



UNIVERSIDAD VERACRUZANA
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

“Evaluación de riesgo ecológico de *Carcharhinus limbatus* (Valenciennes, 1839) en la zona costera de Tamiahua, Veracruz, México”

TESIS DE MAESTRÍA

PRESENTA:

Biol. Karla Cirila Garcés García

DIRECTOR

Dr. Eduardo Alfredo Zarza Meza

DIRECTOR EXTERNO

Dr. Javier Tovar Ávila



Universidad Veracruzana

TUXPAN, VER

2012

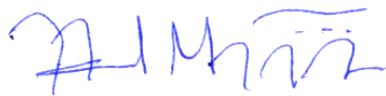
La presente Tesis titulada: “**Evaluación de riesgo ecológico por efectos de la pesca del tiburón *Carcharhinus limbatus* (Valenciennes, 1839) en la zona costera de Tamiahua, Veracruz, México**”, realizada por la C. Biol. Karla Cirila Garcés García, ha sido revisada y aprobada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN MANEJO DE ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS

COMISIÓN LECTORA:



DR. CARLOS GONZÁLEZ GÁNDARA



**DR. JUAN FERNANDO MÁRQUEZ FARÍAS
LECTOR**



**MTRA. LILIANA CUERVO LÓPEZ
LECTOR**

Tuxpan de Rodríguez Cano, Ver; Octubre 2012

AGRADECIMIENTOS

Mi más grato reconocimiento al Dr. Javier Tovar Ávila, por su enorme paciencia, su amplio conocimiento y asesoría en el tema.

Al Dr. Eduardo Antonio Zarza Meza por su noble apoyo, sus observaciones y su gran disponibilidad.

A los miembros del comité revisor

Dr. Fernando Márquez Farías por sus múltiples y certeras observaciones

Dr. Carlos González Gándara por el tiempo que destinó a la revisión de este trabajo

Mtra. Liliana Cuervo López por su orientación y sugerencias que ayudaron a la mejora de este documento.

Al Laboratorio de Edad y Crecimiento de la Cd de Mazatlán, Sinaloa por darme la oportunidad de procesar las muestras, en especial a la Dra. Yanira Green.

Al Centro Regional de Pesquerías de Bahía de Banderas, por permitirme estar en sus instalaciones durante la culminación de este trabajo de investigación.

Al Laboratorio de Geomática Tropical a cargo del Mtro. José Luis Alanís Méndez y la Mtra. Blanca Esther Raya Cruz por el enorme apoyo en la elaboración del mapa de estudio y zonas de captura.

Al posgrado “Manejo de Ecosistemas Marinos y Costeros” y a su coordinador el Dr. Arturo Serrano Solís, por proporcionar su apoyo y tiempo.

A todos los maestros que contribuyeron a mi formación profesional.

A mi compañera y amiga la Mtra. Rosa Estela Orduña Medrano.

A mi compañero y amigo, también próximamente maestro Mauricio Hernández Sánchez.

Agradezco muy atentamente a CONACyT por la beca y facilidades otorgadas para la realización de este postgrado.

DEDICATORIA

**Este trabajo de investigación está dedicado a mis padres y hermano,
en especial a mi madre, por su enorme amor.**

**A los pescadores de Tamiahua, por siempre brindarme su tiempo e información
a pesar de sus múltiples ocupaciones, en específico al Señor Rogelio "Coleño"
permisionario de la pescadería Barra de Corazones, Tamiahua. Ver por haber
contribuido para que este estudio fuese posible.**

