendo a las tres etapas de desarrollo.

Tovar (1995) realizó muestreos en la zona de Matamoros, Tamaulipas, encontrando hembras grávidas con embriones terminales y neonatos con cicatriz umbilical presente de *Carcharhinus limbatus* en la zona comprendida desde la frontera con E.U.A hacia el sur, frente a la Laguna Madre, sugiriendo que muy probablemente esta es un área de alumbramiento y crianza para esta especie y tal vez para otras. Menciona que la captura de los neonatos constituye una parte importante de las capturas y que su valor alcanza un mayor precio que los adultos.

Zárte (1996) con base en la abundancia de individuos jóvenes sugiere que las especies *Carcharhinus limbatus* y *Negaprion brevirostris* utilizan las Bahías de Ascensión y de Espíritu Santo, Quintana Roo, como zona de expulsión y crianza. Sugiere que las hembras de *C. limbatus* probablemente liberan a sus crías en las bahías en los meses de mayo y abril y reporta que los individuos mas pequeños de *N. brevirostris* fueron registrados en abril, septiembre y noviembre. Las muestras colectadas durante este estudio demostraron que ambas especies están representadas en la pesquería por un alto porcentaje de juveniles.

Bonfil (1997) estableció que varias especies del género *Carcharhinus* utilizan aguas someras, bahías, lagunas costeras y estuarios como áreas de crianza en México. Además menciona que la bahía de Chetumal, la laguna de Términos y la laguna de Yalahau localizadas al sureste, sur oeste y noreste de la península de Yucatán respectivamente, son de gran importancia como áreas de crianza. Además establece que en las capturas de tiburón toro en Quintana Roo, los recién nacidos son también fuertemente explotados en las áreas de crianza.

Destaca que la protección de las áreas de crianza es un aspecto clave en el manejo de las pesquerías.

Trinidad (1997) con base al análisis de sus resultados menciona que la mayoría de las hembras preñadas y neonatos de *Carcharhinus acronotus* fueron capturadas en la localidad de Tamiahua, Veracruz, sugiriendo que probablemente esta zona es un área de crianza para esta especie.

Sosa *et al* (1998) reportan la colecta de neonatos de *C. leucas* en el río Usumacinta, Tabasco.

Castillo *et al.* (1998) establecieron que las aguas someras de las costas del mar abierto en Matamoros, Tamaulipas, cerca de la frontera con E.U.A. son parte de un área de crianza no protegida para *Rhizoprionodon terraenovae*. Además de esto, sugirieron que las aguas costeras de Veracruz son probablemente otro ejemplo de área de crianza no protegida para especies como *Carcharhinus signatus* y *C. falciformis*.

En el anteproyecto de la Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-029-PESC-1999, que regula el aprovechamiento de tiburón y especies afines, en aguas de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos, en aguas de alta mar y aguas de jurisdicción extranjera, con embarcaciones de Bandera Mexicana, se establece en su artículo 3.17 como zonas de refugio a las áreas delimitadas en las aguas de jurisdicción federal, con la finalidad primordial de conservar y contribuir, natural o artificialmente, al desarrollo de la flora y fauna acuáticas, así como preservar y proteger el medio ambiente que las rodea. En este caso particular, la superficie delimitada geográficamente corresponde a áreas de reproducción, nacimiento y crianza de tiburones.

En el artículo 4.4.4. se establecen como áreas de refugio para proteger el proceso de reproducción y/o nacimiento de las especies de elasmobranquios, las siguientes áreas geográficas:

- 1) Zona litoral frente a Playa Bagdad en el Estado de Tamaulipas, en una franja marina de 27.8 Km. (15 millas náuticas) de ancho.
- 2) Laguna de Términos en el Estado de Campeche.
- 3) Ríos Usumacinta y Grijalva en el Estado de Tabasco.
- 4) Laguna de Yalahau en el Estado de Quintana Roo.
- 5) Bahías de Espíritu Santo, Ascensión y de Chetumal, en el Estado de Quintana Roo.

En ningún caso podrán utilizarse en estas áreas, redes de enmalle, cualquiera que sea su material de construcción, con tamaño de malla inferior a 203 mm (8 pulgadas) independientemente del objetivo de pesca, durante el periodo comprendido del 1 al 30 de junio de cada año.

3.4 Estudios realizados en la Laguna de Yalahau relacionados con tiburones:

-Fautch (1986 a) reportó una gran cantidad de neonatos capturados pertenecientes a las especies *N. brevirostris*, *Carcharhinus limbatus*, *C. leucas*, y *Sphyrna tiburo* en la zona de la Laguna de Yalahau, Quintana Roo, entre los meses de abril y mayo, por lo tanto sugiere que la zona es un criadero natural de tiburones y a lo mejor de otras especies por lo que es urgente vedarla por lo menos en esa época del año.

-Jiménez-Sabatini *et al.* (1991) en cuanto a los tiburones, mencionan que era posible encontrar diversas especies en toda la laguna, desde la boca de la Conil hasta Santa Paula. El tiburón limón (*Negaprion brevirostris*), era el que paría con mayor frecuencia en zonas someras y de mangle También se han registrado especies como el cazón tutzún *Carcharhinus perezii*, el cazón de aleta manchada *Carcharhinus limbatus*, las cornudas *Sphyrna lewini* y *S. mokarran*, el tiburón toro *Carcharhinus leucas*, el tiburón pala *Sphyrna tiburo*, la tintorera *Galeocerdo cuvieri*, el tiburón curro *Carcharhinus acronotus*, y el tiburón gata *Ginglymostoma cirratum* (el mas abundante) que al parecer desova en las partes mas bajas del ceibadal en la boca de la laguna. Mencionan que en la zona somera y de

corrientes débiles suele desovar el cazón de aleta manchada *Carcharhinus limbatus* en abril y que ocasiones también penetraban las hembras adultas de las cornudas *Sphyrna lewini* y *S. mokarran* a desovar.

3.5 JUSTIFICACIÓN

Una consecuencia del estilo reproductivo del tiburón es que el reclutamiento está directamente relacionado con el número de hembras reproductivas. El éxito de la población depende de una baja mortalidad de los juveniles para mantener el tamaño de la porción reproductiva de la población. Por lo tanto las áreas de crianza son ventajosas ya que reducen la depredación e incrementan la disponibilidad del alimento. Si los tiburones son forzados a dejarlas permanentemente debido a un inadecuado suministro de alimento, se moverían presumiblemente hacia áreas donde la predación podría ser severa (Branstetter, 1991).

La investigación y localización de las áreas de crianza han sido reconocidas como una necesidad crítica debido a las relaciones de reclutamiento. Holden (1974) por ejemplo, dice que la relación tamaño del stock-reclutamiento es casi directa. Debido a esta estrecha relación, la localización de las áreas de crianza se ha considerado una investigación crítica para el mejor conocimiento y manejo del recurso tiburón.

De hecho, en el Gobierno de Estados Unidos se ha considerado por el Servicio Nacional de Pesquerías Marinas cerrar las áreas de crianza de tiburones a la pesca para reducir la mortalidad, sin embargo, esta medida fue rechazada debido a la carencia de un conocimiento suficiente acerca de áreas de crianza específicas y el efecto adverso que esto tendría sobre otras pesquerías como la del camarón (Hueter, 1994). Por lo tanto, si se desea un mejor conocimiento, para el manejo, conservación y protección del stock de las poblaciones de tiburones en México, el conocimiento de la localización y extensión de las áreas de crianza, así como de las especies que las utilizan es de vital importancia lo cual justifica el desarrollo del presente estudio.

IV. AREA DE ESTUDIO

El estado de Quintana Roo está situado en la porción oriental de la Península de Yucatán, tiene una superficie de 50 843 km². Colinda al norte con el Golfo de México y el estado de Yucatán, al este con el mar Caribe, al sur con Belice y la República de Guatemala, y al oeste con el estado de Campeche. Quintana Roo es una planicie de origen marino, cuyos suelos están formados por rocas calcáreas procedentes del Mioceno y el Pleistoceno. La orografía es poco accidentada. El clima es a menudo cálido y en ocasiones frío y húmedo, la temperatura media anual es de 26° C. La época de secas comprende los meses de febrero a mayo y la de lluvias de junio a octubre, aunque con frecuencia se prolonga hasta enero, en forma de chubascos procedentes del norte.

El territorio de Quintana Roo comprende tres regiones: La selva, el manglar y la costa. En la costa el clima es cálido con suelos arenosos. La fauna silvestre es numerosa y variada. Una barrera coralina corre casi a todo lo largo de las planicies caribeñas y se prolonga hacia el sur frente a Belice. El litoral de Quintana Roo en la parte del Golfo de México sigue el contorno de una elipse, llamada Laguna de Yalahau, frente al cual se encuentra la isla de Holbox. En el extremo septentrional de esta se halla el Cabo Catoche. El río Limbo es un estrecho canal que separa Holbox de la Península de Yucatán (Escobar, 1986).

La Laguna de Yalahau (Fig. 1) se localiza aproximadamente a 44 km de Kantunil Kin, entre los paralelos 21°26' y 21°36' de latitud norte y los 87°08' y 87°29' de longitud oeste. También se le conoce como Laguna Conil y la separa del Golfo de México la isla Holbox; en el sistema se conforman varias puntas: Bocontica, Vista Alegre, San Román, Nuctunich y Chijaltun. (Contreras, 1985). En la figura 2 se señalan los principales puntos de referencia geográfica en la Laguna de Yalahau y la Isla de Holbox.

La laguna comprende un área de aproximadamente 70 a 80 Km², tiene una forma elíptica y corre paralela a la línea de la costa. La zona presenta un clima general caliente subhúmedo Aw 0'' (x') (i') g con lluvias en verano e invierno, temperatura

media anual de 26° C, temperatura media del mes más frío de 18 ° C, y una oscilación térmica entre 5 y 7 ° C. Se halla comprendida en la región hidrológica 32. Tiene una precipitación de 800 mm hacia el norte, cerca de la Isla de Holbox. (Contreras, 1985).

El área de protección de flora y fauna conocida como " Yum Balam" en el Municipio de Lázaro Cárdenas, abarca la Laguna de Yalahau, los humedales y las selvas bajas y medianas de la porción norte del estado de Quintana Roo. Se ubica en un altitud aproximada de 20 m y constituye un mosaico de ecosistemas de la provincia biótica yucateca que complementa a Río Lagartos. Es la reserva de acuíferos más importante del noroeste de la península de Yucatán. Las sabanas incluidas en el área constituyen las únicas incluidas dentro de un área natural protegida del país. La zona es el límite norte territorial del trópico caribeño continental y su biota es poco conocida. Sus recursos hídricos principales son los lénticos: Laguna de Yalahau, lagunas costeras y ciénagas y los lóuticos: aguas subterráneas. Es una zona de reproducción y crecimiento de especies de pesca comercial, como peces, langosta, calamar, tiburón y camarón.

El área de protección está regulada como tal por el decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación del 6 de Junio de 1994 (Jiménez-Sabatini *et al.* 1991).

- *Características geológicas.* No existen corrientes superficiales, se encuentra en la unidad morfotectónica IV con sedimentos carbonatados del Cuaternario Tardío. Según Inman y Norstrom , presenta costas de mares marginales de la Placa Americana, de acuerdo a Shepard, son costas primarias por erosión terrestre y costas secundarias por deposición marina.

Para Lankford (1971, citado por Contreras 1985) el origen de este tipo de lagunas es **IV-B** y pertenece a la unidad morfotectónica IV de Carranza-Edwards *et al.* (1975, citado por Contreras 1985).

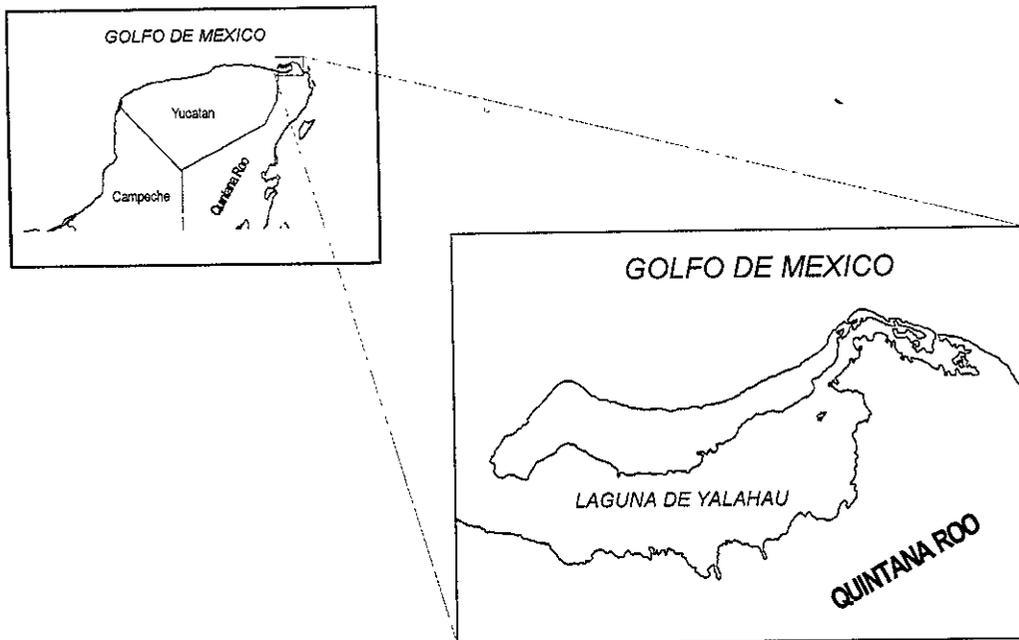


Fig. 1. Mapa del área de estudio.



Fig. 2. Mapa de la laguna con los puntos de referencia (Tomado de Sabatini *et al*, 1991).

V. MATERIAL Y MÉTODO

5.1 Investigación preliminar

El presente estudio se realizó dentro del convenio de colaboración científica y tecnológica entre México y Estados Unidos en materia pesquera denominado "MEXUS-GOLFO". Como principales participantes se encuentra el Programa Tiburón de la Dirección General de Investigación en Evaluación y Manejo de Recursos Pesqueros y el Centro Regional de Investigación Pesquera de Puerto Morelos en Quintana Roo, del Instituto Nacional de la Pesca de la SAGARPA, por parte de México, y por parte de los Estados Unidos, El Centro de Estudios del Tiburón del Laboratorio Marino Mote de Sarasota, Florida (CSR-MML) y el Centro de Ciencias Pesqueras del sureste de los Estados Unidos de Miami, del Servicio Nacional de Pesquerías Marinas (SEFSC-NMFS).

Conociendo por reportes previos de captura la presencia de tiburones neonatos dentro de la Laguna de Yalahau, el comienzo del trabajo incluyó la investigación del área de estudio en cuanto a sus características intrínsecas como localización, clima y temperatura así como entrevistas con los pescadores de la zona para conocer tipos y temporadas de las operaciones pesqueras, el conocimiento local de las especies de tiburones capturadas y su distribución en la laguna.

5.2 Captura de los tiburones en la Laguna de Yalahau.

Con base en la información obtenida de la temporada de captura de neonatos en la laguna, se llevaron a cabo 5 expediciones de marcado, una por año, con una duración de una a dos semanas a finales del mes de Mayo y principios de Junio durante el período 1995-1998 y en el 2000.

Todos los muestreos fueron realizados a bordo de las lanchas que comúnmente utilizan los pescadores de la zona denominadas "tiburonerías", las cuales son de fibra de vidrio, con una eslora de 8 a 9 metros y motor fuera de borda que varía

de 25 a 55 CF. Se contrató a cuatro pescadores de la región (dos por lancha) y su equipo de pesca para la realización de las expediciones de marcaje.

Debido a su eficiencia en captura, además de que es el método convencional utilizado por los pescadores en la Laguna, un tipo de red agallera de superficie fue utilizada durante los muestreos. Este es un arte de pesca pasivo, es decir, los peces son capturados cuando se ponen en contacto por sí mismos con la red, sin embargo; la desventaja de las redes agalleras es que suelen enredar al pez, por lo cual existe el riesgo de pérdida de condición debido a su lucha por liberarse y al agotamiento, dependiendo de la duración del intervalo de tiempo que pase antes de que se recoja la red (Jones, 1979).

La red agallera es un equipo de forma rectangular, utilizado fijo al fondo o a la deriva, ya sea unida a la embarcación o libre. Está conformada por varias secciones de paño de red de hilo multifilamento o monofilamento unido a dos cabos o líneas de soporte denominadas "relingas" (la de flotación en su parte superior y la de hundimiento en su parte inferior); lleva flotadores en la relinga superior y plomos en la relinga inferior, confiriéndole a la red la cualidad de mantener el paño extendido y desplazarse en el agua en función del viento y de la corriente cuando se utilizan a la deriva (Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-029-PESC-1999). La red utilizada durante el presente estudio está hecha de nylon monofilamento del número 15 al 24; la abertura de malla es de 4.5 pulgadas y las dimensiones de 500 m de largo y 3.5 m de caída.

La selección de los sitios de captura fueron establecidos de acuerdo a varios criterios en su mayoría basados en la experiencia de los pescadores, en sitios denominados por ellos mismos "turbios", los cuales son zonas donde el agua se ve más turbia que el agua circundante; según los pescadores es debido a que los tiburones se están alimentando en dichas zonas.

Otros criterios fueron el éxito previo en capturas y la información de la distribución de la ictiofauna provista por los pescadores.

La red fue colocada por períodos de 1 hora. A los 15 minutos de colocada la red se hacía una revisión total de la red observando si alguno de los flotadores

indicaba, al estar hundido, que había sido capturado algún organismo en esta sección. Los tiempos reales fueron tomados a partir del comienzo del lance (cuando toca el agua la primer boya) hasta cuando se recoge (cuando sale del agua la última boya).

Las redes se colocaron de la misma manera en que lo hacen los pescadores de la zona para capturar cazones (en turbios y en contra corriente). Se tomaron las medidas necesarias para no herir demasiado a los peces al sacarlos del agua, evitando lo mas posible el daño físico y su exposición a la luz directa por largos intervalos de tiempo ya que esto causa daño retinal (Jones, 1979).

Durante cada lance se colectaron los siguientes datos:

- a) Descripción del arte de pesca: abertura de malla, largo y caída de la red.
- b) Datos físicos: latitud y longitud (registrados con un GPS de campo marca Magellan o Garmin); profundidad (sondeando con remos de madera con escala en cm); tipo de sustrato; condición de la marea; condiciones climáticas; salinidad, conductividad y temperatura del agua del sitio de muestreo los cuales se midieron con sensores digitales portátiles marca AGI.
- c) Captura total de tiburones: Identificación de especies (Castro, 1983; Compagno, 1984) ; sexo; 4 longitudes: precaudal, furcal, total y totalmente estirado; estadio de madurez, peso (con balanzas portátiles de campo); muertes y su condición al partir.

Las condiciones del tiburón al liberarlo después de su captura y marcaje fueron medidas de acuerdo a una "escala de vitalidad (Hueter, 1994) utilizando el siguiente criterio :

Condición 1 (Buena) – No se necesita reanimar* al tiburón al regresarlo al agua. Nado rápido al liberarlo con un vigoroso salpicar de agua.

Condición 2 (Regular) – No se requiere de reanimación. Presenta nado lento pero fuerte al liberarlo.

Condición 3 (Pobre) – Corto período requerido para reanimarlo (30 seg). Una vez reanimado nada lento y atípico al soltarlo.

Condición 4 (Muy pobre) – Largo período para reanimarlo (mas de 30 seg). Una vez liberado presenta nado limitado o ausente pero con respiración funcional.

Condición 5 (Muerte) – Muerto al removerlo de la red o moribundo e incapaz de reanimarse después de un largo período de sumergido.

*Reanimación.- Se realiza en caso de asfixia aparente, se coloca al tiburón en el agua moviéndolo a manera de que el agua entre por su boca hacia las branquias de manera abundante. Esta maniobra ayuda al sistema de intercambio al aumentar en gran medida la velocidad y eficiencia de la difusión de oxígeno hacia la sangre.

d) Captura total de fauna incidental.

- Peces óseos: identificación de la especie (Robins & Douglass, 1986); número de organismos; longitud furcal, solo 10 individuos por especie, por muestreo
- Captura de otros vertebrados: identificación de la especie, medida y cantidad de individuos.

5.3 Programa de Marcaje

Diseño de la marca. El diseño y tipo de la marca utilizada durante el presente estudio se basó en un programa de marcaje dirigido principalmente hacia tiburones juveniles y adultos de talla pequeña (Hueter, 1994). La marca en dardo

con cabeza de nylon, *Hall print (South Australia) modified PDB*, fue elegida como la superior a todos los otros diseños probados. Las cualidades de este diseño de marca incluyen alta retención, excelente cicatrización de la herida, muy poco arrastre hidrodinámico, promedio bajo de adhesión de organismos o *biofouling* en el cuerpo de la marca y buen reconocimiento. Su talla relativamente pequeña y excelente construcción la hacen preferible.

La marca *Hall print modified PDB dart tag* seleccionada para dicho estudio, consiste en una cabeza de nylon de 1.5 cm de largo y 2-3 mm de grosor, con una sola barbilla de 2mm de ancho y 1.5 cm de largo, además del cuerpo de la marca de plástico de 1.5 mm de grosor y 12.5 cm de largo (Hueter, 1994). El cuerpo de la marca, consiste de dos segmentos unidos: un segmento proximal a la cabeza de color amarillo que mide 6 cm y un segmento distal a la cabeza de color naranja que mide 6.5 cm. El número de marca e información de recaptura fueron impresos en cada segmento, con instrucciones para la persona que recapturase al tiburón, siendo necesario cortar el extremo distal de la marca y enviarla al Mote Marine Laboratory (MML).

El diseño de la marca tiene dos objetivos: 1) cada marca sirve como una marca doble para múltiples recapturas del mismo pez, mientras que al mismo tiempo solo requiere de una sola aplicación; y 2) el regreso del segmento distal provee evidencia física de la marca y su número, mientras que permite al pescador que capturó al tiburón marcado, regresarlo al agua si lo desea, sin tener que remover la marca completa (Hueter, 1994).

En el presente estudio realizado en la laguna de Yalahau se utilizó este tipo de marca (*Hall print modified PDB dart tag*) debido a su eficiencia citada con anterioridad. Las marcas fueron compradas y manufacturadas de acuerdo a las especificaciones para este proyecto presentándose variaciones en cuanto a su uso:

- Como el estudio se realizó de manera conjunta entre México y Estados Unidos de Norte América, la información de las marcas se imprimió en dos idiomas; en inglés en la parte proximal a la punta de color amarillo, con el número de la marca y la información del Mote Marine Laboratory (dirección y teléfono) y en español en la parte distal de color naranja, con el número de marca, la indicación de Recompensa **N\$**, el nombre del programa responsable en México, el Programa Tiburón, además de la instrucción de mandar la marca a la oficina de pesca más cercana con la información de la recaptura.
- Por otro lado, dado que los tiburones capturados por los pescadores en la Laguna de Yalahau son para consumo humano y por lo tanto, ya no son nuevamente liberados, la marca es totalmente extraída (con los dos segmentos juntos) y entregada junto con la información requerida para el estudio.

Desarrollo del marcaje en el campo

La debida precaución en la captura y el manejo, particularmente cuando se trata de peces delicados, es un factor importante en la determinación del éxito o del fracaso en un programa de marcaje (Jones, 1979). Tomando en cuenta lo anterior, los datos necesarios de las capturas en las operaciones fueron registrados y los tiburones fueron marcados por el grupo de científicos del Mote Marine Laboratory y del programa Tiburón con la marca Hallprint/MML para tiburones pequeños sosteniendo al pez firmemente con una mano e insertando la marca con la otra mano con la ayuda de guantes especiales. Las marcas fueron aplicadas a los tiburones por punción a través de la piel con un aplicador de acero inoxidable, afilado, hueco, con 4 mm de ancho. La cabeza de la marca es insertada en el lado izquierdo del tiburón en la base de la primer aleta dorsal, a través de los cartílagos basales, justo por debajo de la aleta y arriba de la columna vertebral, penetrando a través de la línea media del tiburón con un ángulo de entrada de 30° con respecto al eje longitudinal caudal, orientando la barbilla de la marca hacia la línea media. La marca se interna en el cuerpo del tiburón hasta el punto en que el aplicador pueda sentirse a través de la piel en el lado opuesto del tiburón (el derecho). Se

retrae entonces el aplicador comprobando que la marca quede bien anclada en la musculatura dorsal. Se coloca posteriormente al tiburón en el agua observando su condición y se libera (Hueter, 1994).

Publicidad y recompensas.

- Cada experimento de marcaje debe tener gran publicidad. Esto se hace por medio de prensa y radio, o a través del uso de carteles o panfletos los cuales fueron distribuidos a los pescadores.
- Para asegurar que la información deseada se regrese a los investigadores, se distribuyeron formas especiales de recaptura.
- Es habitual dar una recompensa por cada marca regresada. El valor de esta debe estar claramente asentado en los carteles así como en la misma marca. Cuando la marca fue regresada la recompensa se entregó en ese momento.
- Si es posible es recomendable emplear a alguien para entrevistar al pescador, preguntar por las marcas y que establezca buenas relaciones con los pescadores (Jones, 1979). Dicha función fue realizada por personal del INP.

La información acerca del programa de marcaje de los tiburones fue distribuida en los poblados de Chiquilá y Holbox por medio de la oficina de pesca de las entidades, pláticas hacia los pescadores del área, y carteles a color con la información en español. Una recompensa de 10 dólares en su equivalente en pesos mexicanos se ofreció a cada pescador que regresara la marca con la información requerida. El trato fue directo entre los investigadores y los pescadores.

Los pescadores con marcas recapturadas fueron entrevistados para obtener la información acerca de la fecha y localización de la recaptura, la condición del tiburón en cuanto a cicatrización y presencia de agentes biológicos como algas alrededor de la cabeza de la marca, longitud y peso del animal, así como el tipo de arte de pesca utilizado. Dicha información fue registrada en formatos de recaptura especiales para su posterior análisis.

5.4 Estudio de estimación poblacional.

En el quinto año del estudio de marcaje se realizó un experimento para tratar de estimar la población de neonatos que nacen en la laguna de Yalahau y así mismo, inferir el número de hembras que entran a parir durante ese intervalo de tiempo. Un método sencillo de estimación de población se conoce como método de Petersen. Este método consiste en solo dos períodos de muestreo: período 1= captura, marcado y liberación, y período 2= captura y verificación de marcas. El intervalo transcurrido entre las dos muestras debe ser breve, ya que este método supone que no se agregan a la población nuevos individuos entre los períodos 1 y 2. Se liberan los organismos marcados y posteriormente se captura una muestra observando el porcentaje de individuos marcados (Krebs, 1985).

Se conoce el tamaño de la población marcada por lo que:

Población estimada = $\frac{\text{Tamaño de la población marcada}}{\text{Proporción de la población marcada}}$

Este procedimiento de censo es sencillo por el simple hecho de que se conoce directamente el tamaño de la población marcada. En censos ulteriores el número de animales marcados disminuirá por virtud de muerte y emigración y aumentará por el marcado de nuevos individuos de un período a otro (Krebs, 1985).

El método se basa en tres supuestos decisivos:

1. Se capturan aleatoriamente los animales marcados y no marcados.
2. Los organismos marcados están sujetos al mismo índice de mortalidad que los no marcados.
3. No se pierden o pasan por alto las marcas.

5.5 Índices de Diversidad

Los índices de diversidad incorporan la riqueza y uniformidad en un solo valor. Por lo tanto si se da únicamente el valor del índice de diversidad, es imposible decir cual es la importancia relativa de la riqueza y uniformidad de las especies. Debido a tales problemas los ecólogos emplean comúnmente índices de diversidad en sus investigaciones, ignorando a veces los problemas en su aplicación.

Las series de números de diversidad presentados por Hill son probablemente los más fáciles de interpretar ecológicamente. Hill demuestra que el 0, 1ero y 2do orden de estos números de diversidad coinciden con tres de las mas importantes medidas de diversidad. Estos números de diversidad, los cuales están en unidades de números de especies, miden lo que Hill llama el número efectivo de especies presentes en una muestra. Este número efectivo de especies es una medida del grado al cual las abundancias proporcionales están distribuidas entre las especies. Explícitamente N_0 es el número de todas las especies en la muestra (sin importar su abundancia), N_2 es el número de las especies más abundantes, y N_1 mide el número de las especies abundantes en la muestra. En otras palabras, el número de efectividad de Hill difiere únicamente en su tendencia a incluir o ignorar las especies raras en la muestra.

Para acentuar que las unidades en los números de Hill son especies y que a medida que los números se incrementan: (1) Menos peso es puesto en las especies raras, y (2) los valores mas bajos se obtienen para N_1 y N_2 ya que miden el número de especies abundantes y muy abundantes respectivamente en la muestra.

Dos índices son necesarios para computar los números de diversidad de Hill: índice de Simpson, y el índice de Shannon.

El índice de Simpson el cual varia de 0 a 1, da la probabilidad de que dos individuos se tracen al azar de una población perteneciente a las mismas especies. Puesto de otra forma, si la probabilidad de que ambos individuos pertenezcan a las mismas especies es alta, entonces la diversidad de la muestra de la comunidad es baja.

El índice de Shannon se basa en información teórica y es una medida del grado en promedio de la incertidumbre en predecir a que especie pertenece un individuo escogido al azar de una colección de S especies y N individuos. Este promedio se incrementa a medida que el número de individuos se incrementa y a medida que la distribución de los individuos entre las especies se vuelve igual.

VI. RESULTADOS

A. Datos de la captura total. La captura total en la Laguna de Yalahau a partir de los muestreos realizados durante los 5 años del proyecto fue de: 1115 tiburones pertenecientes a 5 especies (ver anexo especies), 17 individuos de otras e especies de elasmobranquios , 2741 peces óseos de 41 especies identificadas y 7 sólo a nivel de género, 6 tortugas de una especie, y un mamífero marino (Ver. Anexo Tabla 1).

La captura de los cinco años del proyecto resultó de un esfuerzo total de 341 lances de pesca con un único tipo de arte de pesca (red agallera) y una inversión de tiempo de aproximadamente 452.05 horas, invirtiéndose alrededor de 1.20 horas por lance (Tabla 2).

Tabla 2. Esfuerzo total pesquero, número de muestreos por hora.

Año	Arte de pesca	Abertura de malla	Total Muestreos x hora
1995	Red Agallera	4.5"	46 / 66.0
1996	Red Agallera	4.5"	71 / 100.8
1997	Red Agallera	4.5"	71 / 94.03
1998	Red Agallera	4.5"	51 / 61.03
2000	Red Agallera	4.5"	102/130.15
TOTAL			341/452.058

En la figura 3 se ubican geográficamente los lances realizados durante los 5 años de estudio.

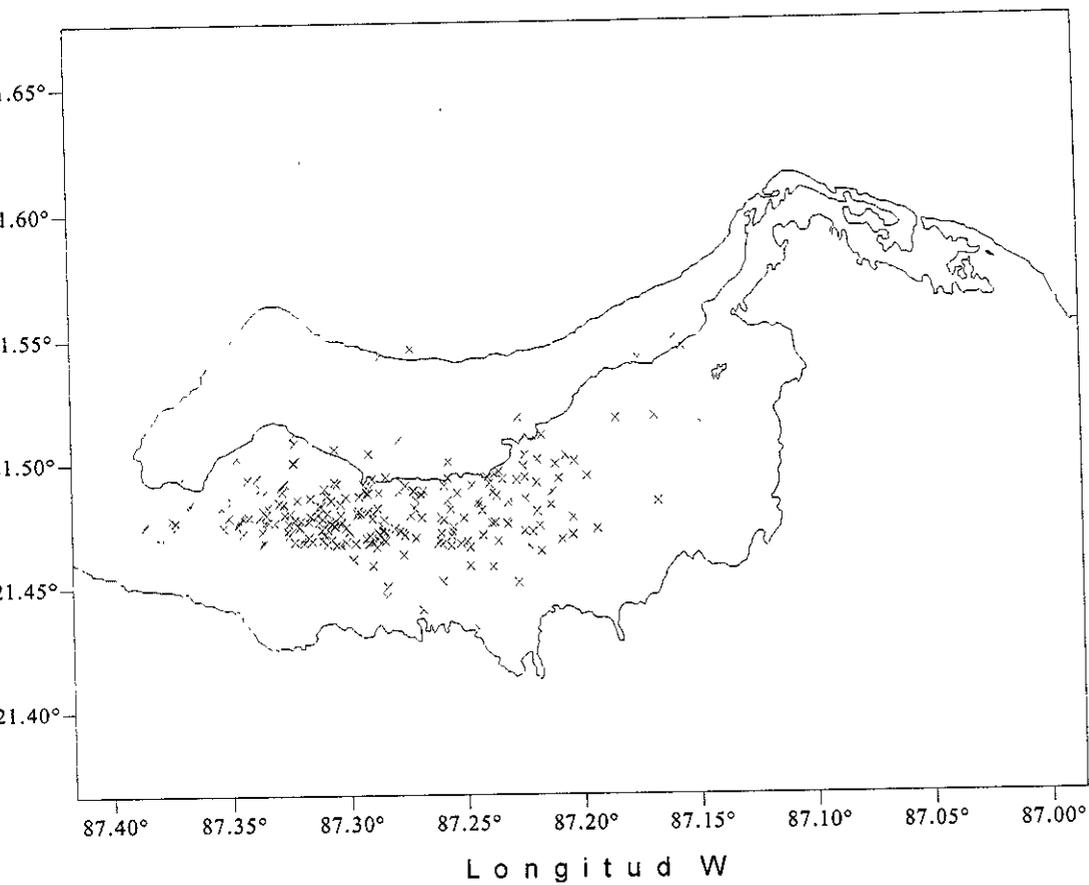


Fig. 3. Mapa mostrando los sitios donde se realizaron los muestreos de todos los años.

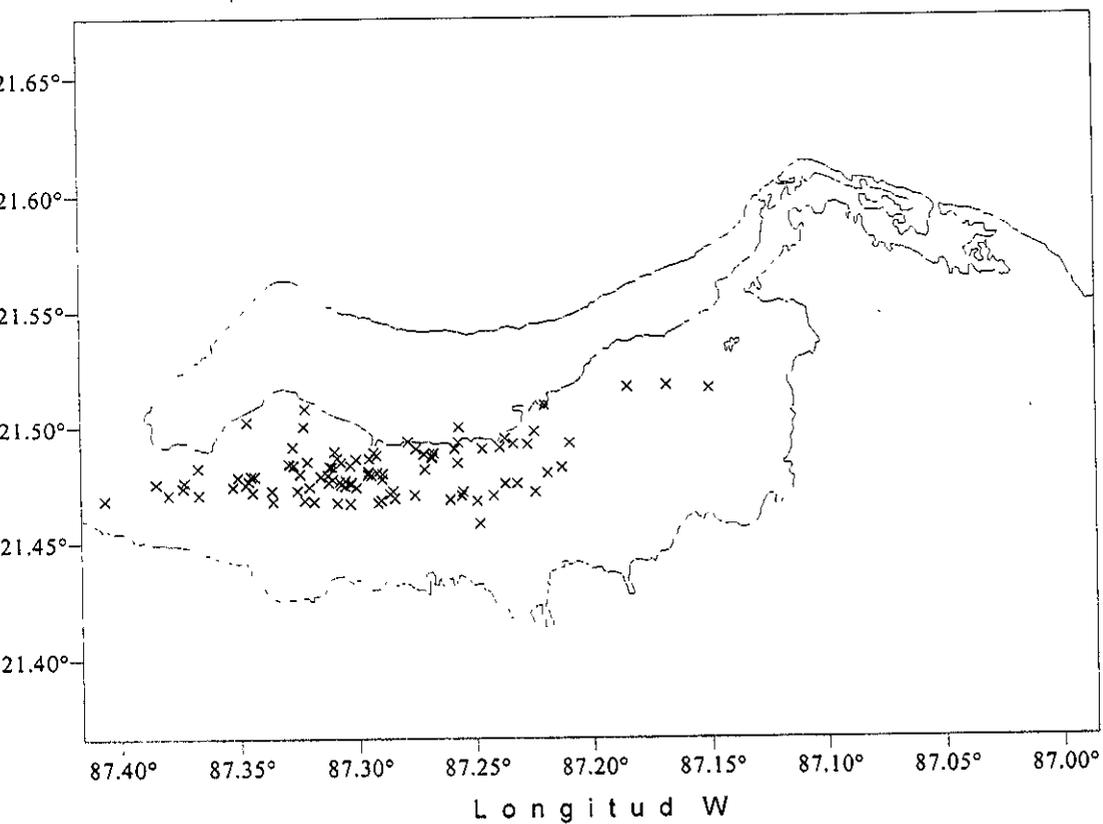


Fig. 4. Mapa que muestra los sitios donde fue capturado *C. limbatus* en todos los años.

La captura total de tiburones mostró una mayor abundancia del tiburón *Carcharhinus limbatus* (99%) con una captura total de 1099 organismo, seguido por *Negaprion brevirostris* (1%) con 9 organismos, *Sphyrna tiburo* con 5 organismos, y *Rhizoprionodon terraenovae* y *Ginglymostoma cirratum* con solo un individuo capturado (los últimos tres con valores menores al 1% de la captura total de tiburones).

B. Ecología y Biología de los tiburones.

Patrones de distribución. Los patrones de distribución de acuerdo al sitio geográfico, estadío, temperatura, salinidad, profundidad, y tipo de fondo se examinaron para cada período de marcaje.

Sitio geográfico

Las figura 4 muestra los sitios donde fueron capturados tiburones dentro de la laguna. La localización de las cuatro especies de tiburones con una abundancia menor al 1 % se encuentran en la figura 5 donde se puede observar que el tiburón limón (*Negaprion brevirostris*) fue capturado en zonas mas someras cercanas a la costa norte de Punta Tunich particularmente asociados a manglar. El tiburón *Sphyrna tiburo* se encontró cercano a la parte sur de la Isla de Holbox, dos ejemplares al sur de punta Dzikíl, y solamente se capturó un ejemplar al sur de la Anegada, en Punta Catalán y al sur del Río Chital, respectivamente. Para las especies *Rhizoprionodon terraenovae* y *Ginglymostoma cirratum* se encontró únicamente un ejemplar en la Ensenada o Anegada y en la Boca de la Conil al norte de Punta Tzotz, respectivamente.

El tiburón puntas negras (*Carcharhinus limbatus*), se encontró generalmente concentrado en la parte central de la laguna al sur de la Isla de Holbox, desde la Punta Catalán hasta la boca de la laguna, cercano a zonas sujetas a inundación (Sabana abnegada) y en partes mas profundas en la zona central entre la isla y el continente (Figs. 6-10). El registro mas al sur fue al norte del Río Bomba y más al norte al sudeste de Isla Chich.

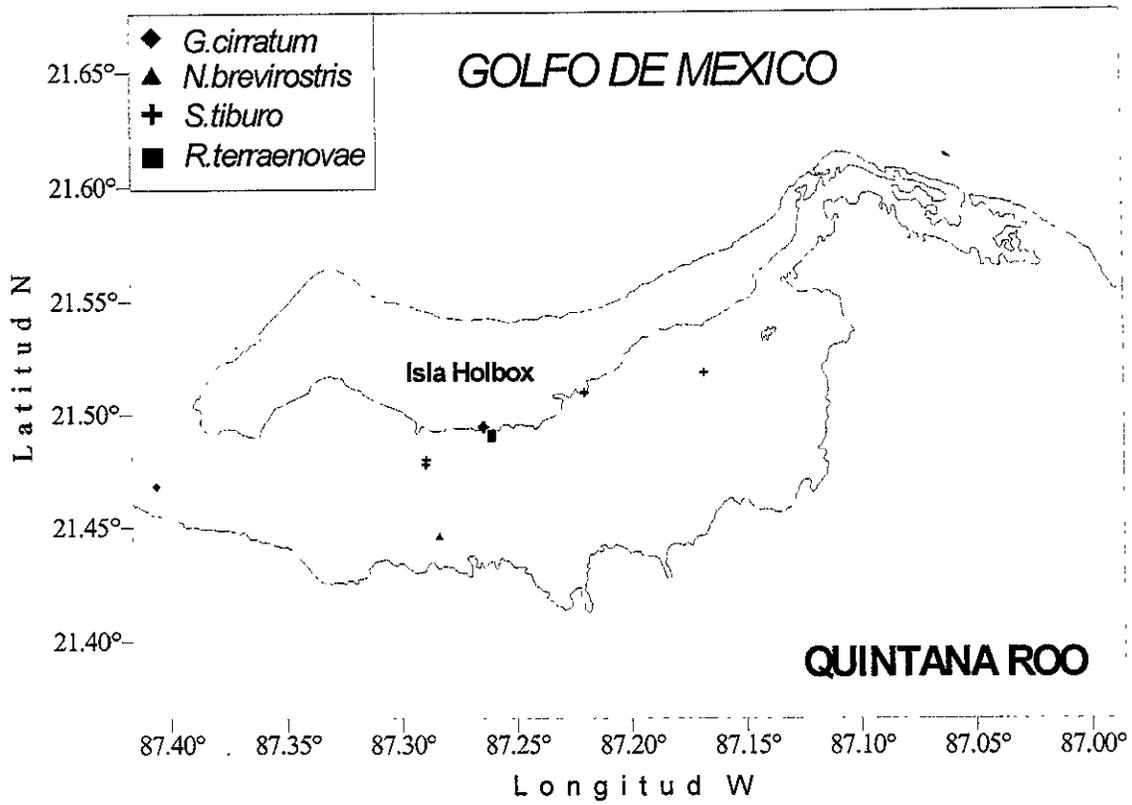


Fig. 5. Localización de los sitios de captura de las otras 4 especies de tiburones encontradas en la Laguna de Yalahau.

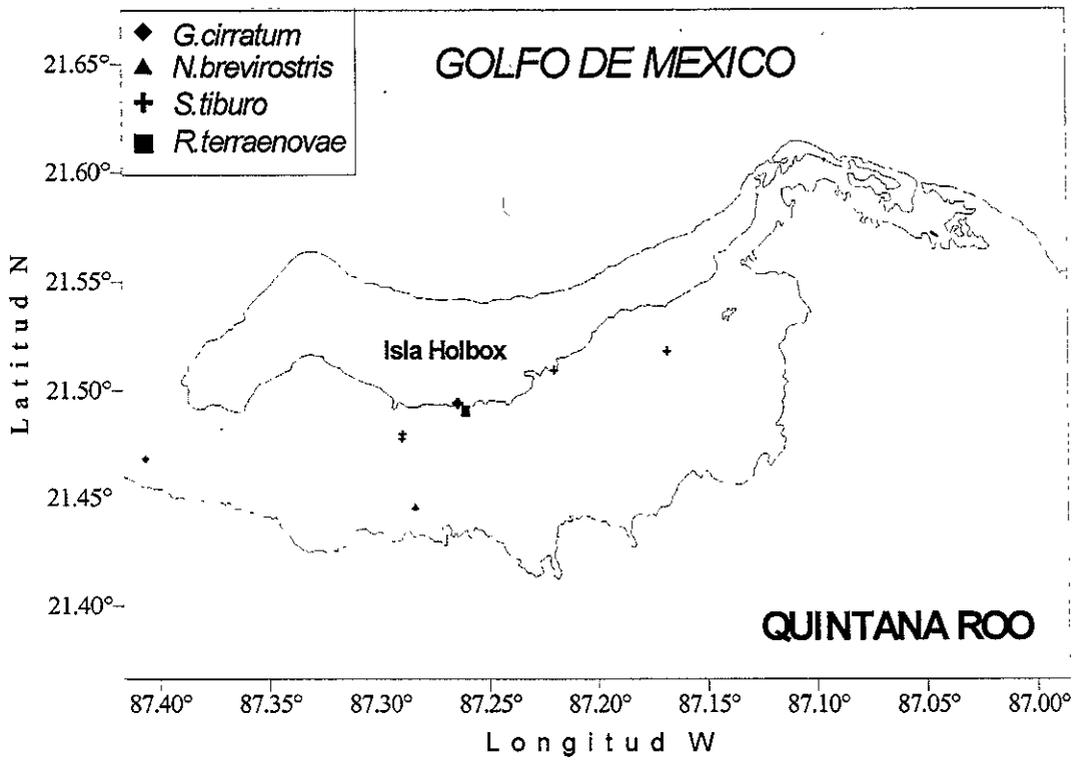


Fig. 6. Distribución y abundancia relativa de *C. limbatus* en 1995.