**y a ti Ascención por siempre estar al pendiente de mi desarrollo profesional y
humano.**

RESUMEN

El tiburón puntas negras, *Carcharhinus limbatus*, es una de las especies más capturadas por la pesquería artesanal de tiburón del Golfo de México. En el presente estudio se obtuvieron las zonas más frecuentes de captura de *C. limbatus*, coincidiendo con tres importantes arrecifes: Blanquilla, Medio y Lobos. La captura por unidad de esfuerzo de la especie con dos unidades de esfuerzo (número de embarcaciones y horas efectivas de operación) presentó dos tendencias; la primera abarca los meses de enero–septiembre, en los cuáles las capturas fueron mínimas y octubre–diciembre, donde se observaron incrementos en los volúmenes, siendo diciembre el mes con más sobresaliente. Las relaciones obtenidas entre la talla y el Dv ($L_t = 0.111D_v - 0.496$ ($r^2 = 0.88$, $p < 0.003$) en hembras y $L_t = 0.122D_v - 0.959$ ($r^2 = 0.95$, $p < 0.001$) en machos, indicaron que el crecimiento entre ambas variables es proporcional, por lo que sus vértebras son útiles para estimar la edad de *C. limbatus*. Las edades mínimas y máximas estimadas para la especie fueron 0–2 años en hembras y 0–14 años en machos. Se estimaron los parámetros de crecimiento para hembras ($L_\infty = 165.82$, $k = 0.29$ y $L_0 = 59$) y machos ($L_\infty = 156.53$, $k = 0.37$ y $L_0 = 59$), el modelo que mejor se ajustó fue el von Bertalanffy de dos parámetros. Se estimaron los efectos de la pesca artesanal en la especie, a través de una evaluación rápida de riesgo ecológico (ERAEF), utilizando la mejor información disponible de historia de vida e información de la pesquería. El segundo nivel de evaluación del ERAEF (análisis semicuantitativo de

productividad y susceptibilidad) mostró que *C. limbatus* presenta baja productividad biológica (0.25) en promedio y baja susceptibilidad de captura (0.27) a la pesquería artesanal en la región, por lo tanto bajo riesgo ecológico. Sin embargo, el tercer nivel de evaluación (análisis cuantitativo mediante un modelo demográfico) indicó que, aunque la especie puede incrementar su tasa intrínseca poblacional en ausencia de mortalidad por pesca (λ de 1.28), los organismos juveniles tienen el mayor impacto en los parámetros demográficos y el crecimiento de la población, siendo el componente más capturado por la pesquería en la región, por lo que sería importante su protección. Los distintos niveles de evaluación del ERAEF proveen información complementaria para el desarrollo de medidas de manejo que conduzcan al uso sostenible del recurso.

INDICE GENERAL

I.- INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	5
2.1 Taxonomía de la especie.....	5
2.2 Descripción de la especie.....	5
2.3 Biología de la especie	7
2.4 Distribución geográfica	7
2.5 Estudios relacionados con aspectos pesqueros de <i>Carcharhinus limbatus</i>	8
2.6 Estudios de edad y crecimiento.....	9
2.6.1 Estudios de Riesgo Ecológico	11
HIPÓTESIS.....	13
IV. OBJETIVOS	13
4.1 Objetivo general	13
4.2 Objetivos particulares	13
V.- ÁREA DE ESTUDIO	15
5.1 Descripción de la zona costera de Tamiahua, Veracruz	15
VI. MATERIALES Y MÉTODOS	18
6.1 Trabajo de campo.....	18
6.1.1 Ubicación de las zonas de pesca de <i>Carcharhinus limbatus</i>	18
6.1.2. Obtención de la información de captura y esfuerzo.....	18
6.1.3 Muestreo biológico	19
6.1.4 Colecta de vértebras.....	20
6.2 Trabajo de laboratorio.....	21
6.2.1 Corte de las vértebras	21
6.2.2 Preparación de las vértebras para lectura	22
6.3 Trabajo de gabinete.....	23
6.3.1 Determinación de las áreas de captura	23
6.3.2 Estimación de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE).....	23
6.3.3 Lectura de marcas de crecimiento.....	24
6.3.4 Obtención de la relación diámetro vertebral-talla del organismo	25