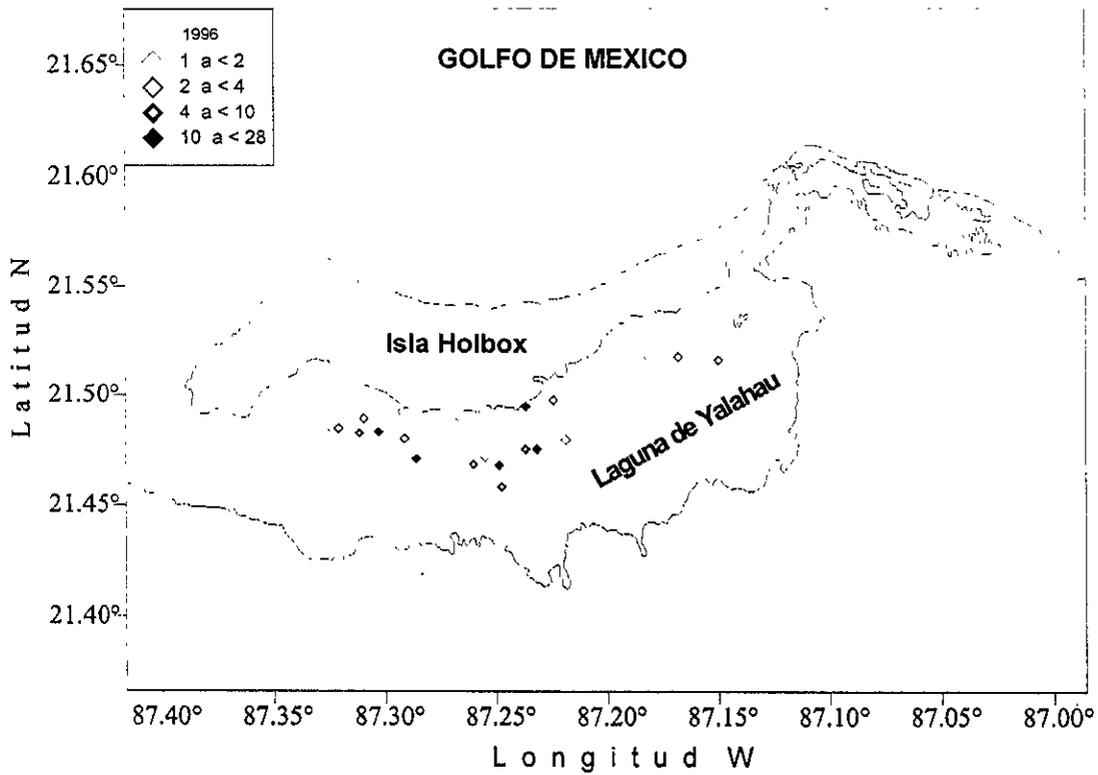


Fig. 7. Distribución y abundancia relativa de *C. limbatus* en 1996.

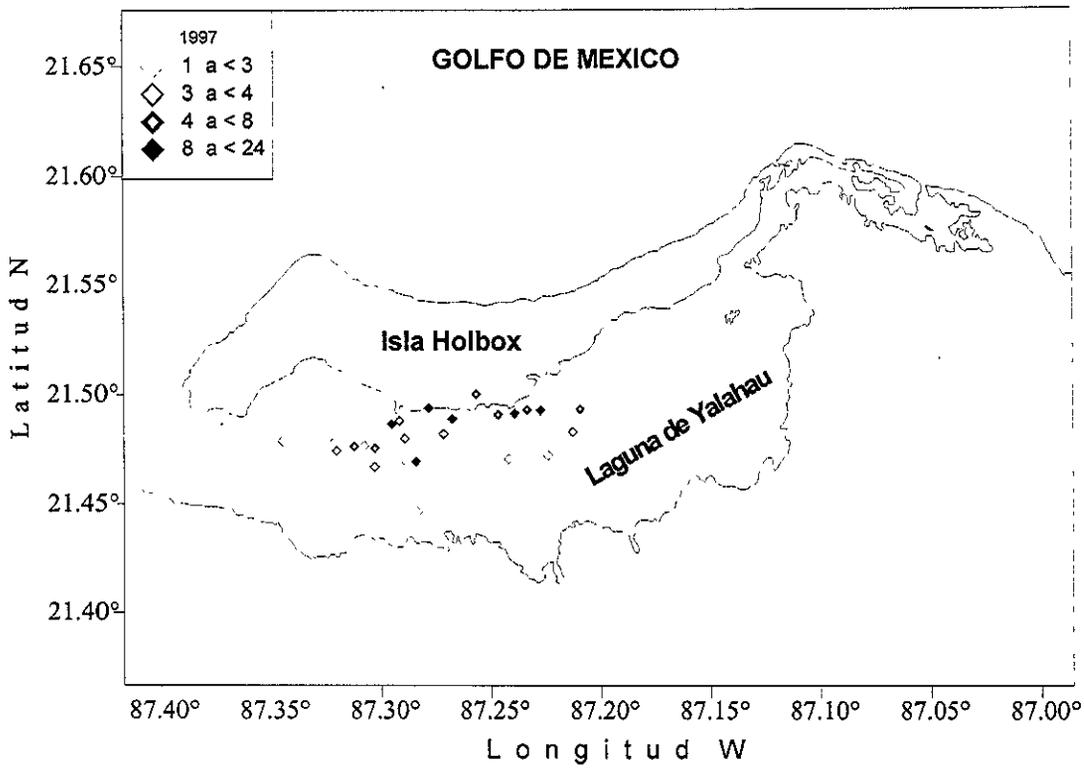


Fig. 8. Distribución y abundancia relativa de *C. limbatus* en 1997.

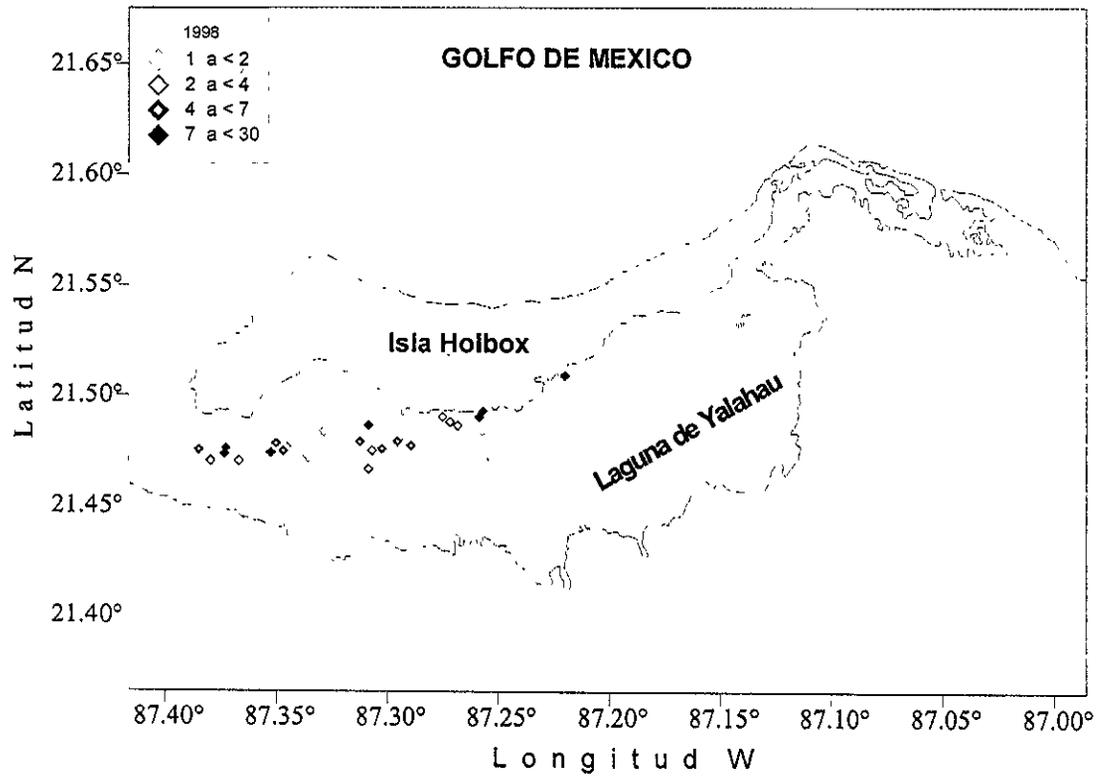


Fig. 9. Distribución y abundancia relativa de *C. limbatus* en 1998.

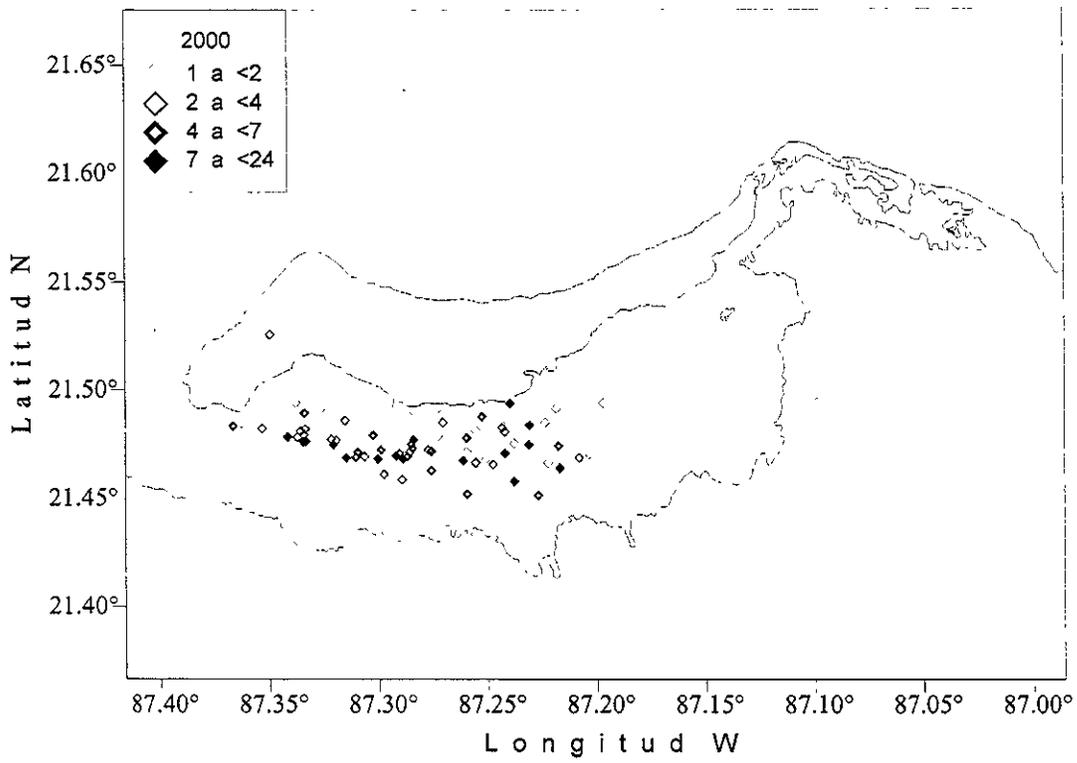


Fig. 10. Distribución y abundancia relativa de *C. limbatus* en el 2000.

Distribución por estadios

De la captura total (1115 tiburones) 96% fueron neonatos, 3% juveniles del año, 1% inmaduros y menos del 1% maduros. Se encontraron individuos neonatos y juveniles del año para *Carcharhinus limbatus* y *Negaprion brevirostris*. Individuos inmaduros fueron encontrados para todas las especies con excepción de *Rhizoprionodon terraenovae* cuyo único individuo registrado fue maduro (tabla 3).

NOMBRE CIENTÍFICO	# neonatos	# inmaduros	# maduros	# joven del año	total medidos
<i>Carcharhinus limbatus</i>	744	9	0	32	788
<i>Ginglymostoma cirratum</i>	0	1	0	0	1
<i>Negaprion brevirostris</i>	2	2	0	1	9
<i>Rhizoprionodon terraenovae</i>	0	0	1	0	1
<i>Sphyrna tiburo</i>	0	4	0	0	5
TOTAL	746	16	1	33	

Tabla 3. Capturas totales de tiburones por estadio de vida

La distribución geográfica por estadios únicamente se presenta para *Carcharhinus limbatus* por ser la especie más abundante. La captura de los neonatos de esta especie presentó una distribución cercana a la costa en la parte sur de la Isla de Holbox, relativamente uniforme, desde la Boca de la laguna hasta la parte sur del Río Chital, encontrándose una mayor concentración en las mediaciones entre ambas zonas, desde Punta Catalán hasta la Isla Pasión (Fig.11).

La distribución de los juveniles del año fue similar a la de los neonatos, sin embargo; se encontraron más alejados de la boca de la laguna desde el sur de Isla Larga hasta el sur del Río Cunchecén (Fig.12).

Los individuos inmaduros fueron capturados en la misma zona que los jóvenes del año en la parte sur central de la isla de Holbox, desde Punta Dzakil hasta Punta Catalán (Fig.13).

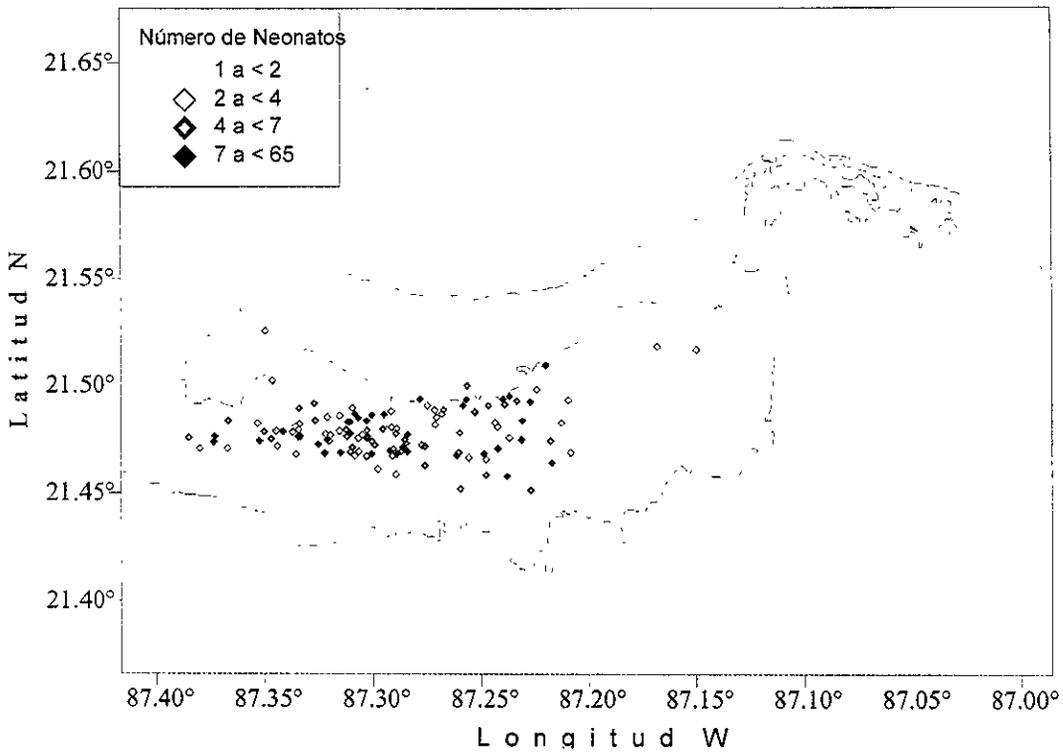


Fig. 11. Distribución y abundancia relativa de los neonatos de *C. limbatus* (los 5 años).

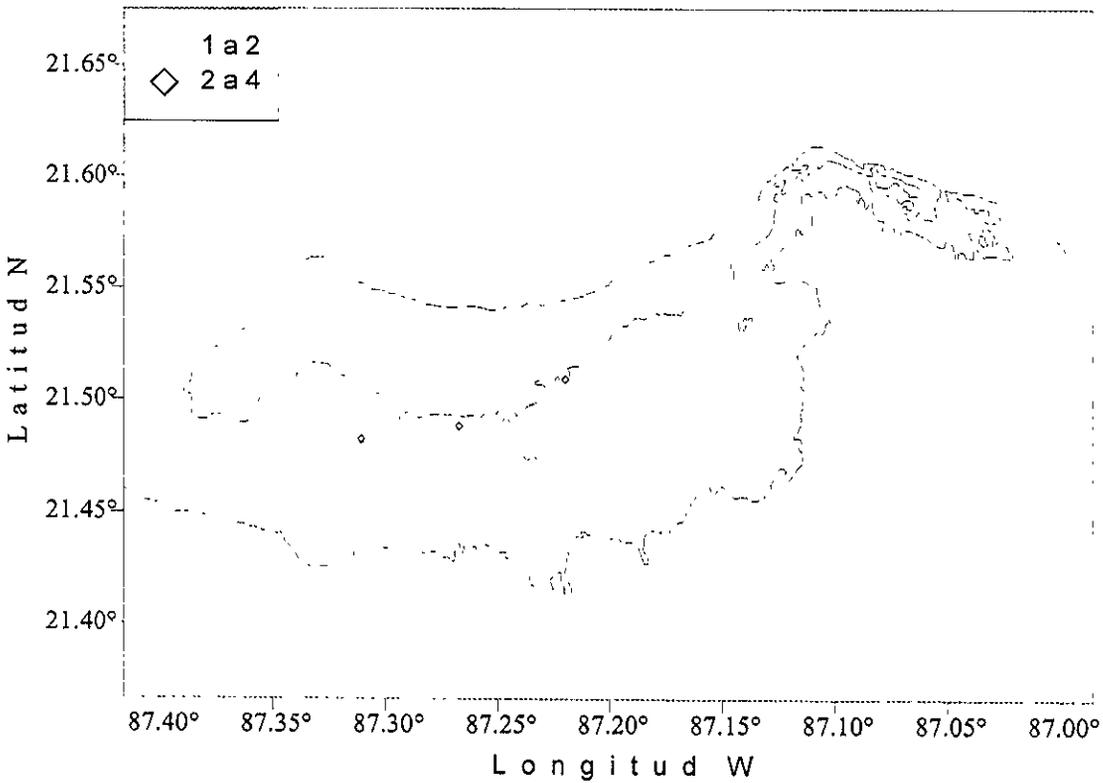


Fig. 12. Distribución y abundancia relativa de los juveniles de *C. limbatus* (los 5 años).

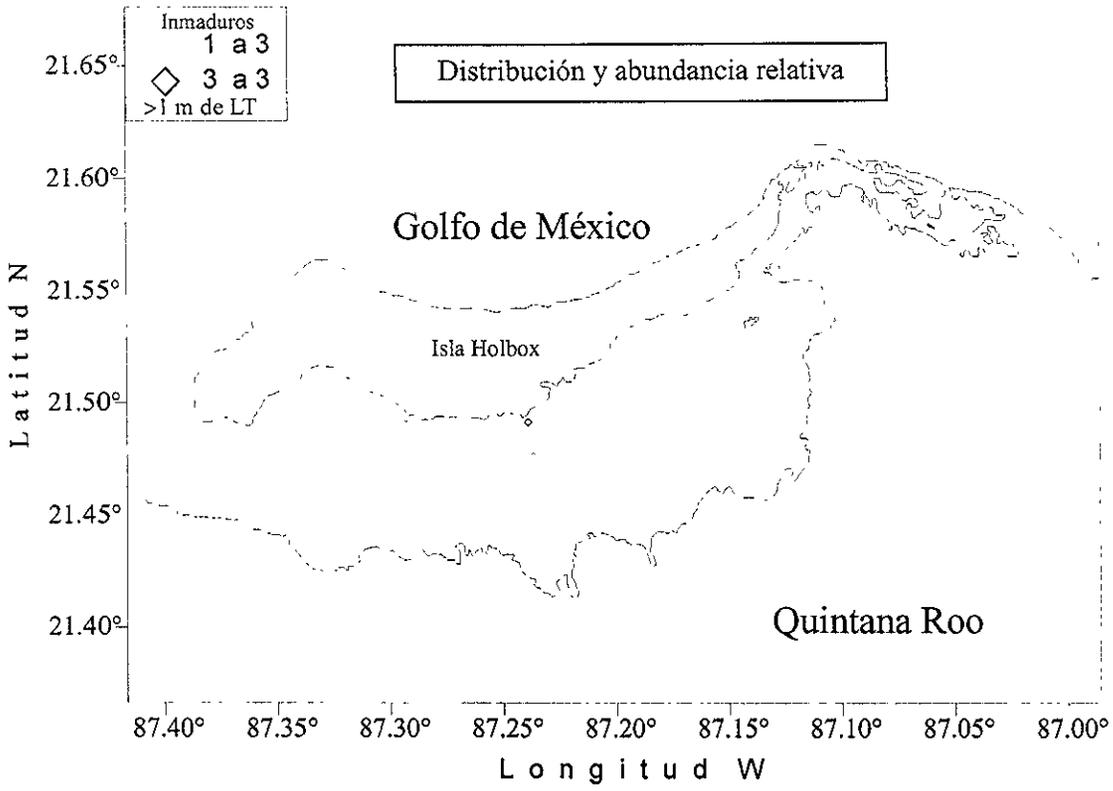


Fig. 13. Distribución y abundancia relativa de los inmaduros de *C. limbatus* (los 5 años).

Parámetros fisicoquímicos

Se registró el mínimo, máximo y promedio de profundidad, temperatura, salinidad, conductividad y oxígeno disuelto en donde fueron encontrados los tiburones, durante los 5 años (Tabla 4).

TEMPERATURA (°C)				
Nombre científico	Mínimo	Máximo	Promedio	N de org.
<i>Carcharhinus limbatus</i>	28	33	29.3	439
<i>Ginglymostoma cirratum</i>	29.3	29.3	29.3	1
<i>Negaprion brevirostris</i>	28.2	32	30.7	9
<i>Rnizoprionodon terraenovae</i>				0
<i>Sphyrna tiburo</i>	29	29	29	1

SALINIDAD (‰)				
Nombre científico	Mínimo	Máximo	Promedio	N de org.
<i>Carcharhinus limbatus</i>	35	42	39.8	416
<i>Ginglymostoma cirratum</i>	38.2	38.2	38.2	1
<i>Negaprion brevirostris</i>	37	41.1	38.5	7
<i>Rnizoprionodon terraenovae</i>				0
<i>Sphyrna tiburo</i>	38.3	38.3	38.3	1

PROFUNDIDAD (m)				
Nombre científico	Mínimo	Máximo	Promedio	N de org.
<i>Carcharhinus limbatus</i>	1.5	4.5	3.05	1134
<i>Ginglymostoma cirratum</i>	1.2	1.2	1.2	1
<i>Negaprion brevirostris</i>	0.38	1.5	0.58	9
<i>Rnizoprionodon terraenovae</i>	2.3	2.3	2.3	1
<i>Sphyrna tiburo</i>	2	2.80	2.5	5

OXIGENO % (Solo Año 2000)				
Nombre científico	Mínimo	Máximo	Promedio	N de org.
<i>Carcharhinus limbatus</i>	75.8	108.7	96.1	131

Tabla 4. Parámetros fisicoquímicos de los sitios de captura de los tiburones.

Temperatura

El promedio de la temperatura superficial del agua en donde se capturó *Carcharhinus limbatus*, la especie con el mayor número de organismos capturados, fue 29.3 ° C con un intervalo mínimo de 28 ° C y un máximo de 33 ° C. La segunda especie en importancia *Negaprion brevirostris* fue capturada en aguas con una temperatura promedio de 30.7 °C. Las especies restantes estuvieron representadas sólo por un registro de temperatura.

Salinidad

Los rangos de salinidad en las zonas de captura de *Carcharhinus limbatus* fueron de un mínimo de 35 ‰, un máximo de 42 ‰, y un promedio de 39.8 ‰. Para *Negaprion brevirostris* fueron: un mínimo de 37 ‰, un máximo de 41.1 ‰, y promedio de 38.5 ‰. Para las demás especies no fue posible obtener un número importante de registros de salinidad.

Profundidad

Los rangos de profundidad de las zonas de captura, variaron entre las distintas especies de tiburones. Los organismos capturados de *Carcharhinus limbatus* se encontraron en profundidades con un promedio de 3.02 m. *Negaprion brevirostris* fue capturado en sitios de profundidad somera con un promedio de .58 m. Los 5 organismos pertenecientes a la especie *Sphyrna tiburo* se encontraron a una profundidad promedio de 2.5 m. y el único registro de *Rhizoprionodon terraenovae* fue a 2.3 m.

Oxígeno disuelto

Este parámetro solo fue registrado en el año 2000, por lo cual corresponde a la única especie de tiburón que fue capturada en ese año *Carcharhinus limbatus*. Se registró un mínimo de 75.8 %, un máximo de 108.7 % y un promedio de 96.1 %.

En las figuras 14-17 puede observarse la relación entre la abundancia relativa de tiburones y los parámetros de profundidad, temperatura, salinidad y oxígeno

disuelto registrados durante la captura del año 2000 que fue el año mejor representado.

Preferencias de tipo de fondo

La preferencia de hábitat fue registrada para las especies de tiburones capturados en la laguna de Yalahau (Tabla 5a). La relación especie de tiburón-hábitat es en términos del tipo de comunidad béntica encontrada en el área de la captura. Se registró a *Carcharhinus limbatus* con un porcentaje del 77% de los organismos capturados sobre lodo, 12% sobre lodo / arena, 6% sobre arena, 3% sobre lodo / roca, 1% sobre lodo / alga 1% sobre lodo / pasto, y menos del 1 % sobre arena / pasto (5 b).

Nombre científico	lodo	lodo/arena	arena	lodo/pasto	lodo/roca	lodo/alga	arena/past o
<i>C. limbatus</i>	900	134	70	6	29	7	4
<i>G. cirratum</i>				1			
<i>N. brevirostris</i>				5			
<i>R. terraenovae</i>			1				
<i>S. tiburo</i>	2	1	1				1

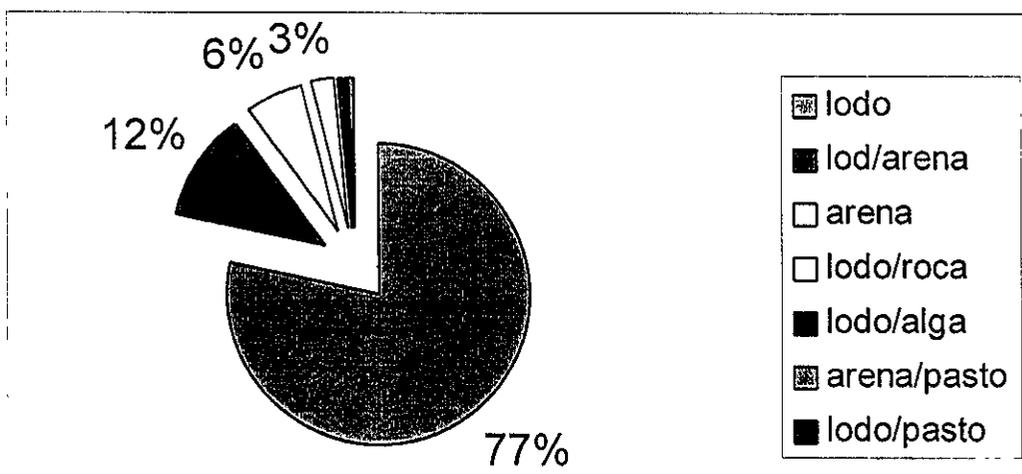


Tabla 5 a. Preferencia de hábitat por especies y 5b. Solo *C. limbatus*.

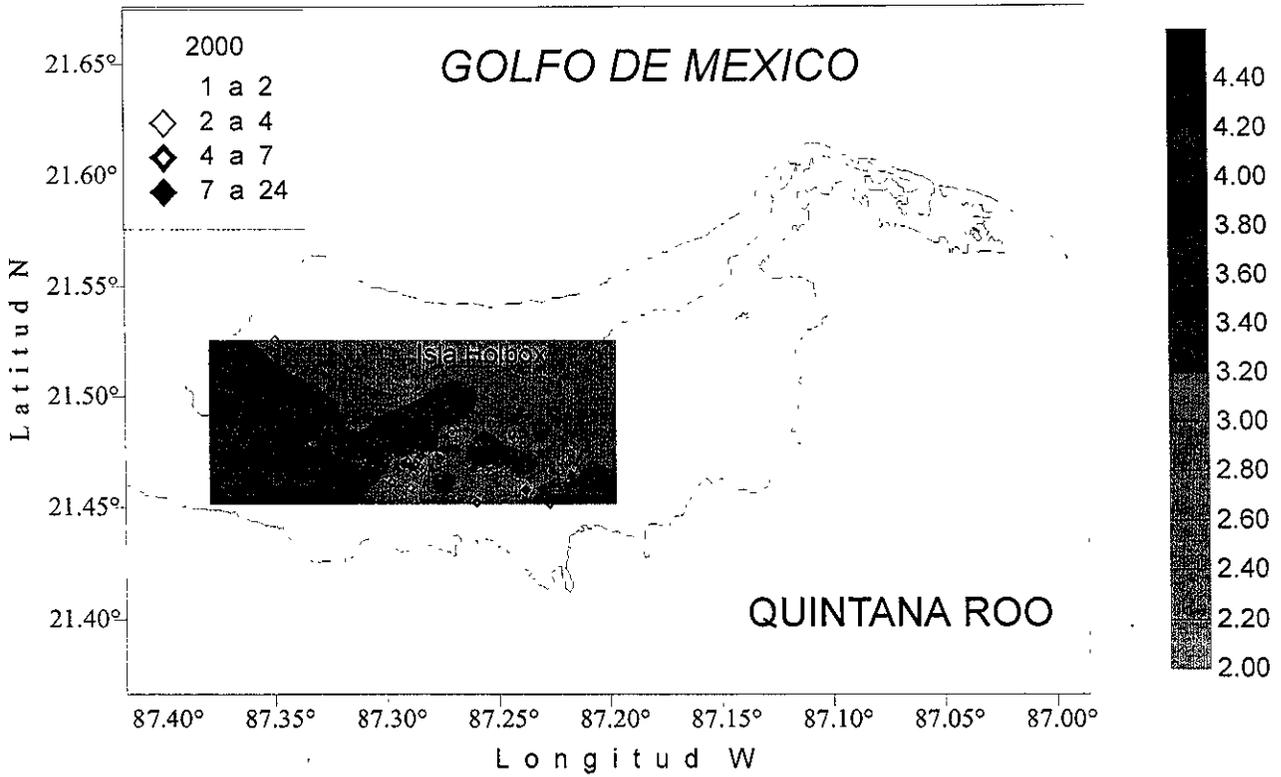


Fig. 14. Mapa que muestra la profundidad (m) y captura de *C. limbatus* en el 2000.

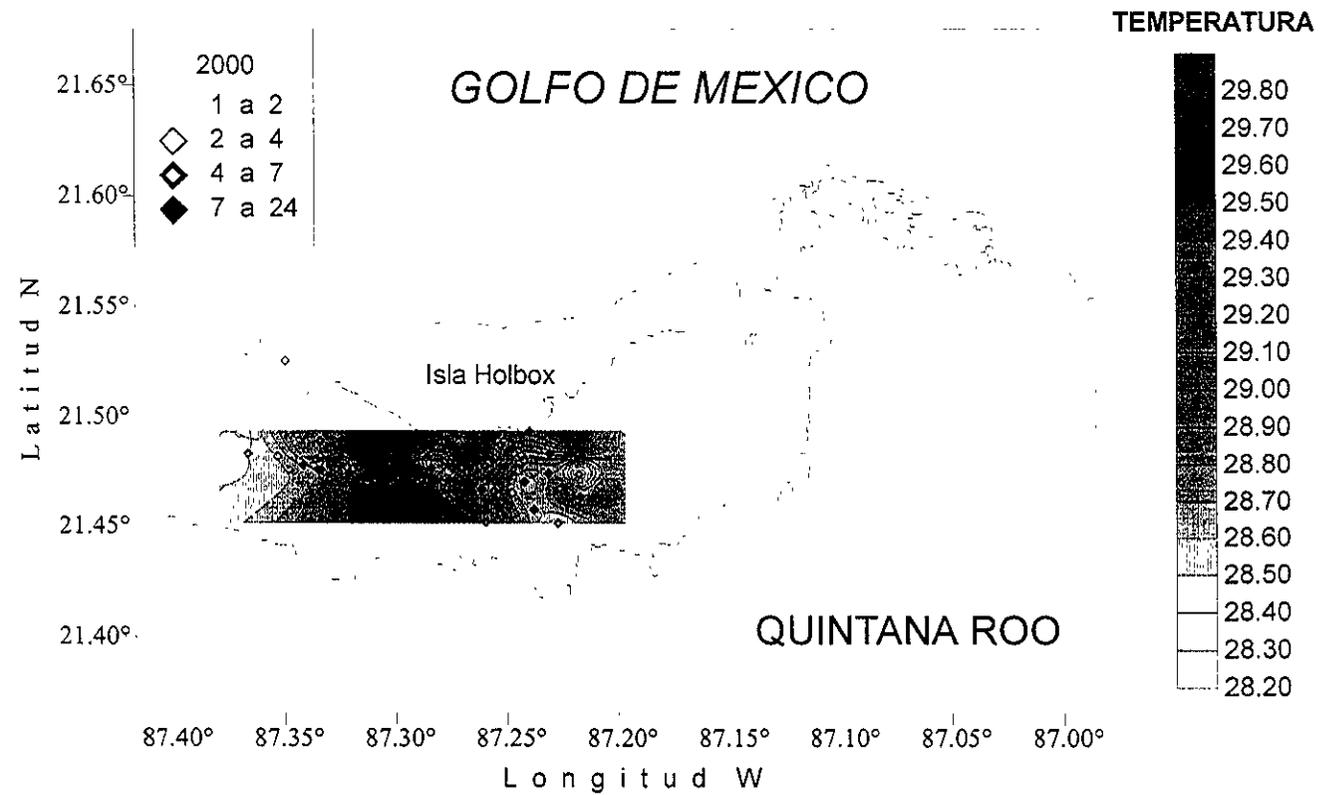


Fig. 15. Mapa que muestra la temperatura (°C) y captura de *C. limbatus* en el 2000.

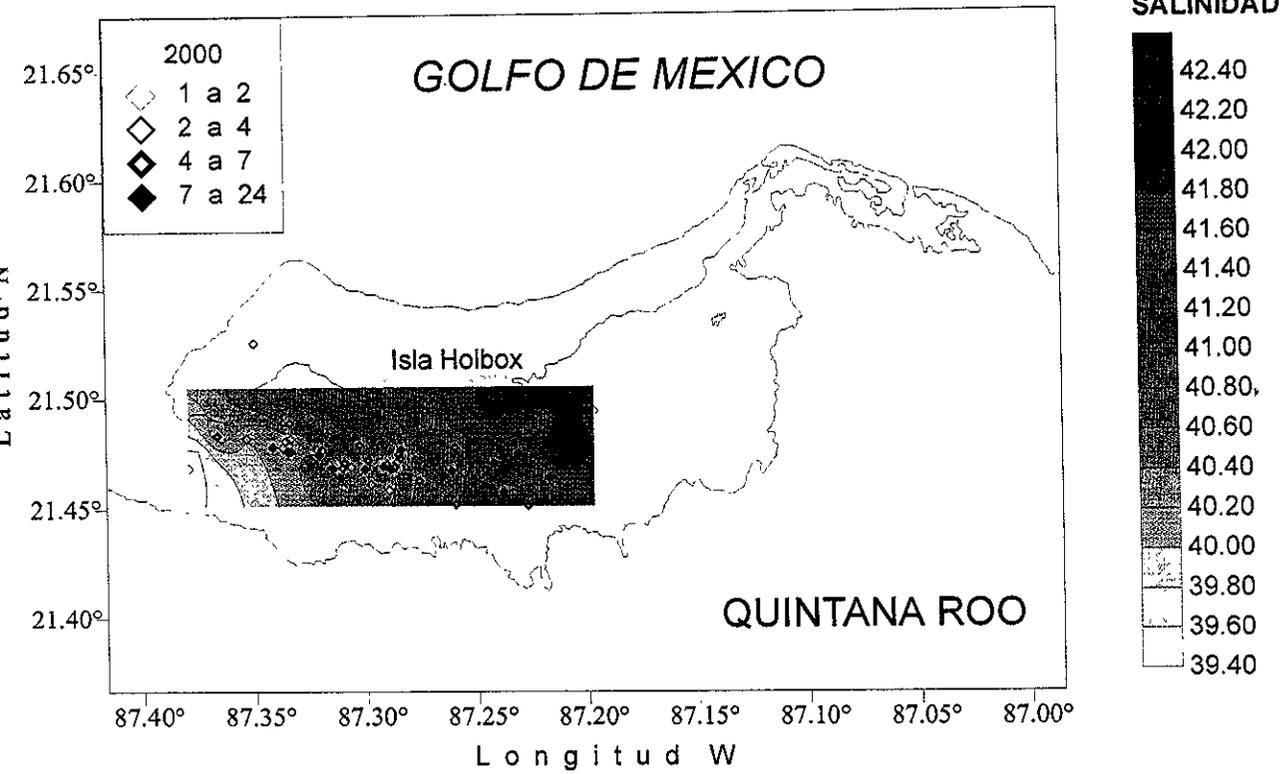


Fig. 16. Mapa que muestra la salinidad (‰) y captura de *C. limbatus* en el 2000.

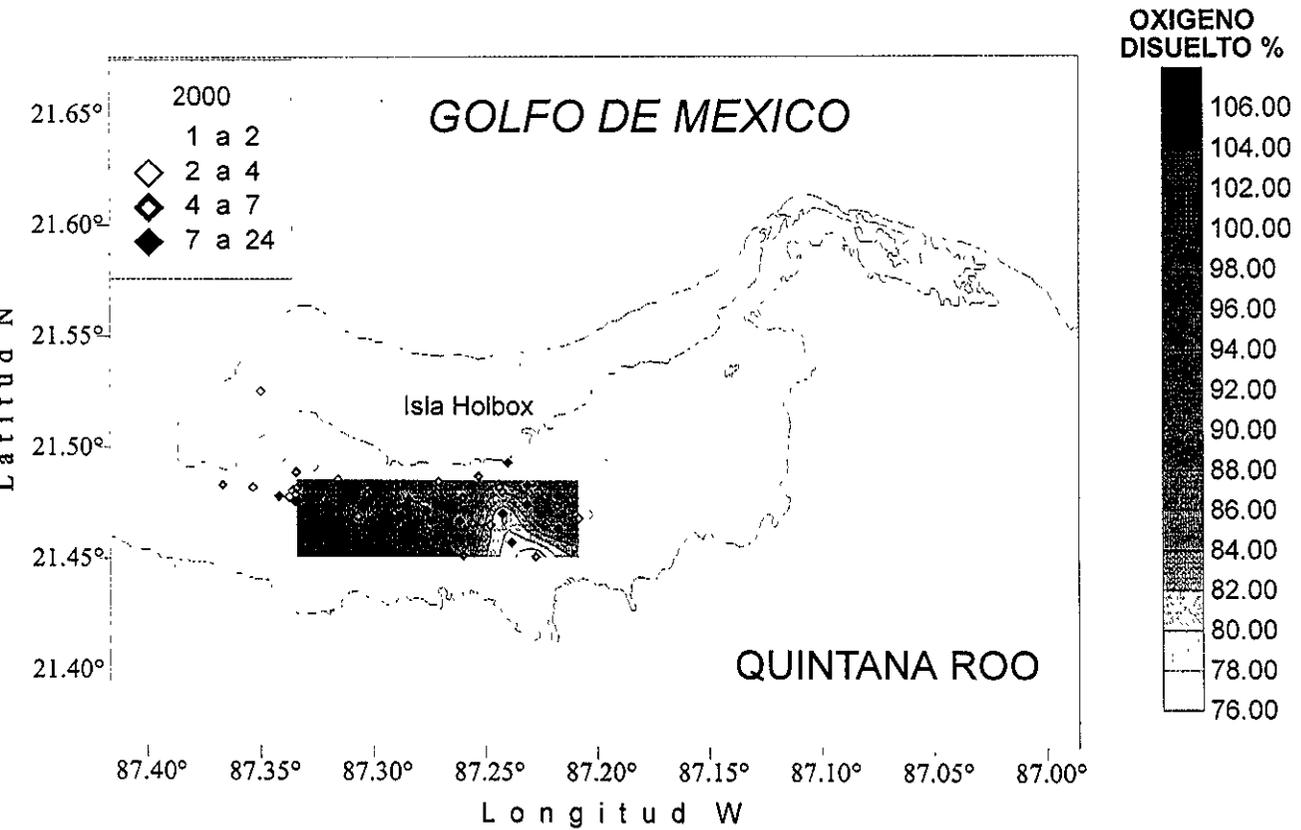


Fig. 17. Mapa que muestra el oxígeno disuelto (%) y captura de *C. limbatus* en el 2000.

Migración

El porcentaje total de recapturas fue de alrededor del 20 % lo cual es considerablemente alto (Tabla 6) comparado con otros estudios de marcaje y recaptura realizados en áreas de crianza como el de Hueter (1984).

Año	Marcados	Recapturados	Proporción
1995	180	48	26.7
1996	218	50	22.9
1997	110	19	17.3
1998	153	20	13.1
TOTALES	661	137	20.1

Tabla 6. Marcaje – recaptura del período 95-98 con la proporción de recapturas

Según los datos obtenidos durante las recapturas de tiburones dentro de la Laguna, la mayoría se recapturaron en un promedio de 128 días. El tiempo mas corto en que un tiburón fue capturado dentro de la Laguna fue de 21 días y el mas largo 437 días. El promedio del lapso de tiempo en que fueron recapturados los organismos fuera de la Laguna fue de 152 días, así mismo, el tiempo mas corto de captura fuera fue de 53 y el mas largo de 361.

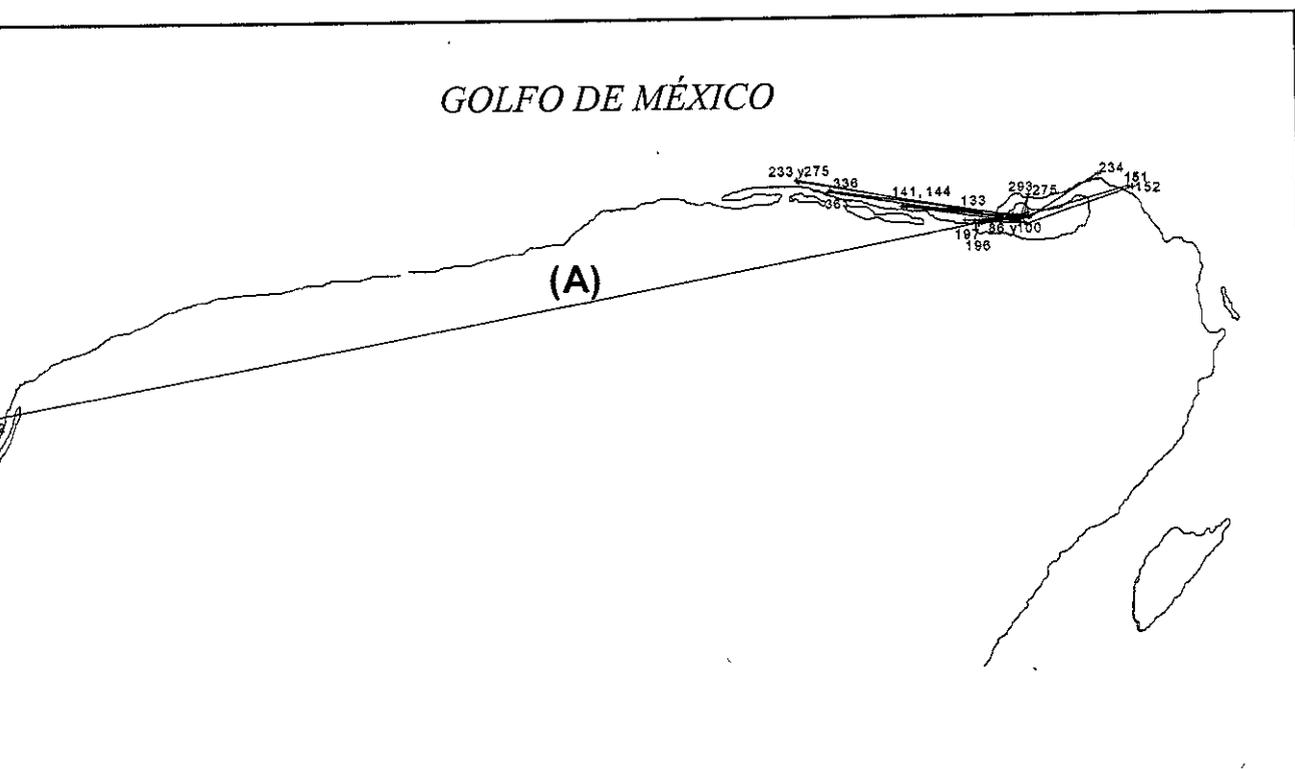
En los datos de recaptura de los tiburones marcados en 1995 existe un amplio rango entre las capturas y recapturas de los organismos, pudiéndose notar una relación en cuanto al tiempo de recaptura y la distancia recorrida, que en este caso fue la mayor en los 4 años. Resulta interesante el hecho de que existen recapturas con periodos de mas de 230 días justo al norte de la isla enfrente de San Manuel y Cabo Catoche cerca de la costa (Fig. 18).