6.3.5 Reproducibilidad de las lecturas.....	25
6.3.6 Determinación de la edad.....	26
6.3.7 Estimación de los parámetros de crecimiento	27
6.3.8 Estimación de la productividad biológica	28
6.3.9 Estimación de la susceptibilidad de captura	30
6.3.10 Análisis demográfico.....	32
VII. RESULTADOS	34
7.1 Muestreo y obtención de datos.....	34
7.2 Determinación de las zonas de captura de la especie	35
7.3 Estimación de la captura por unidad de esfuerzo de la especie.....	36
7.4 Relación talla- diámetro de la vértebra	37
7.5 Estimación de la edad	38
7.5.1 Identificación de las marcas de nacimiento y precisión de las lecturas	38
7.5.2 Determinación de la edad y crecimiento.....	43
7.6 Cálculo de la productividad biológica	46
7.7 Cálculo de la susceptibilidad de <i>C.limbatus</i>	46
7.8 Análisis de riesgo ecológico	47
7.9 Análisis demográfico	48
VIII. DISCUSIÓN.....	50
IX. CONCLUSIONES	60
X. APLICACIÓN DEL TRABAJO	62
XI. BIBLIOGRAFÍA	64

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Edades máximas (Emax) y de madurez (Emad) estimadas para <i>Carcharhinus limbatus</i> en diversas regiones. NE= noreste, NO= noroeste, SO= suroeste. * Edad media de madurez, los valores mostrados indican años.....	10
Cuadro 2. Parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy estimados para <i>Carcharhinus limbatus</i> diversas regiones. GM= Golfo de México.	10
Cuadro 3. Investigaciones en elasmobranchios aplicando el método de riesgo ecológico.	11
Cuadro 4. Criterios utilizados para estimar el estado de madurez (EM) en las hembras. I= inmaduro, M= Maduro, GO= Glándulas oviducal, o. ep= órgano epigonal (Tovar-Ávila <i>et al.</i> , 2008. Modificado de Walker, 2005).	20
Cuadro 5. Criterios utilizados para estimar el estado de madurez (EM) en los machos. I= inmaduro, M= Maduro (Tovar-Ávila <i>et al.</i> , 2008. Modificado de Walker, 2005).....	20
Cuadro 6. Descripción de las categorías de riesgo para la susceptibilidad de captura. E= Elementos, D= Disponibilidad, PE= Posibilidad de encuentro, S= Selectividad, MP= Mortalidad postcaptura y SC= Susceptibilidad de captura.	31
Cuadro 7. Valores para cada parámetro demográfico utilizados en el análisis.....	33
Cuadro 8. Valores del error promedio porcentual (APE) intralector de las lecturas de bandas de crecimiento de <i>Carcharhinus limbatus</i>	39
Cuadro 9. Valores del error promedio porcentual (APE) interlectores de las lecturas de bandas de crecimiento de <i>Carcharhinus limbatus</i>	39
Cuadro 10. Parámetros de crecimiento de <i>C. limbatus</i> con distintos modelos. L _∞ = longitud asintótica (cm), k= tasa de crecimiento, t ₀ = edad teórica a la longitud cero (años), AIC= Información del Criterio de Akaike.	44
Cuadro 11. Productividad biológica (PB) de <i>C. limbatus</i> . (PB ₁) y PB ₂ . M= media y B= baja.	46
Cuadro 12. Parámetros demográficos para <i>Carcharhinus limbatus</i> en la zona norte de Veracruz.	49
Cuadro 13. Valores de elasticidad para cada grupo de edad, la suma de los tres es igual a la unidad. Cada valor contribuye de manera proporcional a los efectos de lambda sobre los cambios demográficos en <i>Carcharhinus limbatus</i>	49
Cuadro 14. Comparación de parámetros de crecimiento obtenidos por trabajos anteriores y el presente estudio.....	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Descripción de <i>Carcharhinus limbatus</i> (imagen tomada de Fish base, 2011)	6
Figura 2. Área de estudio (zona costera de Tamiahua).....	17
Figura 3. Muestras montadas y cortes colocados en portaobjetos	21
Figura 4. Cortadora Isomet y cuchillas de borde diamantado.	22
Figura 5. Equipo de video digital (a y b) y fotografía de un corte vertebral (c).....	23
Figura 6. Corte vertebral de <i>C. limbatus</i>	24
Figura 7. Tallas promedio registradas de los organismos por cada estadio. Los organismos más abundantes en los muestreos se ubicaron en el estadio adulto (machos) destacando la poca presencia de hembras.....	34
Figura 8. Zonas de captura de <i>C. limbatus</i>	35
Figura 9. Captura por Unidad de Esfuerzo estimada durante los meses de muestreo, utilizando dos unidades de esfuerzo: a) número de embarcaciones y b) y número de horas efectivas de pesca. 36	
Figura 10. La relación entre la talla del organismo y el diámetro vertebral en las hembras es de tipo lineal con una $r^2 = 0.88$	37
Figura 11. El valor de r^2 en los machos fue de 0.95 indicando mejor proporción en el crecimiento de la talla y el diámetro vertebral.	38
Figura 12. Gráfica de sesgo entre la primera y segunda lecturas intralector de bandas de crecimiento en vértebras de <i>C. limbatus</i> (los puntos más cercanos a la pendiente indican la existencia de un bajo error sistemático en las lecturas).	40
Figura 13. Gráfica de sesgo entre la segunda y tercera lecturas intralector de bandas de crecimiento en vértebras de <i>C. limbatus</i> (los puntos más alejados a la pendiente indican la existencia de un alto error sistemático en las lecturas).	40
Figura 14. Gráfica de sesgo entre la primera y tercera lecturas intralector de bandas de crecimiento en vértebras de <i>C. limbatus</i>	41
Figura 15. Gráfica de sesgo entre las lecturas interlector (Lector 1 y Lector 2) de bandas de crecimiento en vértebras de <i>C. limbatus</i>	41
Figura 16. Gráfica de sesgo entre las lecturas interlector (Lector 1 y Lector 3) de bandas de crecimiento en vértebras de <i>C. limbatus</i>	42
Figura 17. Gráfica de sesgo entre las lecturas interlector (Lector 2 y Lector 3) de bandas de crecimiento en vértebras de <i>C. limbatus</i>	42
Figura 18. Relación entre la edad (años) y la longitud total (cm) para <i>Carcharhinus limbatus</i> en Tamiahua.	43
Figura 19. Curvas de crecimiento para hembras y machos de <i>Carcharhinus limbatus</i> aplicando los tres modelos de crecimiento.	45
Figura 20. Riesgo ecológico por efecto de la pesca para <i>Carcharhinus limbatus</i> capturado por la flota artesanal de Tamiahua, Ver. La <i>PR</i> indica la ubicación del riesgo ecológico de la especie con base en sus parámetros reproductivos y <i>M</i> indica el riesgo ecológico resultante con base en la mortalidad.....	48