En el caso de los marcados en 1996 los organismos fueron recapturados en un tiempo relativamente corto y se puede observar un rango menor de distancia cubierto que el de los marcados en el 95 (Fig. 19). Los datos de recaptura de 1997 son escasos, sin embargo, existen dos datos en que la distancia recorrida es

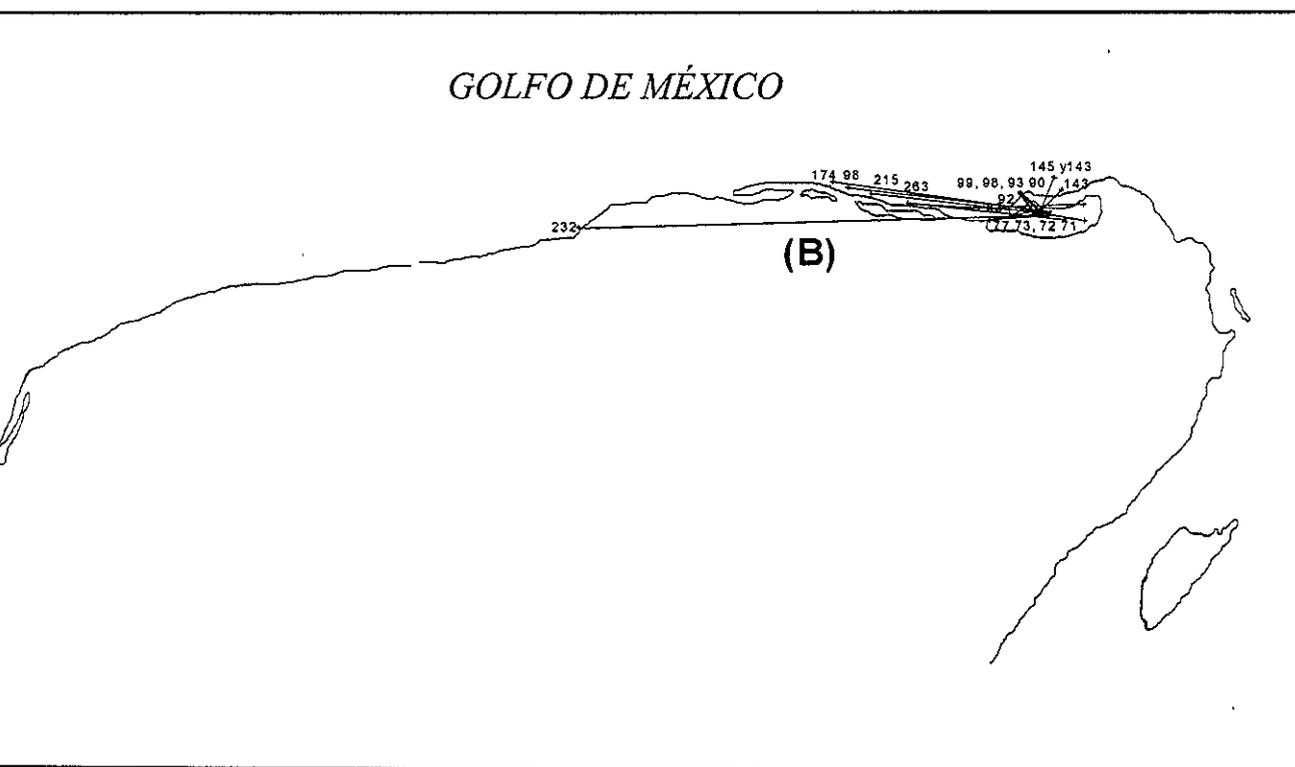
considerable y se encuentran cerca de la boca de la laguna (Fig. 20). En 1998 también se observa este hecho pero mas marcado aún: dentro de la laguna se recapturó al tiburón con el mayor tiempo de libertad para el año (437 días) cerca de la isla Pájaros, también fueron recapturados dos tiburones después de 430 días en Punta Yalikil, uno a 218 días en la ensenada noreste y a tres con tiempo mayor a los 120 días al sur de Pta. Catalán (Fig. 21).

La mayor distancia recorrida durante el muestreo la realizó un tiburón puntas negras (*Carcharhinus limbatus*) hembra, desde la Laguna de Yalahau, Quintana Roo, hasta frente a las costas de Celestum, Yucatán en un transcurso de 172 días (Fig. 18). Durante este trayecto aumentó aproximadamente 36 cm en talla y 2.6 kg en peso. Si la ruta seguida por el tiburón se une con una línea recta desde el lugar de captura hasta el de recaptura, serían aproximadamente 177 millas náuticas (328 Km) las recorridas. Dicha migración representa un movimiento promedio de 0.97 millas náuticas (1.9 Km) por día.

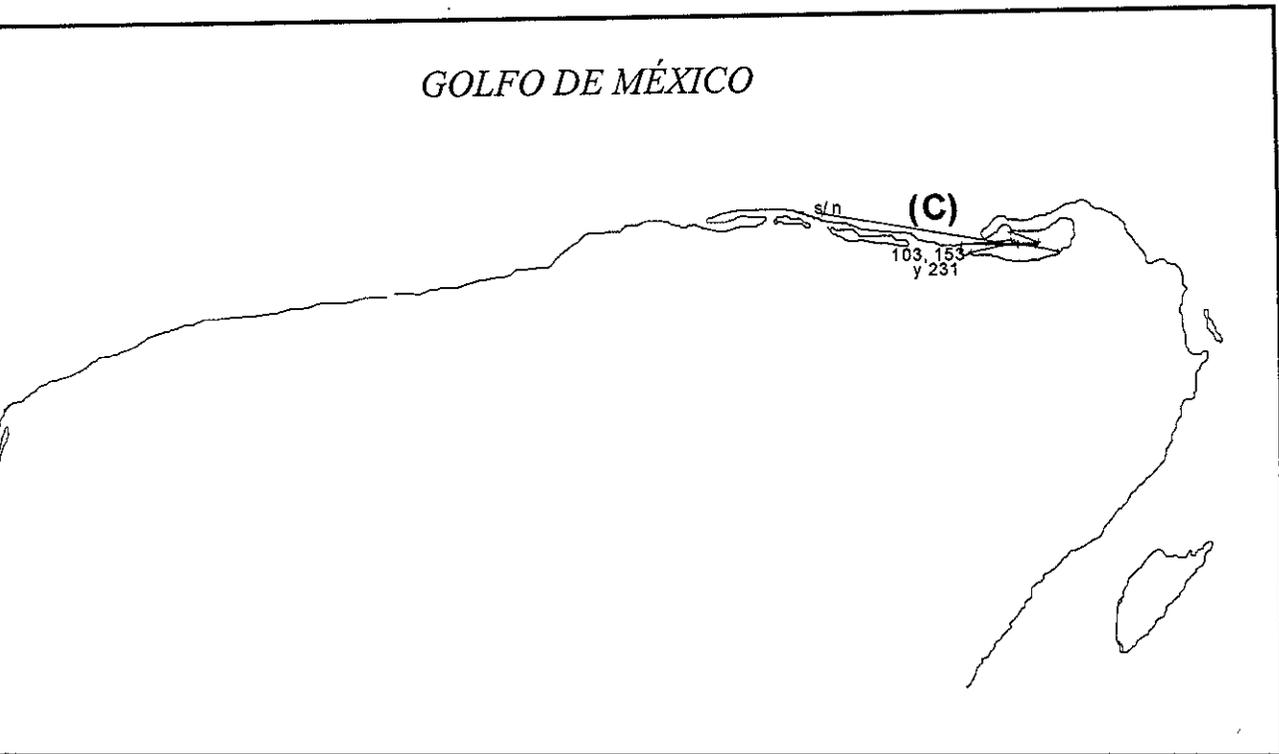
La segunda mayor distancia recorrida fue la realizada por un tiburón puntas negras macho, desde la Laguna de Yalahau, Quintana Roo, hasta frente a la boca de Dzilam, Yucatán en un transcurso de 232 días (Figura 19). Desde su liberación aumentó aproximadamente 17 cm en talla y 4.4 Kg en peso hasta su recaptura, recorriendo aproximadamente 74.7 millas náuticas (138 Km.) Dicha migración representa un movimiento promedio de 0.32 millas náuticas (.59 Km.) por día.



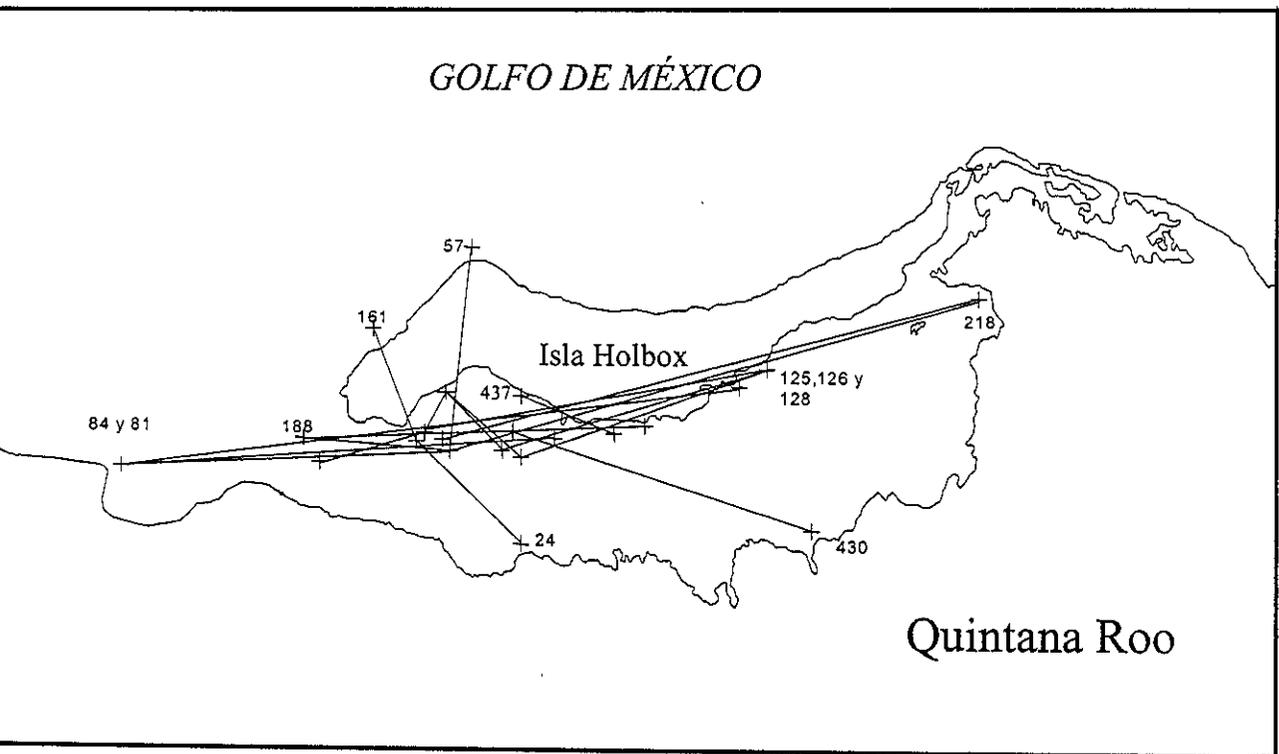
18 Recapturas de tiburones marcados en 1995. (A) representa mayor distancia recorrida.



19 Recapturas de tiburones marcados en 1996. (B) representa mayor distancia recorrida.



. 20 Recapturas de tiburones marcados en 1997. (C) representa mayor distancia recorrida.



. 21 Recapturas de tiburones marcados en 1998.

Estimación poblacional (año 2000)

Durante la primer semana del día 24 al 27 de Mayo se capturaron un total de 124 tiburones puntas negras en 51 lances de los cuales se marcaron y liberaron 98. Como el período entre el marcaje y la recaptura para el uso de este método debe ser breve, solo se dejaron pasar dos días. Durante la segunda semana durante los días 30 de Mayo al 2 de Junio del 2000, se realizaron 49 lances en los cuales se recapturaron 19 tiburones previamente marcados y liberados la semana anterior, adicionalmente se capturaron 181 tiburones de los cuales se marcaron y liberaron 166 .

En total se capturaron durante las dos semanas 305 tiburones y se marcaron 264. Conociendo la proporción de la población marcada se pudo calcular el tamaño poblacional:

Proporción de la población marcada	<u>19</u>	
Población marcada en la 2da semana	181 = .10497	
		N = 934 tiburones
Tamaño poblacional	<u>98</u>	
Proporción de la población marcada	.10497 = 933.6	

Índices de diversidad y abundancia

La especie objetivo *C. limbatus* registró el 27 % de la abundancia total, nueve especies contribuyeron con el 64.5 % y de ellas resaltaron por su abundancia *Micropogon undulatus*, (16.7 %), *Trachinotus carolinus* (16.4 %), *Bagre marinus* (13.2 %) y *Archosaurus rhomboidalis* (9.6 %). Las especies restantes contribuyeron con el 8.5 %. El número total de especies (N0) mostró una tendencia a incrementarse hacia el final de periodo de estudio, mientras que la abundancia (N) presentó una cierta estabilidad en los primeros cuatro años

seguido de un notable incremento en el año 2000 (Gráfica 1) que corresponde al 45.60 % del total anual.

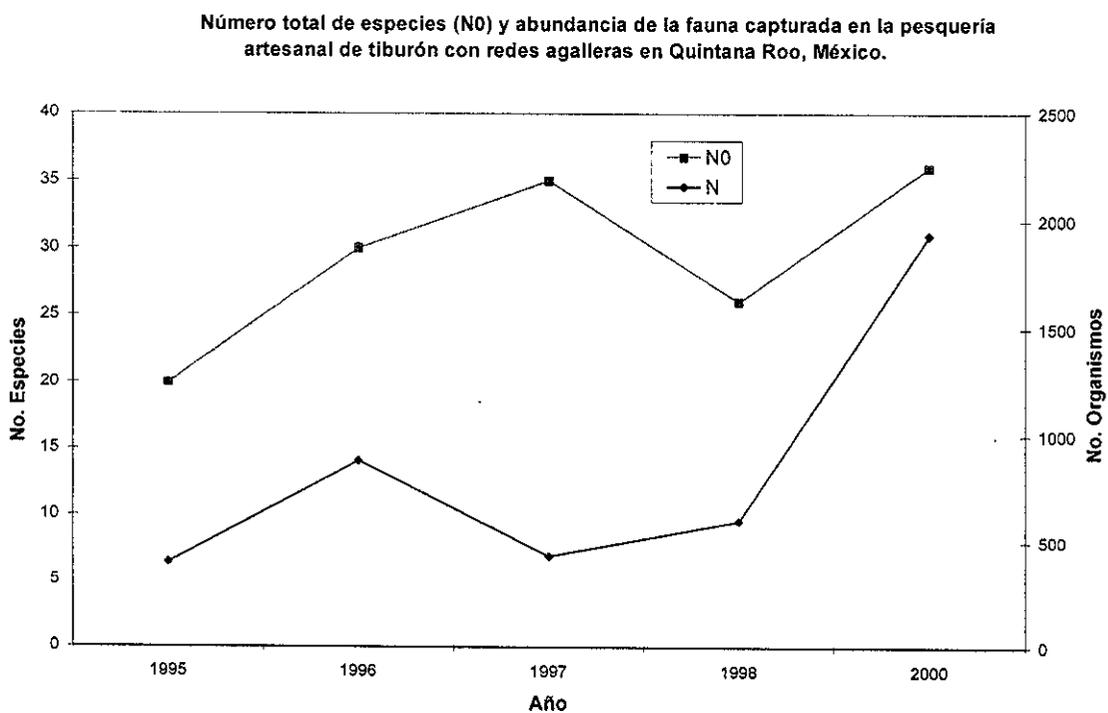
Los valores de diversidad presentaron variaciones de 2.5 a 6.6 para N2 y 4.7 a 9.4 para N1 con sus valores más altos en el 2000 y 1997, respectivamente.

La tendencia a incrementarse hacia el final del periodo de estudio fue más acentuada respecto a N0. En 1995 los valores de N2 indican codominancia entre *C. limbatus* y *B. marinus*, a la cual se incorporaron *T. carolinus* y *M. undulatus* en 1996 y *A. rhomboidales* y *T. falcatius* en 1997. Durante 1998 la composición del conjunto de especies codominantes varió ligeramente al observarse la sustitución de *A. rhomboidales* y *T. falcatius* por *H. plumieri* y *C. undecimalis*; mientras que en el 2000 se registró el mayor valor de diversidad para N2 y por lo tanto la mayor participación de especies en la codominancia. Por su parte el valor más alto (9.4) de N1 se registró en 1997 en el que además se incorporaron especies menos abundantes como *Lobotes surinamensis*, *Caranx hippos*, *Archosaurus probatocephalus* y *Arius felis* (Gráfica 2).

Considerando los valores bajos de la diversidad en el inicio del periodo de estudio con relación a la parte final, se realizó una prueba de t con los valores de diversidad obtenidos por cada día de muestreo (Gráfica 3) para determinar diferencias entre años. Los resultados indicaron diferencias significativas entre 1995-1996 respecto a 1997-98 y 2000, debido por un lado a un mayor esfuerzo ejercido en estos últimos años y/o a un efecto positivo sobre las abundancias de las especies no objetivo *B. Marinus*, *T. carolinus*, *M. undulatus*, *A. rhomboidales* y *T. falcatius* sobre todo en el años 2000 las cuales igualaron o rebasaron la abundancia de la especie objetivo.

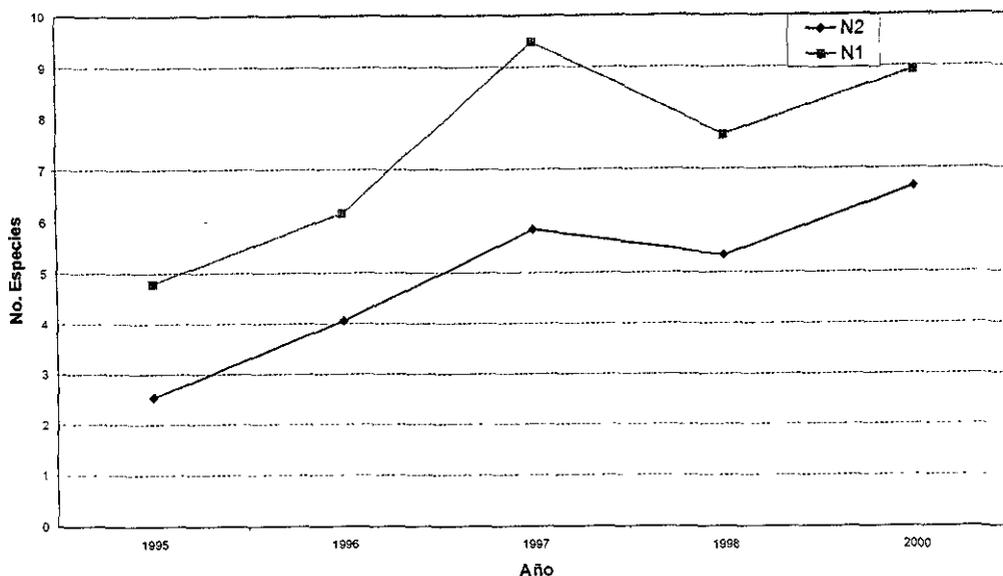
El comportamiento de las capturas de *C. limbatus* mostraron una abundancia por encima de los 240 organismos en 1995, 1996 y 2000, mientras que durante el fenómeno El Niño (1997-98) su captura descendió por debajo de los 200 organismos (Gráfica 4) posiblemente como consecuencia de este evento, sin embargo es necesario recopilar datos de todo el ciclo anual para corroborar lo

anterior y/o consultar los datos de la pesquería de tiburón de la región. Un comportamiento similar se observó en *T. carolinus* y *T. falcatus*.



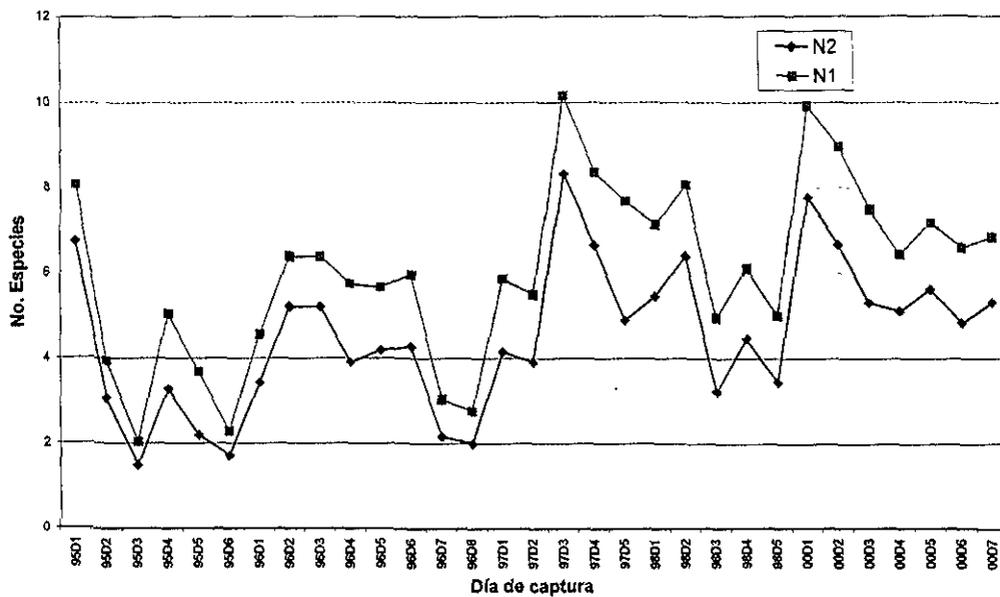
Gráfica 1. Número total de especies (NO) y abundancia (N) de la fauna capturada.

Variación de la diversidad anual de la fauna capturada en la pesquería artesanal de tiburón con redes agalleras en Quintana Roo, México.



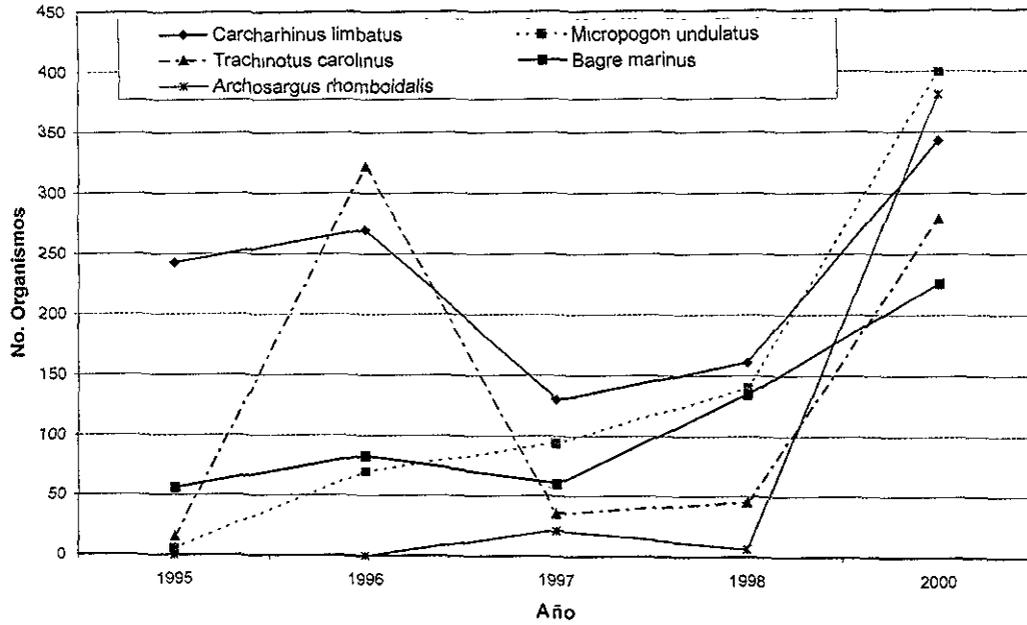
Gráfica 2. Variación de la diversidad anual de la fauna capturada en la laguna.

Variación diaria de la diversidad de la fauna capturada en la pesquería artesanal de tiburón en Quintana Roo, México.



Gráfica 3. Variación de la diversidad de la fauna capturada en la laguna (todos los años).

Abundancia relativa de la fauna capturada en la pesquería artesanal de tiburón en Quintana Roo, México.



Gráfica 4. Abundancia relativa de la fauna capturada en la laguna (todos los años).

VII. DISCUSIÓN

AREAS DE CRIANZA EN EL CARIBE

En el Caribe han sido identificadas áreas de crianza muy importantes por su extensión como es el caso de la Bahía de Chetumal donde Applegate *et al* (1984) reportaron neonatos del tiburón toro *Carcharhinus leucas* considerándola como área de crianza para esta especie. Bonfil (1997) a su vez, establece que en las capturas de *C. leucas* en Quintana Roo, los recién nacidos son también fuertemente explotados en las áreas de crianza. Applegate *et al* (1984) mencionan que las bahías de Espíritu Santo y Ascensión presentan las condiciones ideales para ser consideradas áreas de nacimiento. Investigaciones posteriores ayudaron a corroborar dicha suposición cuando Zárate (1996) sugiere que las especies *Carcharhinus limbatus* y *Negaprion brevirostris* utilizan las Bahías de Ascensión y de Espíritu Santo, Quintana Roo, México, como zona de expulsión y crianza, señalando que ambas especies son de las más abundantes en las capturas por pesca de la zona. Debido a la gran abundancia de individuos juveniles durante el mes de junio, tal vez la Bahía de la Ascensión es una área no sólo primaria sino también secundaria utilizada por *C. limbatus*.

Fautch (1986 a) reportó una gran cantidad de neonatos capturados pertenecientes a las especies *Negaprion brevirostris*, *Carcharhinus limbatus*, *C. leucas*, y *Sphyrna tiburo* en la zona de Chiquilá, Quintana Roo, entre los meses de abril y mayo. Bonfil (1997) para la Laguna de Yalahau en particular reporta una gran explotación sobre los neonatos de las mismas especies sumando a *C. acronotus*, y *C. perezii* a la lista.

AREAS DE CRIANZA EN EL GOLFO DE MÉXICO

En el Golfo de México se han localizado una gran cantidad de áreas de crianza utilizadas por un número importante de especies registradas en estudios realizados desde los 80's. Hernández, (1987) reportó que las especies *Carcharhinus acronotus*, *C. porosus*, *Rhizoprionodon terraenovae* y *Sphyrna tiburo*

completan su ciclo de vida en las aguas someras del Banco de Campeche. De acuerdo con Seca y Murillo (1985) en la misma zona, existen reportes preocupantes de capturas de recién nacidos y juveniles pertenecientes a estas especies. Uribe (1993) además de las especies reportadas por Hernández, encontró que las especies, *C. leucas*, *C. limbatus*, *S. Lewini* y *S. mokarran* eran frecuentemente capturadas correspondiendo a las tres etapas de desarrollo, y al menos en cuatros especies fueron capturadas hembras preñadas. También documentó la presencia de neonatos de *Carcharhinus leucas* y juveniles de *Sphyrna tiburo* dentro de la Laguna de Términos. Reporta además que las hembras grávidas y los neonatos son objetivo de las pesquerías de la zona. Mas hacia el norte Sosa *et al* (1998) reportan la colecta de neonatos de *C. leucas* provenientes de el río Usumasinta, Tabasco.

Siguiendo el litoral mexicano hacia el norte, Rodríguez de la Cruz *et al.* (1996) sugirieron que las aguas costeras de Veracruz son probablemente un área de crianza no protegida para especies *Carcharhinus signatus* y *C. falciformis*, hecho que concuerda con el estudio realizado por Marín (1992), quien manifestó que el área de La Mancha-Alvarado constituyen una zona de nacimiento para las mismas especies y sugiere que deben realizarse muestreos en la Laguna de Alvarado, ya que aparentemente funciona como zona de nacimiento y protección para los juveniles de *C. leucas*. Montiel (1988) reporta la presencia de neonatos de *C. leucas* y *S. lewini* dentro de la Laguna de Tamiahua. Ambas especies fueron reportadas también para la laguna por Bonfil en 1997. Trinidad (1997) sugiere que probablemente esta zona es un área de crianza para *C. acronotus*.

En los límites de la parte noreste del país se han registrado también áreas de crianza importantes, tal es el caso del estudio realizado por Castillo *et al.* (1998) quienes establecieron que las aguas someras, de las costas del mar abierto en Matamoros, Tamaulipas, son parte de un área de crianza primaria - no protegida para *R. terraenovae*. Para la misma zona, Tovar (1995) encontró una gran cantidad de hembras grávidas con embriones terminales y neonatos con cicatriz umbilical presente de *C. limbatus* frente a la Laguna Madre, sugiriendo que muy probablemente esta es un área de alumbramiento y crianza para esta especie y tal

vez para otras. Menciona que la captura de los neonatos constituye una parte importante de las capturas y que su valor alcanza un mayor precio que los adultos.

Laguna de Yalahau

- **Especies**

Durante el presente estudio únicamente se registraron neonatos de las especies *N. brevirostris* y *C. limbatus* y se suma a la lista de especies que penetran en la laguna el registro de *Rhizoprionodon terraenovae*. La presencia de neonatos de distintas especies en la laguna de Yalahau es expuesta en diferentes publicaciones como las de Fautch, (1986 a) , Jiménez-Sabatini *et al.* (1991) y Bonfil, (1997), entre las cuales se encuentran: *Carcharhinus acronotus*, *C. leucas*, *C. limbatus*, *C. perezii*, *Ginglymostoma cirratum*, *Negaprion brevirostris*, *Sphymá lewini*, *S. mokarran* y *Sphyrna tiburo*.. Posiblemente exista una separación temporal de especies en cuanto a su presencia en la laguna, tal hecho ha sido reportado para áreas de crianza utilizadas por varias especies (Castro, 1993; Simpfendorfer & Milward, 1993). El último autor menciona que el uso comunal de varias especies de un área de crianza provee un medio ambiente bajo en depredadores para los juveniles.

Los datos obtenidos durante los cinco años de muestreo además de la literatura citada, indican que *Carcharhinus limbatus* es la especie mas abundante y que utiliza a la Laguna de Yalahau como un área de crianza durante los meses de abril, mayo y junio. Tal hecho es de vital importancia ya que este es hasta ahora de los primeros reportes que se tiene acerca del conocimiento de un área de crianza para esta especie en el Caribe Mexicano lo cual sirve para un mejor manejo y conservación de dicha especie. Su ocurrencia en la laguna coincide con lo establecido por Branstetter (1987) acerca de que las hembras de *Carcharhinus limbatus* depositan a sus crías en lugares protegidos como estuarios o bahías, donde pasan las primeras etapas de su crecimiento.

Applegate *et al.* (1984) en el área caribeña reporta haber observado únicamente una mandíbula de *Carcharhinus limbatus* proponiendo realizar estudios posteriores que corroboren su presencia en Quintana Roo. Fautch (1986b) incluye a la especie como parte de la fauna de elasmobranquios de la zona norte de Quintana Roo pero señala que se encuentra con un número poblacional reducido, hecho que discrepa con los resultados del presente estudio donde se encontró que representó el 27% de la abundancia total de la fauna capturada en la laguna. Jiménez-Sabatini *et al.* (1991) mencionan que en la zona de Nuctunich suele desovar el cazón *Carcharhinus limbatus*, en abril y mencionan que en los ochentas se capturaban de 300-400 cazones por noche.

Considerando el estudio poblacional realizado durante el presente estudio en el cual se considera una población de 934 tiburones para la laguna, al parecer los índices de reclutamiento han decrecido, aunque el estimado debe tomar en cuenta otros factores como la mortalidad posterior a su liberación y que el reclutamiento en la laguna es continuo para que se pueda considerar un estudio completo. Si consideramos que las hembras de *C. limbatus* paren comúnmente de 4 a 7 crías por camada (Compagno, 1984), y que Dodrill (1977) estableció que para especímenes de Florida era de 3-8 o sea un promedio de 5.5 crías por parto, entonces la cantidad de hembras que parieron cerca de la laguna por ese espacio de tiempo de acuerdo con el estudio poblacional fue de aproximadamente 170 hembras grávidas.

- **Nacimientos**

La fecha en que se capturan los neonatos de esta especie en la Laguna de Yalahau (mayo a junio), concuerda con los reportes de nacimientos de la especie en otros sitios como el sureste de los Estados Unidos, en particular en Carolina del Sur, Florida (Castro, 1996) y en Charlotte Harbor donde Hueter (1994) reporta la captura de 86 neonatos del 7 de mayo al 23 de junio. Branstetter (1987) señala que las hembras de *Carcharhinus limbatus* liberan a sus crías durante primavera y verano en los meses de abril y mediados de agosto. Jiménez-Sabatini *et al.*

(1991) mencionan que en la Laguna de Yalahau suele parir *Carcharhinus limbatus*, en abril. En México, en las costas de Veracruz y Tamaulipas, Tovar-Ávila (1995), reporta también los meses de abril, mayo y junio como de alumbramiento para las poblaciones de *C. limbatus*. Para la parte del litoral Caribe, en el estado de Quintana Roo, Zárate (1996) reporta hembras preñadas con embriones en estado terminal también durante los meses de Abril y Mayo.

- **Tamaño al nacer**

La longitud total de los neonatos encontrados durante esta investigación fue de $60.5 \pm .17$ LT en promedio. Este dato concuerda con Killiam (1987) quien reporta una media de 605 mm LT para neonatos examinados en junio en Tampa Bay en la costa oeste de Florida. Castro (1996), por su parte, señala que la longitud al nacer para esta especie durante mayo y junio en áreas de crianza de Georgia y las Carolinas es de 55-60 cm.

- **Permanencia y uso de la laguna**

Para considerar a la Laguna como una verdadera área de crianza primaria como lo define Bass (1978), las hembras de esta especie deben migrar hacia la Laguna de Yalahau para dar a luz al mismo tiempo que el área de crianza se encuentra en uso. Durante el presente estudio no fueron capturadas hembras adultas preñadas debido tal vez a la selectividad del arte de pesca utilizado (red agallera de 4.5"). Sin embargo, Jiménez-Sabatini *et al.* (1991) mencionan que en la zona de Nuctunich dentro de la Laguna de Yalahau, suele "desovar" en abril. Los pescadores de la Laguna concuerdan en que las hembras preñadas entran a la laguna en los meses de finales de abril, mayo y junio, donde paren a sus crías ayudándose de torsiones y movimientos bruscos en aguas someras donde incluso se puede observar parte del cuerpo de la madre expuesto fuera del agua. Incluso por comentarios de los pescadores se sabe que se capturó a una hembra preñada dentro de la laguna durante uno de esos meses el año de 1993 envolviéndola con

una red agallera y que al momento de subirla abortó algunas crías (com. pers. Raúl, Arguelles).

Muchas áreas de crianza se encuentran en zonas de alta productividad tales como manglares costeros, estuarios, y ecosistemas de pastos donde la gran abundancia de peces y camarones proveen alimento a los tiburones pequeños (Castro,1993). La Laguna de Yalahau cumple con estos requerimientos, durante el presente estudio se encontraron alrededor de 40 especies de peces óseos, y se conoce que, además de peces óseos, soporta grandes comunidades de invertebrados y algas macroscópicas (Jiménez-Sabatini *et al.* 1991).

La mayoría de organismos capturados pertenecientes a *C.limbatus* (94 %) fueron neonatos. El tiempo que los neonatos de *Carcharhinus limbatus* permanecen dentro de laguna de Yalahau parece ser en promedio de cuatro meses (128 días).. Castro (1996), señala que los jóvenes de esta especie permanecen en aguas someras o áreas de crianza hasta otoño. Con base a las recapturas se observa que el promedio en que los tiburones fueron capturados fuera de la laguna es de 152 días y se propone que existen dos rutas migratorias: una directamente hacia el Golfo de México y otra hacia el Caribe. Sin embargo, en las recapturas efectuadas a los tiburones marcados en 1998, se encontró a cuatro tiburones con tiempos de libertad extremadamente largos (437,430 y 218 días) dentro de la laguna estimados con una longitud total de un metro. Se puede suponer que dicho tiburones estaban de regreso de su migración hacia el Caribe y se internen en la laguna para cortar distancias en su camino hacia el Golfo de México o se podría considerar que la Laguna de Yalahau sirve como un área de crianza secundaria para *Carcharhinus limbatus* ya que aunado a esto se ha encontrado la presencia de individuos inmaduros en etapas de desarrollo mayores a un año. Tal es el caso de cinco tiburones marcados dentro de la laguna en 1996 con longitudes mayores a un metro (♂105,♀109,♀110,♀110,♀112 cm LT). Si consideramos que los machos alcanzan la madurez a una talla aproximada de 135 cm y las hembras a los 155 cm, los inmaduros encontrados en la laguna estaban cercanos a la talla considerada por Castro (1983) como de madurez.

Los juveniles de *C. limbatus* aumentan de 90 a 1.20 cm en un año y continúan creciendo de 15-20 cm por año durante el siguiente par de años (Branstetter, 1990). Tomando en cuenta lo anterior, las 4 crías recapturadas regresaron un año después aproximadamente a la laguna con longitudes de más de un metro, hecho que concuerda con la definición hecha por Bass (1978): "las áreas de crianza secundarias son aquellas en las cuales los juveniles se encuentran después de haber dejado las áreas de crianza primarias y antes de alcanzar la madurez".

Según Branstetter (1991) las especies de tiburones pueden dividirse básicamente en especies de crecimiento lento y especies de crecimiento rápido, el tamaño y tasa de crecimiento de la cría está correlacionado con el tipo de área de crianza que utilizan. El mismo autor considera a *C. limbatus* como una especie de crecimiento rápido que pare crías medianas por lo cual, según su clasificación, debería ocupar áreas de crianza expuestas a depredadores. La aseveración anterior es cierta en el caso de la zona de Tamaulipas por ejemplo: Tovar (1995) realizó muestreos en la zona de Matamoros, Tamaulipas, encontrando una gran cantidad de hembras grávidas con embriones terminales y neonatos con cicatriz umbilical presente de *C. limbatus* en la zona comprendida desde la frontera con E.U.A hacia el sur, frente a la Laguna Madre. Sin embargo, la Laguna de Yalahau, considerada como área de crianza para la misma especie, es apreciada como protegida y también se ha reportado a *C. limbatus* utilizando otras áreas de crianza protegidas como es el caso de Tampa Bay y Charlotte Harbor en Florida (Hueter, 1994). Por lo anterior, la clasificación de Branstetter (1991) no es aplicable a todas las especies de tiburones ya que no sólo se deben tomar en cuenta el tamaño de las crías y la tasa de crecimiento sino otros factores como alimentación, preferencia de hábitat, fisiología de la especie, etc.

- *Negaprion brevirostris* puede utilizar la Laguna al igual que *C. limbatus* como área de crianza primaria ya que fueron encontrados individuos neonatos aunque es necesario conocer aún si las hembras se internan en la laguna para parir a sus crías. También se encontraron organismos inmaduros dentro de la laguna por lo que tal vez esta sea utilizada como área de crianza secundaria y

el único individuo marcado de esta especie también realizó una corta migración fuera de la laguna; sin embargo, la laguna puede ser únicamente su hábitat ya que según Compagno (1984) es un tiburón abundante en ambientes de aguas costeras, se le encuentra desde la superficie, lo cual es un hecho que concuerda con la profundidad de 0.58 m en promedio a la cual se le encontró en el presente estudio. Se necesitan más datos acerca de esta especie para llegar a una conclusión acerca de su presencia.

- Para *Sphyrna tiburo* la laguna puede ser utilizada durante finales de mayo y principios de junio, como área de crianza secundaria ya que en los 5 años de muestreo únicamente se encontraron individuos inmaduros en sitios centrales de la parte sur de la isla aunque se requeriría un mayor estudio para confirmar lo anterior, ya que se ha reportado su presencia dentro de la Laguna de Yalahau en estado de neonato (Fautch, 1986a; Bonfil, 1997) por lo que tal vez los nacimientos pueden presentarse en otros meses y que también la utilice como área de crianza primaria.

- En el caso de *Rhizoprionodon terraenovae* el único ejemplar que se encontró fue una hembra madura con un solo embrión, probablemente el último. Los neonatos de esta especie no han sido reportados en la laguna con anterioridad, aunque su presencia concuerda con lo reportado por Castro (1983) en cuanto a que pare en aguas someras o estuarios a principios de Junio. Sin embargo, el suponer que la hembra parió en la laguna utilizándola como área de crianza es incierto ya que pudo haber liberado a los otros embriones como consecuencia de la maniobra de pesca o del estrés de su captura. Castro (1993) menciona que los embriones en estado terminal de esta especie, son comúnmente abortados por las hembras estresadas por captura, y menciona que estos embriones invariablemente emergen con la cola al principio. Ya que esta especie es comúnmente encontrada en aguas costeras, posiblemente entra a la laguna con fines de alimentación. El individuo encontrado era una hembra preñada y tomando en cuenta que es una especie

pequeña en la que un adulto mide en promedio 95 cm (Castro 1983) su acceso a la laguna, aunque sea un área protegida no es restringido.

- En lo que respecta al presente estudio, el único registro de *Ginglymostoma cirratum*, fue de un macho inmaduro en la boca de la laguna por lo que no se puede inferir su uso de la Laguna, por lo menos para finales de mayo y principios de junio. Según Jiménez-Sabatini *et al.* (1991) *Ginglymostoma cirratum* era la especie más abundante y solía parir en las partes mas bajas del ceibadal en la boca de la laguna.

La captura de tan pocos individuos de las otras cuatro especies de tiburones además de *C. limbaus*, no permite determinar el uso que hacen de la laguna estas especies.

• **Distribución en la Laguna**

Al parecer la distribución de los neonatos difiere con la de los juveniles e inmaduros en que la mayor parte de los dos últimos, se encontraron mas hacia la parte central de la isla de Holbox que los neonatos que estaban mas cercanos a la parte oeste de la Isla, próximos a la boca de la laguna, donde probablemente nacieron y se internan dentro de la laguna a medida que crecen.

La mayoría de los tiburones puntas negras se encontraron en lugares donde la profundidad era de 3 metros en promedio. Este hecho concuerda con un estudio similar realizado en Tampa Bay y Charlotte Harbor (Hueter, 1994), donde se encontró que la mayoría de los tiburones punta negra se capturó entre los 5 y 10 pies (1.5-3 m). Otro parámetro que concuerda con lo encontrado en ese estudio fue la temperatura. En la laguna de Yalahau fueron capturados la mayoría de los tiburones puntas negras a una temperatura del agua a 29.3°C, y en Tampa Bay y Charlotte Harbor se capturó a la mayoría donde la temperatura era de 29 °C.

En cuanto a los otros parámetros se capturó a la mayoría a una salinidad de 39.8 ‰, y durante el 2000 a una concentración de oxígeno disuelto del 96.1 %. Los datos del alta salinidad y temperatura registradas son lógicos debido a que el

cuerpo de agua es somero y la evaporación del agua es constante. Compagno (1984) reporta la presencia del tiburón puntas negras en zonas de alta salinidad.

Se registró una concentración del oxígeno alta, y se esperaba que como son aguas someras y por consiguiente de un alta temperatura, la disolución del oxígeno sería baja. La ley de Henry estipula que la cantidad de gas que se disuelve en una solución es directamente proporcional a la presión parcial del gas e inversamente proporcional a la temperatura absoluta (Heine, 1995). Por lo anterior, lo más seguro es que tal concentración se debiera a la existencia de algas en el sustrato sobre el cual fueron capturados los tiburones. El menor porcentaje de concentración de oxígeno al que fueron capturados fue relativamente alto (76%), y en algunos casos se registraron lecturas de oxígeno disuelto mayores al 100% por lo que tal vez en esos sitios existía una mayor cantidad de algas, entre las cuales se registró por ejemplo la presencia de *Thalassia sp.* entre las redes.

En cuanto al tipo de sustrato sobre el que fueron capturados los tiburones, existió una preferencia muy clara del sustrato tipo de fondo: la gran mayoría se encontró sobre lodo (77%) y le siguió en preferencia el sustrato tipo lodo-arena (12%). En el estudio realizado en Tampa Bay y Charlotte Harbor la mayoría de los tiburones punta negra se capturó sobre pastos marinos (85%). En la Laguna de Yalahau no existen estudios de la distribución de las algas y el fondo no fue investigado, únicamente se revisaba el sustrato que se encontraba en la parte distal del remo con el que se media la profundidad aunado a la experiencia de los pescadores, pero a juzgar por las lecturas de oxígeno disuelto registradas durante el presente estudio, probablemente los fondos lodosos sobre los cuales fueron capturados los tiburones tenían algas. Esto no se comprobó pero se considera una fuerte posibilidad.

- **Migraciones**

La distribución y migraciones tempranas de los neonatos son de crítica importancia para su éxito de supervivencia (Pratt y Otake, 1990). Gracias al

programa de marcaje y recaptura se pudo observar que los tiburones puntas negras se encuentran realizando migraciones alrededor del cuarto mes en promedio de su estancia en la laguna. Puede observarse en las recapturas efectuadas a los tiburones marcados en 1995 dos recapturas hacia el Golfo de México frente a las Coloradas (Yucatán) a mas o menos 140 días. Un año después, durante el mismo tiempo, se recorrió una distancia equivalente pero hacia el Caribe en la parte centro norte de la isla de Holbox, por lo que podrían existir dos corridas migratorias hacia sitios opuestos durante el mismo periodo temporal.

Durante las recapturas efectuadas sobre tiburones marcados en 1995 resalta un hecho interesante, se observa una periodicidad con respecto a las efectuadas en 1996 en cuanto a la distancia recorrida hacia el Caribe y el tiempo de libertad. Por ejemplo, las recapturas efectuadas entre los días 80 al 100 durante dichos años, se realizaron fuera de la Laguna en las proximidades a la boca de la laguna. También puede observarse en las recapturas efectuadas a tiburones marcados en el 1995 que la distancia recorrida mas larga hacia el Caribe fue de 152 días y que en la parte norte de San Manuel se efectuaron capturas con tiempos de libertad mayores a los 270 días y que al norte de San Fernando se recapturo a un tiburón con 336 días de libertad. Considerando el tiempo de libertad, la distancia recorrida en todo ese tiempo a partir del sitio de marcaje dentro de la laguna es bastante corto. Este hecho puede ser explicado mediante supuestas migraciones este-oeste a partir de la Laguna y a que tal vez fueron capturados cuando se encontraban de regreso en dirección hacia el Golfo de México.

Jiménez-Sabatini *et al.* (1991), reportan que los pargos de la Laguna de Yalahau presentan una "corrida" o migración intensa, aparentemente hacia el mar Caribe. Este movimiento inicia desde fines de invierno y principios de primavera y se ha observado que también lo realizan la mojarra y el robalo. El movimiento inverso ocurre durante los meses de octubre y noviembre. Al menos el robalo y la mojarra están reportados por Compagno (1984) y Castro (1996) como especies objetivo de la alimentación de *C. limbatus*, hecho que podría explicar las migraciones que realiza esta especie obedeciendo a una migración de tipo alimenticia siguiendo a

sus presas hacia el Caribe y luego de regreso a la laguna, aunque se necesitan estudios posteriores de hábitos alimenticios de los tiburones recapturados para corroborar dicha suposición. Tal vez no sea únicamente el seguir a las presas sino a las condiciones ambientales que obligan a los peces a migrar hacia el Caribe y que a su vez influyen también en los tiburones. Se ha reportado que la desaparición de los tiburones puntas negras de ciertas áreas coincide con el decremento en la temperatura superficial del agua por debajo de los 21° que usualmente ocurre a principios de Octubre (Castro, 1996).