I.- INTRODUCCIÓN

Los tiburones y rayas son peces cartilagosos que pertenecen a la clase Chondrichthyes, la cuál se subdivide en dos subclases: Elasmobranchii (que incluye a tiburones y rayas) y Holocephalii (quimeras). En México, la pesca dirigida a elasmobranquios se lleva a cabo en diversos tipos de ambientes, utilizando embarcaciones menores, de mediana altura y de altura, utilizando esencialmente redes de enmalle y palangres (CONAPESCA-IPN, 2004).

Las pesquerías de estos grupos presentan una serie de problemáticas tales como: alta incidencia en la captura de organismos de todos los estadios de desarrollo (neonatos, juveniles y hembras preñadas), escasa información del esfuerzo ejercido, empleo de sistemas de captura con valores de selectividad variables y métodos de captura heterogéneos (CONAPESCA-IPN, 2004). Los tiburones constituyen además uno de los recursos pesqueros más vulnerables debido a sus estrategias de historia de vida, que los hacen especialmente susceptibles a una sobre-explotación, impidiendo una recuperación rápida de sus poblaciones (Musick, 2005). No obstante existe la posibilidad de lograr pesquerías sustentables si se adoptan las medidas de manejo adecuadas (Walker, 1998; Musick, 2005).

De acuerdo con los registros de la SAGARPA (2011), la captura de tiburón durante ese año fue de: 17,799 t de las cuales 1,893 t correspondieron al Golfo de México y 259 t a Veracruz, ubicando al estado en el quinto lugar a nivel nacional.

La disminución de los volúmenes de captura de tiburón en los últimos años en el país (CONAPESCA-IPN, 2004), entre ellos los de la especie *Carcharhinus limbatus*, así como los cambios aparentes en la composición de tallas de las especies capturadas (Smith *et al.*, 2009), posiblemente sean atribuidas a la intensa explotación pesquera. Sin embargo, esto aún se desconoce, no existiendo a la fecha estudios que lo demuestren.