Con base a la información de las recapturas, se puede observar que existe una tendencia a regresar a la laguna por parte de los tiburones puntas negras. En las recapturas de puntas negras marcados en 1995 mayores a los 200 días de libertad, se pueden observar fechas de captura que están en orden creciente a medida que se acercan a la laguna por ambas partes (hacia el Caribe y hacia el Golfo), tales como: a los 234 días frente Cabo Catoche, 275 y 293 frente a San Manuel, por el lado hacia el este; y hacia el oeste, a los 233 y 275 frente a el Cuyo y a los 336 y 361 días frente San Fernando. En el caso de los marcados en 1996 se recapturaron dos con tiempos de libertad largos: 257 días al norte de el Cuyo y 263 días al noroeste de las Coloradas (Yucatán) y dos al norte de la isla Holbox con tiempos de 143 y 145.

Para los marcados en 1997 se registró un tiempo de libertad de 231 días cerca de la boca en Punta Caracol. En las recapturas efectuadas a los marcados en 1998 se observan los casos mas extremos de días de libertad y todos fueron encontrados dentro de la laguna: a los 218 días en la ensenada Noroeste, dos recapturas a los 430 días al norte de punta Yalikil, y a los 437 días en Isla Pájaros. Con base a las recapturas, se puede observar que los tiburones después de un período de mas o menos 200 días realizan la migración inversa de regreso a la laguna.

Otro comportamiento social observado durante el estudio, además de el uso de zonas especiales de crianza fuera del rango normal geográfico de los machos

sexualmente maduros, fue la tendencia a segregarse por tamaño durante las migraciones que realizaron los tiburones a partir de la laguna. Por ejemplo, dos tiburones marcados en 1996 en el mismo lance, con las marcas 244 y 245 fueron recapturados juntos 77 días después al noroeste de Chiquilá. En 1998, dos tiburones con las marcas 805 y 806 fueron marcados también en el mismo lance y posteriormente fueron recapturados juntos 430 días después en Punta Yalikil. Tal comportamiento puede utilizarse simplemente como protección. Observaciones hechas en tiburones pequeños demuestran que evitan a los más grandes activamente, lo cual sugiere que este elemento de opción está presente. Aparentemente la tendencia es más fuerte durante la migración y más débil en los puntos terminales de las rutas de migración (Springer, 1960). Este hecho es muy importante ya que se conocía que los tiburones se agregaban por tamaño o sexo, pero en el presente estudio además de corroborarse dicho comportamiento, se pudo dar a conocer que por lo menos en esta especie, se presenta desde la etapa de neonato.

Índices de diversidad y abundancia

En las pesquerías de tiburón como en casi todas las pesquerías del mundo, se carece de una relación o estudios de la fauna incidental respecto a la especie objetivo. En la Laguna Yalahau se obtuvo un total de cinco especies de tiburones (especie objetivo) y 55 de fauna incidental con un esfuerzo de 341 lances de pesca que seguramente no representan el 10 % del esfuerzo total anual de la pesquería y que por lo tanto el número de especies incidentales bien puede elevarse y entre ellas, se podrían encontrarse especies muy susceptibles a la explotación y/o bajo protección especial (tortugas, mamíferos). En la pesquería artesanal de tiburón del sistema bajo estudio al menos diez especies reciben un impacto directo sobre sus poblaciones mediante el arte de pesca utilizado. Estas especies bien pueden considerarse como especies tipo para dar seguimiento al estado de las comunidades en particular y del ecosistema en general.

La demanda internacional conservacionista de los recursos y de los ecosistemas es cada día más fuerte, y el aprovechamiento sustentable de las pesquerías a

nivel mundial incorpora regulaciones y manejo de mayores compromisos entre los gobiernos. Debido a esto, la importancia del estudio de la fauna incidental en las pesquerías de tiburones es ya impostergable, su impacto sobre otros recursos ribereños y sobre los ecosistemas debe ser abordado de manera integral que a su vez podrían sustentar las bases y establecimiento de novedosas estrategias de manejo de los recursos.

VIII. CONCLUSIONES

- Las áreas de crianza reportadas para el Caribe se encuentran tanto en Lagunas costeras como en Bahías. En el caso de la Laguna de Yalahau, se le puede considerar como un área de crianza protegida. En el caso de las Bahías de la Ascensión y Chetumal, son consideradas áreas de crianza no-protegidas para tres especies : *Carcharhinus limbatus* y *Negaprion brevirostris* en Bahía de la Ascensión y *Carcharhinus leucas* para la de Chetumal. Existen preocupantes reportes acerca de la explotación sobre los neonatos de especies que utilizan las áreas de crianza del Caribe.
- Las áreas de crianza de tiburones protegidas reportadas para el Golfo de México son en su mayoría lagunas costeras: Laguna de Términos en Campeche, Lagunas de Tamiahua y Alvarado, en Veracruz y la Laguna Madre en Tamaulipas. Las áreas de crianza registradas en el Banco de Campeche, costas de Veracruz y Tamaulipas juegan un papel importante como áreas de crianza consideradas no-protegidas. Las áreas de crianza del Golfo de México son utilizadas por al menos 9 especies de gran interés comercial y son sometidas a una gran presión pesquera como lo indican los reportes de los autores citados anteriormente.
- La Laguna de Yalahau cumple con los requerimientos de un área de crianza ya que es una zona de aguas someras altamente productivas que constituyen una buena fuente de alimento además de que no es comúnmente habitada por tiburones adultos lo cual evita que los individuos recién nacidos sean depredados.
- Las crías del tiburón puntas negras nacen dentro de la laguna durante los meses de abril, mayo y junio a una talla de $60.5 \pm .17$ cm LT.
- La Laguna de Yalahau es un área de crianza protegida de tipo primaria para el tiburón puntas negras *Carcharhinus limbatus* durante los primeros meses de su vida.
- La distribución del tiburón puntas negras dentro de la laguna es preferencialmente desde la boca de la laguna hasta Punta Catalán desde la parte media de la laguna hacia la zona cercana a la costa en la parte sur de la Isla de Holbox.
- Existe una distribución preferencial de los tiburones puntas negras de distintos estadios, encontrándose los neonatos mas cercanos a la boca de la laguna mientras que los juveniles del año e inmaduros se encontraron mas adentro al sur de la isla.
- La preferencia de hábitat registrada para *Carcharhinus limbatus* fue sobre fondos lodosos presumiblemente con algas, a una profundidad de 3 m, temperatura de 29.3 °C, y una salinidad de 39.8‰ en promedio.

- Después permanecer en la laguna un promedio de 4 meses, se sugiere que los tiburones puntas negras realizan dos movimientos migratorios uno hacia el Golfo de México preferencialmente y otro hacia el Caribe, regresando después hacia la Laguna.
- Los datos obtenidos a partir de las recapturas sugieren que los tiburones permanecen en aguas costeras, cercanas a la península de Yucatán, por lo menos el primer año de su vida mientras realizan su migración hacia el Golfo de México y Caribe.
- Con base a la alta tasa de recapturas (20%) se puede inferir que la presión por pesca comercial en la zona costera de la Península de Yucatán, es bastante alta sobre los juveniles del tiburón puntas negras durante sus primeras etapas de desarrollo, lo cual puede afectar negativamente la relación stock-reclutamiento.
- Se sugiere que la Laguna de Yalahau es utilizada también como un área de crianza secundaria por el tiburón puntas negras con base a la presencia de individuos inmaduros en su interior y a la tendencia observada de volver a la laguna después de realizar una migración fuera de esta hacia el Golfo de México y Caribe.
- El resultado de el estudio de estimación poblacional de tiburones puntas negras (934 neonatos) resalta que la población de neonatos durante la época de nacimientos del año 2000 fue considerablemente baja si se considera que en los 80^s se capturaban de 300-400 por noche.
- El número total de especies (N0) encontradas en la laguna, mostró una tendencia a incrementarse hacia el final de periodo de estudio, mientras que la abundancia (N) presentó una cierta estabilidad en los primeros cuatro años seguido de un notable incremento en el año 2000 debido por un lado a un mayor esfuerzo ejercido en estos últimos años y/o a un efecto positivo sobre las abundancias de las especies no objetivo como *Bagre marinus*, *Trachinotus carolinus*, *T. falcatus*, *Micropogon undulatus* y *Archosargus rhomboidalis*.
- La especie *C. limbatus* registró el 27 % de la abundancia total de la ictiofauna en la laguna, nueve especies contribuyeron con el 64.5 % y de ellas resaltaron por su abundancia *Micropogon undulatus*, *Trachinotus carolinus*, *Bagre marinus* y *Archosargus rhomboidalis*.
- Las observaciones acerca de la segregación por tamaño de los neonatos de *C. limbatus* encontradas en el presente estudio, confirman las observaciones hechas por otros autores acerca de las agregaciones de individuos en áreas de crianza.

IX. RECOMENDACIONES

- Conocer la distribución de todas las áreas de crianza del país para los tiburones que habitan en nuestras aguas y continuar con los estudios para conocer la abundancia actual de neonatos en las mismas así como sus movimientos y biología en general.
- Reconocer a la Laguna de Yalahau como un área de crianza importante durante los meses de abril, mayo y junio para el tiburón puntas negras *Carcharhinus limbatus* para ayudar a la conservación del hábitat y la protección de los juveniles.
- Incluir en el plan de manejo de el área de protección de flora y fauna "Yum Balam" estrategias para la protección de la laguna considerando su importancia como área de crianza de tiburones.
- Conducir estudios mensuales para conocer que especies de tiburones utilizan la Laguna de Yalahau con fines de expulsión, crianza y alimentación.
- Evitar el uso de las redes de enmalle dentro de la Laguna, cualquiera que sea su material de construcción, con abertura de malla inferior a 203 mm (8 pulgadas) independientemente del objetivo de pesca, durante el periodo comprendido defínales de mayo a principios de junio de cada año.
- No expedir permisos de pesca nuevos y renovar únicamente los permisos ya existentes a los pescadores que respeten las regulaciones acordadas por el gobierno y las Cooperativas.
- Instaurar un sistema de registro detallado de las capturas por parte de las oficinas de pesca de cada localidad, que permita un control de la pesca de neonatos así como la realización de evaluaciones poblacionales pesqueras.
- Capacitar a el personal de las oficinas de Pesca para recopilar, ordenar y analizar la información obtenida a partir de las capturas comerciales de las flotas que operan tanto en Chiquilá como en Holbox, para conocer las especies, residencia, biología, características de patrón de vida, y ciclo reproductivo de los tiburones que se encuentran en la Laguna de Yalahau.
- Realizar muestreos de hembras grávidas y machos adultos capturadas por pesca comercial en las cercanías de la laguna para efectuar estudios de biología reproductiva (cortejo, cópula, período de gestación, parto, etc).
- Llevar a cabo estudios de telemetría para conocer el tiempo de estancia real de las crías en la laguna, los tiempos de migración de las crías desde la laguna hasta sus puntos finales de migración, así como las rutas que siguen.

- Desarrollar estudios de hábitos alimenticios de los organismos que resulten muertos durante las operaciones de marcaje o de las capturas comerciales en la laguna para conocer la naturaleza de su dieta y si existe alguna presa preferencial que se encuentre en mayor proporción para así realizar estudios de relaciones tróficas dentro de la laguna.
- Analizar las temperaturas superficiales del agua con imágenes vía satélite para determinar si la temperatura del agua influye en el alumbramiento además de determinar si los cambios que pueda sufrir la temperatura en los meses posteriores a el nacimiento de las crías ocasionan que realicen migraciones.

X. LITERATURA CITADA

- Applegate, S. P., L. Espinosa- Arrubarrena, F. Menchaca y F. Sotelo-Macias. 1979. Tiburones mexicanos. Subsecretaría de Educación e Investigación Tecnológica . Dirección General de ciencias y Tecnología del mar. México. 146 p.
- Applegate, S. P., S. Estrada, F. Sotelo y L.. Espinosa - Arrubarrena. 1984. Reporte final del proyecto "Tiburones Mexicanos" (Área Caribeña), clave PCMA-00a91, CONACYT. México. 46 p.
- Bass, A.J. 1978. Problems in studies of sharks in the southwest Indian Ocean. Pp. 545-594. *In*: E.S. Hodgson & R.F. Mathewson (ed). Sensory Biology of Sharks, Skates and Rays, Office of Naval Research, Department of the Navy, Arlington.
- Bonfil, R. (1987). Composición por especies de la pesquería de tiburón y cazón de Yucatán y relaciones morfométricas para las principales especies. Instituto Nacional de la Pesca, Centro Regional de Investigación Pesquera de Yucalpetén Contribuciones de Investigación Pesquera, Doc. Tec. 1:1-10.
- Bonfil, R. (1997). Status of shark resources in the southern Gulf of Mexico and Caribbean: Implications for management. *Fisheries Research (Amsterdam)* 29, 101-17.
- Bonfil, R., D. De Anda, and R. Mena. (1990). Shark Fisheries in México: the case of Yucatán as an example. *In*: Elasmobranchs as living resources: advances in the biology, ecology, systematics, and the status of fisheries (H.L. Pratt Jr., S.H. Gruber, and Taniuchi, eds.), P. 17-28. NOAA Tech. Rep. NMFS. 90.
- Branstetter, S. 1987. Age and growth estimates for black tip *Carcharhinus limbatus*, and spinner, *Carcharhinus brevipinna*, sharks from the northwestern Gulf of Mexico. *Copeia* 1987, 964-74.
- Branstetter, S. 1990. Early life-history implications of selected carcharhinoid and lamnoid sharks of the Northwest Atlantic. *In*: Elasmobranchs as living resources: advances in biology, ecology, systematics, and the status of the fisheries (H.L. Pratt Jr., S.H. Gruber, and Taniuchi, eds.), p. 17-28. NOAA Tech. Rep. NMFS 90.
- Branstetter, S. 1991. Shark life history: One reason sharks are vulnerable to overfishing. *In*: Discovering sharks. American Littoral Society. Special publication no. 14: 29-34.
- Branstetter, S. y McEachran. 1986. Age and growth of four carcharhinids sharks common to the Gulf of Mexico: a summary paper, p. 361-371. *In*: Indo

Pacific fish biology: Proceedings of the second international conference on Indo Pacific fishes (T. Uyeno, R.T. Taniuchi, and K. Matsuura, eds.), p. 361-371. Ichthyol. Soc. Japan, Tokio.

- Budker, P. 1971. The life of Sharks. Columbia University Press, New York, 222 p.
- Carlson, J.K. 1999. Occurrence of neonate and juvenile sandbar sharks, *Carcharhinus plumbeus*, in the northeastern Gulf of Mexico. *Fish. Bull.* 97: 387-391.
- Carrier, J.C. and Pratt, H.L. 1998. Habitat management and closure of a nurse shark breeding and nursery ground. *Fisheries Research* 39: 209-213.
- Castillo-Géniz, J.L. 1989. Tiburones. *Rev. Ciencias.* 14: 13-18.
- Castillo, J.L. (1990) Shark Fisheries and research in México: a review. *Chondros* 2, 1-2.
- Castillo-Géniz, J.L. 1992. Diagnóstico de la pesquería de tiburón de México. INP-Secretaría de Pesca. 76 p.
- Castillo-Géniz, J. L., Márquez-Farías, J. F., Rodríguez de la Cruz, M. C., Cortés, E. and Cid del Prado A. 1998. The Mexican artisanal shark Fishery in the Gulf of México: towards a regulated fishery. *Marine and Freshwater Research.*, 49, 611-20.
- Castro-Agurirre, J. L. 1965. Primer registro de dos elasmobranchios en aguas mexicanas. *An. Inst. Nac. Inv. Biol. Pesq., Mex.*, 1: 155-167.
- Castro-Agurirre J. L. 1978. Catálogo sistemático de los peces marinos que penetran a las aguas continentales de México, con aspectos zoogeográficos. Departamento de Pesca, Instituto Nacional de la Pesca, México. Serie Científica (19): 198 p.
- Castro, J. I. 1983. The sharks of North American Waters. Texas A. & M. University Press, College Station. 180 pp.
- Castro, J. I. 1985. The position of sharks in Marine Biological Communities An Overview. Sharks an inquiry into Biology, behavior, fisheries and use. Proceedings of the Conference. Portland, Oregon USA/ Oct. 13-15.
- Castro, J.I. 1987. The position of sharks in marine biological communities. Pp. 11-17. In: S. Cook (ed.) *Sharks, An Inquiry Into Biology, Behavior, Fisheries, and Use*, Oregon State University Extension Service, Corvallis.
- Castro, J.I. 1989. The biology of the golden hammerhead, *Sphyrna tudes*, off trinidad. *Env. Biol. Fishes* 24: 3-11.

- Castro, J.I. 1993. The shark nursery of Bulls Bay, South Carolina, with a review of the shark nurseries of the southeastern coast of the United States. *Env. Biol. Fishes* **38**: 37-48.
- Castro, J.I. 1996. Biology of the blacktip shark, *Carcharhinus limbatus*, off the southeastern United States. *Bulletin of Marine Science*. 59(3): 508-522.
- Clarke, T.A. 1971. The ecology of the scaloped hammerhead, *Sphyrna lewini*, in Hawaii. *Pac. Sci.* **25**: 133-144.
- Compagno, L.J.V. 1984. *FAO Species Catalogue, Vol 4: Sharks of the World*. *FAO Fish. Synop.* (125) 4: 655 pp.
- Contreras, F. 1985. *Las lagunas costeras mexicanas*. México: CECODES / Secretaría de Pesca, 253 p.
- De la Cruz Agüero, G. Y R. Rodríguez-Sánchez. 2000. *COSTAS DE MÉXICO: Auxiliar para geo-referir localidades costeras de la República Mexicana*. Programa versión 1.5 y manual del usuario. CICIMAR-IPN. La Paz B.C.S., México.
- Dodrill, J.W. 1977. A hook and line survey of the sharks of Melbourne Beach, Brevard County, Florida. *Masters Thesis*. Florida Institute of Technology. Melbourne. 304 pp.
- Escobar, N.A. 1986. *Geografía general del Estado de Quintana Roo*. Fondo de Fomento Editorial del Gobierno del Estado de Quintana Roo. 140 p.
- Fautch, C.C. 1986 a. Informe anual del Proyecto tiburón-cazón. Centro Regional de Investigaciones Pesqueras de Isla Mujeres, INP, (Mimeo).
- Fautch, C.C. 1986 b. Propuesta de una Reserva a la Laguna de Yalahau, Quintana Roo, México. Centro Regional de Investigaciones Pesqueras de Isla Mujeres, INP, (Mimeo).
- Gruber, S.H., D.R Nelson & J.F. Morrissey. 1988. Patterns of activity and space utilization of lemon sharks, *Negaprion brevirostris* in a shallow bahamian lagoon. *Bull. Mar. Sci.* **43**: 61-76.
- Heine, John. 1995. *Mastering Advanced Diving Technology and techniques*. Mosby Lifeline. St louis, USA. 293 pp.
- Hernández, H. 1987. Análisis de la captura y aspectos biológicos de los tiburones en el sureste de Campeche, México. Tesis Profesional. Facultad de biología Universidad Veracruzana. Jalapa, Veracruz. 59 p.

- Hoese H.D. y R.B. Moore. 1977. Fishes of the Gulf of Mexico, Texas, Louisiana and adjacent waters. Texas A. & M. University Press, 386 p.
- Holden, M.J. 1974. Problems in the rational exploitation of elasmobranch populations and some suggested solutions. *In: Sea Fisheries Research* (F.R. Harden Jones, ed.), Logos Press, London. pp. 117-137.
- Holland, K.N., C.G. Lowe, J.D. Peterson & A. Gill. 1992. Tracking coastal sharks with small boats: hammerhead shark pups as a case study. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.* **43**:61-66.
- Hueter, R. E. 1994. Bycatch and catch release mortality of small sharks in the Gulf coast nursery grounds of Tampa Bay and Charlotte Harbor. Final report. NOAA/NMFS/MARFIN Project NA17FF0378-01. 183 pp.
- Jiménez-Sabatini, T., F. Aguilar-Salazar, J. Martínez-Aguilar, R. Figueroa-Paz y C. Aguilar-Cardozo. 1991. Una visión pesquera sobre la Laguna de Yalahau en el área de Holbox, Quintana Roo, México. INP. Federación regional de sociedades cooperativas de la industria pesquera del estado de Quintana Roo. 31 p.
- Jones, R. 1979. Materials and methods used in marking experiments in fishery research. *FAO. Fish. Tech. Pap.* (190): 134 p.
- Killiam, K. A. 1987. The reproductive biology, age, and growth of the blacktip shark, *Carcharhinus limbatus*, (Valenciennes) near Tampa Bay, Florida, Masters Thesis. University of South Florida. Tampa. 109 pp.
- Krebs, C.J. 1985. *Ecología: Estudio de la distribución y la abundancia*. 2ª ed. Harla. México. 753 pp.
- Lund, R. 1990. Chondrichthyan life history styles as revealed by the 320 million years old Mississippian of Montana. *Env. Biol. Fish.* **27**: 1-19.
- Manire, C.A. and S.H. Gruber (1991). Effect of M-type dart tags on field growth of juvenile lemon sharks. *Trans. Am. Fish. Soc.* **120**: 776-780.
- Marín, O. R. 1992. Aspectos biológicos de los tiburones capturados en las costas de Tamaulipas y Veracruz, México. Tesis Profesional. Facultad de Biología Universidad Veracruzana. Jalapa Ver., México. 146 pp.
- Meek, A. 1916. The migrations of fish. Edward Arnold, London. 427 pp.
- Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-029-PESC-1999.
- Pratt, H.L., Otake, T., 1990. Recommendations for work needed to increase our knowledge of reproduction relative to fishery management. *In: Pratt, H.L., Jr., Gruber, S.H., Taniuchi, T. (Eds.), Elasmobranchs as Living Resources:*

Advances in the Biology, Ecology, Systematics and the status of the Fisheries. NOAA Tech. Rep. NMFS 90. pp. 509-510.

- Robins, Ray & Douglass. 1986. Atlantic coast Fishes. Peterson Field Guides. USA. p. 354.
- Rodríguez-De la Cruz, Ma. C., J.L. Castillo-Géniz y J.F. Márquez Farias. 1996. "Evaluación de la pesquería del Golfo de México" . Reporte final del Proyecto de Investigación Científica CONACYT. Calve 116002-1314N-9206. 300 p.
- Simpfendorfer, C.A. and Milward, N.E. 1993. Utilisation of a tropical Bay as a nursery area by sharks of the families Carcharhinidae and Sphyrnidae. *Environmental Biology of fishes* **37**, 337-45.
- Snelson Jr., F.W., T.J. Mulligan & S.E. Williams. 1984. Food habits, occurrence, and population structure of the bull shark, *Carcharhinus leucas*, in Florida coastal lagoons. *Bull. Mar. Sci.* **34**: 71-80.
- Sosa, O., T.Taniuchi.,H.Ishihara., M. Shimizu. 1998. The bull shark *Carcharhinus leucas* (Valenciennes, 1841), from the Usumacinta river, Tabasco, México, with notes on its serum composition and osmolarity. *Ciencias Marinas* **24**: 183-92.
- Springer,S. 1960. Natural history of the sandbar shark, *Eulamia milberti*. U.S. Fish. Bull. **61**: 1-38.
- Springer,S. 1967. Social Organization of shark populations. Pp.149-174.- *In*: P.W. Gilbert, R.F. Metheson & D.P. Rall (ed.) *Sharks, Skates and Rays*, John Hopkins press, Baltimore.
- Tovar-Ávila J. 1995. Biología y pesquería del tiburón puntas negras *Carcharhinus limbatus* (Valenciennes, 1839) de las aguas de Veracruz y Tamaulipas, México. Tesis profesional. Facultad de Ciencias UNAM. México. 95 p.
- Trinidad, G. 1997. Contribución al conocimiento de la Biología y Pesquería del tiburón hocico negro *Carcharhinus acronotus*, que habita las aguas de las costas centro y norte de Veracruz, México. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Veracruzana. Tuxpan Ver., México. 63 p.
- Uribe, M.J.A. 1993. Distribución, abundancia, estructura y biometría de las especies de tiburones capturados en la Sonda de Campeche , México. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias UNAM. México. 138 p.
- Van der Helst. 1979. A proliferation of small sharks in the shore based natal Sport Fisheries. *Env. Biol.. Fish.* **4**: 349-362.

- Young, J.Z. 1981. The life of vertebrates. Third edition . Clarendon Press, Oxford. 645 pp.
- Zárate, M.E. 1996. La pesquería de tiburones en la Bahía de la Ascensión, Quintana Roo, México (1993-1994), y su importancia como posible área de expulsión y crianza. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias UNAM. México, 62 p.

(I. ANEXO I.

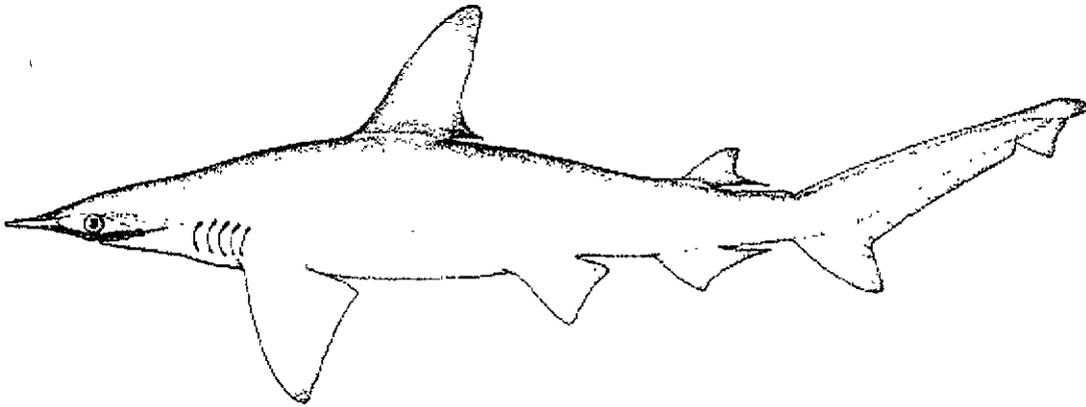
Tabla 1. Captura total de los 5 años de muestreo.

NOMBRE CIENTÍFICO	N Captura	N Medidos	Mínimo (cm)	Máximo (cm)	Promedio	Muertos
TIBURONES						
<i>Sphyrna tiburo</i>	1100	1091	46	112	61.2	162
<i>Singlymostoma cirratum</i>	1	1	88	88	88	0
<i>Vegapron brevirostris</i>	9	5	64	74	69.4	0
<i>Rhizoprionodon terraenovae</i>	1	1	80	80	80	0
<i>Sphyrna tiburo</i>	5	5	60	67	63.8	3
OTROS ELASMOBRANQUIOS						
<i>Aetobatus narinari</i>	4	4	38	46	42	0
<i>Dasyatis americana</i>	2	1	70	70	70	0
<i>Raja</i>	1	1	59	59	59	0
<i>Rhinobatos lentiginosus</i>	3	3	43.5	58	50.1	0
<i>Rhinoptera bonasus</i>	3	2	49	49	49	0
<i>Urolophus jamaicensis</i>	4	3	20	35	26.1	0
PECES ÓSEOS						
<i>Albula vulpes</i>	21	18	25	43	34.5	2
<i>Alectis crinitus</i>	1	1	18.5	18.5	18.5	0
<i>Aluterus sp.</i>	2	2	32	32	32	0
<i>Alutera scripta</i>	3	3	15	17	16	0
<i>Archosargus probatocephalus</i>	52	52	19	43	26.6	0
<i>Archosargus rhomboidalis</i>	349	233	18	36	24.4	0
<i>Arius felis</i>	14	13	28	43	34.6	0
<i>Bagre marinus</i>	484	367	14	58	39.5	31
<i>Caranx crysos</i>	1	1	35	35	35	0
<i>Caranx hippos</i>	101	101	24	73	34.8	5
<i>Caranx latus</i>	1	1	42	42	42	1
<i>Caranx sp.</i>	35	23	30	70	39.1	3
<i>Centropomus undecimalis</i>	53	49	45	74	56.8	0
<i>Chaetodipterus faber</i>	17	14	10	22	16	0
<i>Chilomycterus schoepfi</i>	8	7	9	23	15.9	0
<i>Cynoscion arenarius</i>	1	1	29	29	29	0
<i>Cynoscion nebulosus</i>	5	5	27	51	39	0
<i>Cynoscion sp.</i>	3	3	52	55	53.6	0
<i>Diodon hystrix</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Dipterus plumieri</i>	9	9	21	31	25.6	0
<i>Dorosoma petenese</i>	2	2	15	17	16	0
<i>Elops saurus</i>	13	13	24	52	35.5	1
<i>Haemulon macrostomum</i>	2	2	32	33	32.5	0
<i>Haemulon plumieri</i>	60	47	21	43	30	0
<i>Lacholaimus maximus</i>	13	10	20	40	30.7	0
<i>Lactophrys quadricornis</i>	3	3	14	18	16.3	0
<i>Lactophrys sp.</i>	2	2	16	17	16.5	0
<i>Leiostomus xanturus</i>	25	25	19	30	24.5	0
<i>Lobotes surinamensis</i>	47	46	25	51	34.4	4
<i>Lutjanus apodus</i>	1	1	42	42	42	0
<i>Lutjanus campechanus</i>	8	8	38	82	46.2	4
<i>Lutjanus griseus</i>	5	5	18	44	35.8	0

<i>Lutjanus sp.</i>	7	7	24	47	39.4	0
<i>Lutjanus synagris</i>	1	1	42	42	42	0
<i>Megalops atlanticus</i>	2	2	79	80	79.5	0
<i>Micropogon undulatus</i>	675	499	27	49	39.8	1
<i>Monacanthus hispidus</i>	1	1	30	30	30	0
<i>Oligoplites saurus</i>	3	3	19	22	20.3	0
<i>Opisthonema oglinum</i>	4	3	18	19	18.3	0
<i>Pomatomus saltatrix</i>	9	9	39	53	44.8	7
<i>Rachycentron canadus</i>	3	3	55	67	60.3	0
<i>Sciaenidae sp.</i>	18	15	38	46	1	0
<i>Scomberomorus maculatus</i>	6	6	30	56	44.5	0
<i>Selene setapinnis</i>	1	1	16	16	16	0
<i>Selene vomer</i>	6	6	13	34	18.6	0
<i>Sphyræna barracuda</i>	3	3	63	101	85.6	0
<i>Trachinotus carolinus</i>	574	482	16	47	29.1	3
<i>Trachinotus falcatus</i>	86	82	18	50	26.2	0
REPTILES						
<i>Eretmochelys imbricata</i>	6	4	30.1	43	35	0
MAMÍFEROS MARINOS						
<i>Turciops truncatus</i>	1	1	200	200	200	0

ANEXO II (Especies) Tomado de Compagno 1984.

Sphyrna tiburo (Linnaeus, 1785)



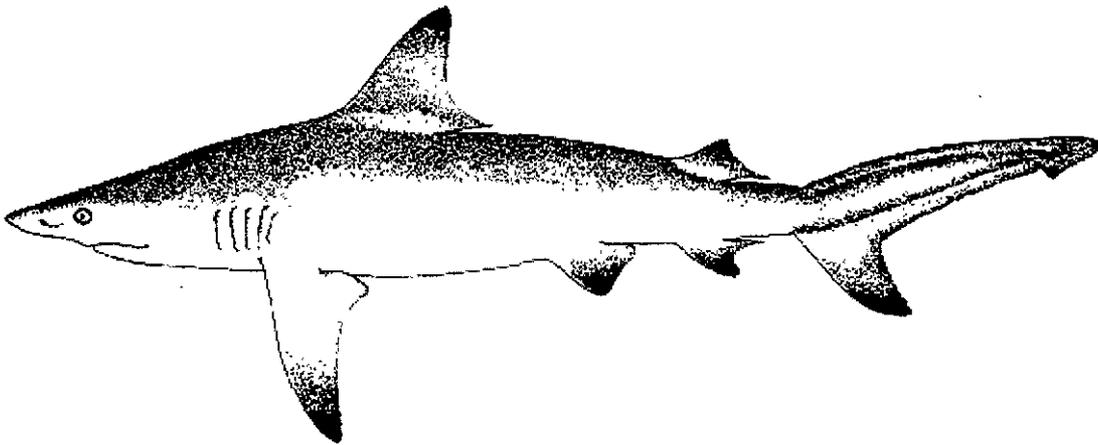
DESCRIPCIÓN. Su característica cabeza en forma de pala hace de este tiburón el más fácil de identificar. El margen anterior de la cabeza es redondeado eventualmente entre los ojos. Los dientes frontales tienen cúspides erectas de bordes lisos, mientras que los dientes posteriores tienen cúspides oblicuas; los dientes más externos de la mandíbula inferior están modificados en trituradores planos. Su color va de gris a gris verdoso con la parte inferior más pálida. El tamaño promedio es 70-100cm.

RANGO. Está confinado a las aguas tibias del Hemisferio Oeste. Se encuentra desde Nueva Inglaterra, donde es raro, hacia el Golfo de México y Brasil, y desde el sur de California a Ecuador. Es común en aguas costeras del Golfo de México en Primavera, Verano y Otoño.

HABITAT Y BIOLOGÍA. Habita aguas costeras someras, donde frecuenta fondos arenosos y lodosos. Se alimenta de camarones, cangrejos, moluscos, y pequeños peces. Se cree que migra hacia el sur en Invierno o hacia aguas más profundas en el Golfo de México y Florida, pero se conoce poco acerca de sus movimientos. Comúnmente viaja en cardúmenes de cinco a quince individuos. Los juveniles son comunes en aguas estuarinas.

REPRODUCCIÓN. Su desarrollo es vivíparo. La madurez se alcanza a una talla aproximada de 75cm. las crías nacen a finales del Verano y a principios de Otoño y miden de 30-32 cm al nacer. Nacen de ocho a doce crías por camada.

Carcharhinus limbatus (Valenciennes, 1839)



DESCRIPCIÓN. Tiburón grande no muy robusto, con un morro largo y punteado, ojos pequeños, con dientes tanto superiores como inferiores cercanamente simétricos y similares, presentan cúspides rectas, estrechas y cerradas, sin pliegue interdorsal, aletas pectorales moderadamente largas, una primer aleta dorsal grande con un pliegue corto, y una segunda aleta dorsal moderadamente grande con un pliegue corto, y comúnmente presenta puntas negras en la mayoría de las aletas en juveniles y adultos.

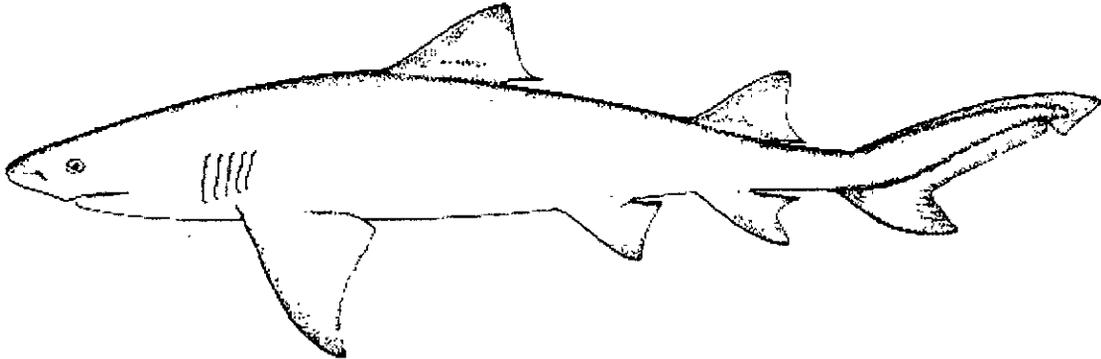
RANGO. Distribuido en todas las aguas continentales tropicales y subtropicales. En América Atlántico del este: de Massachusetts al sur de Brasil, incluyendo el Golfo de México y Caribe. En el Pacífico este: Del sur de Baja California (excepto San Diego, California) a Perú y la Isla Galápagos.

HABITAT Y BIOLOGÍA. Tiburón pelágico cercano o lejano a la orilla, común en aguas tropicales y templadas. Comúnmente se le encuentra cerca de la costa, fuera de bocas de río y estuarios, en bahías someras lodosas, en las partes mas salinas de los pantanos del manglar, en lagunas de islas, arrecifes escarpados así como lejos de la costa; raramente se le encuentra a mas de 30 m.

Principalmente se alimenta de peces, con algunos cefalópodos y crustáceos. Su alimento incluye una gran variedad de peces óseos como sardinas, anchovetas, *Elops sp*, bagres, lenguados, sábalo, sierra, jurel, róbalo, mojarras, ronco, tilapia, pez puercoespín, pequeños tiburones y crías de tiburones grandes, rayas, peces guitarra, calamar, pulpo, cangrejo y langosta.

REPRODUCCIÓN. Vivíparo, placenta con saco vitelino; número de crías por camada de 1 a 10, comúnmente de 4 a 7. El período de gestación dura de 10 a 12 meses, en el Atlántico norte, las crías nacen de Abril a Junio, la cópula y el crecimiento de los embriones ocurre poco después. Las hembras grávidas se mueven hacia la costa para parir a sus hijos en áreas de crianza. La madurez en aguas Sudafricanas ocurre a la edad de cuatro años a una longitud de 180 cm, se cree que las hembras producen crías solo en años alternados.

Negaprion brevirostris (Poey, 1868)



DESCRIPCIÓN. Tiburón grande, robusto, con morro corto, color amarillo-café pálido, con la segunda aleta dorsal casi tan larga como la primera, y dientes estrechos con cúspides suaves en ambas mandíbulas.

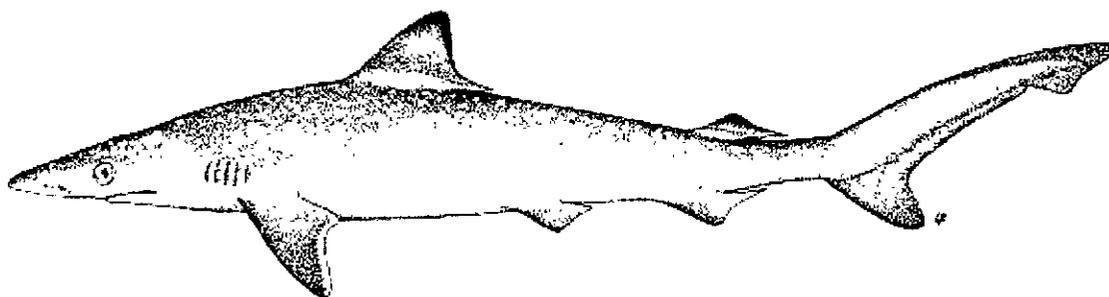
RANGO. En el Atlántico norte de Nueva Jersey a el sur de Brasil, incluyendo el Golfo de México, Bahamas y el Caribe. Al este del Atlántico Norte, en Senegal y costa de Ivory. En el Pacífico este al sur de Baja California y del Golfo de California a Ecuador.

HABITAT Y BIOLOGÍA. Tiburón abundante en ambientes de aguas costeras, en plataforma continental e insular, se le encuentra desde la superficie hasta los 92m; ocasionalmente se aventura mar adentro cerca de la superficie, aparentemente con fines de migración. Se presenta alrededor de corales, manglares, sobre fondos arenosos o lodosos, ensenadas saladas, en bahías y bocas de río.

Estudios en fisiología reproductiva en este tiburón sugieren que están adaptados a estar activos en sitios con un nivel de oxígeno muy bajo, tales como aguas alrededor de manglares las cuales tienen alta temperatura y contenido orgánico. Se alimenta principalmente de peces, aunque también de moluscos y crustáceos.

REPRODUCCIÓN. Tiburón vivíparo, con una placenta de saco vitelino; número de crías de 4-17 por camada. Al oeste del Atlántico Norte el apareo y el nacimiento ocurren en primavera y verano (Mayo a Septiembre), presentándose un pico en primavera. El período de gestación dura de 10-12 meses. Las hembras gestantes entran en áreas de crianza someras y paren a sus crías, las cuales permanecen ahí por mucho tiempo. Alcanza la madurez alrededor de los seis años y medio.

Rhizoprionodon terraenovae (Richardson, 1836)



DESCRIPCIÓN. Tiburón con dientes serrados en adultos, y no diferenciados entre machos y hembras; el origen de la primera dorsal ligeramente frente a la punta de las aletas pectorales, el origen de la segunda a la altura de la base media de la aleta anal, el margen anterior pectoral comúnmente mas largo que la longitud de la dorsal desde su origen hasta la punta.

RANGO. En el Atlántico Oeste: desde New Brunswick a Florida, en el Golfo de México.

HABITAT Y BIOLOGÍA. Es un tiburón pequeño costero abundante en la plataforma continental en aguas templadas; encontrándose desde la zona intermareal hasta probablemente 280m de profundidad, pero comúnmente en aguas menores a 10 m de profundidad. Se le encuentra comúnmente en la zona de rompientes en playas arenosas, también en bahías, ensenadas y estuarios de marinos a salobres. Tolerancia salinidades bajas en estuarios y bocas de río pero no penetra en aguas dulces.

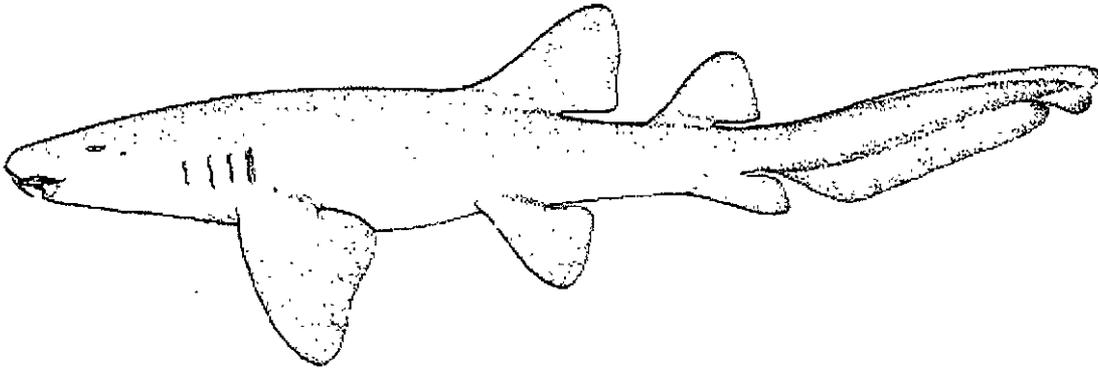
En el norte del Golfo de México muestra una migración regular estacional hacia mar adentro, dirigiéndose a aguas más profundas cuando comienza el invierno en Octubre o Noviembre, volviendo en primavera, Abril o Mayo.

Se alimenta de pequeños peces óseos, incluyendo sábalo, clupeidos, anguila, labro, ronco, mojarra, pez sapo, camarón, langosta, anélidos y moluscos.

REPRODUCCIÓN. Vivíparo, con una placenta de saco vitelino; número de crías de 1-7 por camada, comúnmente de 4-6 por camada, con hembras grandes portando mas crías; el radio sexual de los fetos en término es de 1:1.

En el Golfo de México la cópula ocurre a finales de primavera a verano, de mediados de Mayo a mediados de Julio, y nacen en Mayo o Junio después de un período de gestación de 10-11 meses. Las hembras grávidas se mueven hacia aguas costeras para depositar a sus crías.

Gynglimostoma cirratum (Bonnaterre, 1788)



DESCRIPCIÓN. Barbillas nasales moderadamente largas, alcanzando la boca; la corona de los dientes es amplia, las cúspides pequeñas y cortas, y las cúspides numerosas y largas. El origen de la primer dorsal a la altura de el origen de las pélvicas; la primer dorsal mas grande que la segunda y que las aletas anales; la aleta caudal es moderadamente larga, cerca de 1/4 del largo total.

RANGO. Atlántico norte: desde Rhode Island al sur de Brasil, incluyendo al Golfo de México, Bermuda, Bahamas, Cuba, Jamaica y Caribe. Tiburón grande común de fondo en zonas costeras en plataforma continental e insular en aguas tropicales y subtropicales, se le encuentra comúnmente en aguas de 1 m o menos en la zona intermareal, pero puede encontrarse hasta 12 m de profundidad. Se presenta en arrecifes rocosas, en canales entre manglares y en planicies arenosas. Es un tiburón nocturno que es de hábitos perezosos durante el día, pero durante la noche es muy activo; des

HABITAT Y BIOLOGÍA. Se le encuentra en el Atlántico Oeste desde Rhode Island al sur de Brasil., incluyendo Golfo de México, Bermuda, Bahamas, Cuba, Jamaica y el Caribe. Es un tiburón grande, costero, común en el fondo cercano a la costa de plataformas insulares y continentales en aguas tropicales y subtropicales, se le encuentra comúnmente en aguas con profundidad de un metro o menos en la zona intermareal, pero puede bajar hasta 12 m. El tiburón gata se encuentra en arrecifes rocosos, manglares y planicies arenosas. Es un tiburón nocturno, *perezoso durante el día pero activo y fuerte nadador de noche; se alimenta frecuentemente de invertebrados de fondo como langostas, camarones, cangrejos, estrellas de mar, calamares, pulpos, caracoles marinos y bivalvos; también de peces como bagres y rayas.*

REPRODUCCIÓN. Es ovovivíparo, con desarrollo intrauterino, los embriones se sustentan primariamente con el gran suministro de vitelo en su saco vitelino. Los juveniles son comunes a finales de primavera y verano en aguas de Florida cuando las hembras dan a luz. El número de huevos intrauterinos o de crías es de 21 a 28 por camada.