En el Golfo de México se capturan más de tres especies de tiburones entre las cuales destaca el tiburón puntas negras (*C. limbatus*) que ocupó el tercer lugar considerando el número de organismos capturados durante 1993-1994 (Tovar-Ávila, 1995; Castillo-Géniz *et al.*, 1998). En los estados de Veracruz y Tamaulipas a la fecha esta especie ocupa el segundo lugar en los volúmenes de captura (SAGARPA, 2011).

Debido a la carencia de información de abundancia y esfuerzo sobre las pesquerías de tiburones que permitan la evaluación cuantitativa mediante métodos tradicionales pesqueros, actualmente se usan métodos alternativos para evaluar de una manera rápida los efectos de la pesca sobre las poblaciones. Estos métodos rápidos se basan en el uso de la mejor información disponible que permita identificar a las poblaciones y ecosistemas en riesgo, generando con ello elementos que ayuden a establecer de manera provisional o definitiva una gestión de protección al recurso (Stobutzki *et al.*, 2002; Walker, 2005).

La Evaluación de Riesgo Ecológico por los Efectos de la Pesca (ERAEF por sus siglas en inglés) es un método relativamente reciente desarrollado en Australia para identificar de manera rápida las especies que pueden ser susceptibles de riesgo por efectos de la pesca. El método funciona con una variedad de datos y con la información disponible (Stobutzki *et al.*, 2002; Walker, 2005). EL ERAEF se compone de tres niveles jerárquicos de evaluación, que van de un análisis cualitativo de riesgo en el nivel uno, a un análisis completamente cuantitativo en el nivel tres, pasando por un análisis intermedio semi-cuantitativo (Walker, 2005; Braccini *et al.*, 2006; Hobday *et al.*, 2011). El método se ha implementado en pesquerías de tiburones de diversas partes del mundo (Walker, 2005; Braccini *et al.*, 2006., Cortés *et al.*, 2010) y se ha propuesto su conveniencia para evaluar algunas pesquerías mexicanas (Tovar-Ávila, 2010).

El nivel uno de evaluación del ERAEF, analiza de manera cualitativa el riesgo de una población, comunidad o especie, a los efectos antropogénicos, entre ellos las actividades pesqueras. Se basa en la información sobre las características biológicas de las especies, así como las características de las pesquerías y su probable impacto en éstas (Hobday *et al.*, 2011).

El nivel dos de evaluación, llamado Análisis de Productividad y Susceptibilidad (APS), se aplica a las poblaciones o comunidades que fueron detectadas en riesgo en el nivel uno. El APS utiliza información biológica de las especies (mortalidad, fecundidad, crecimiento, edad, etc.) y el conocimiento sobre la pesquerías para determinar el riesgo de las poblaciones mediante la estimación de

dos componentes principales: 1) Capacidad para recuperarse después de disminuir (productividad biológica) y 2) Susceptibilidad de las especies a ser capturada (Stobutzki *et al.*, 2001; Walker, 2005; Braccini *et al.*, 2006; Tovar-Ávila *et al.*, 2010; Hobday *et al.*, 2011). Para este método es por lo tanto sumamente importante contar con la mejor información disponible de historias de vida de las especies, —particularmente información de edad y crecimiento— ya que a partir de estos parámetros puede estimarse la mortalidad natural de la especie y su productividad biológica.

Finalmente, el nivel tres de evaluación incluye el análisis completamente cuantitativo de las poblaciones identificadas en riesgo en el nivel dos del ERAEF. El análisis cuantitativo puede incluir la aplicación de modelos estructurados por edades, como los modelos demográficos. Estos modelos determinan el estado de una población y la manera en que responde a incrementos en la mortalidad por pesca, por lo que son útiles para la toma de decisiones de manejo y protección de un recurso sometido a explotación comercial (Simpfendorfer, 2005).

En el presente estudio se realizó una evaluación de riesgo para *Carcharhinus limbatus* a los efectos de la pesca artesanal en la zona norte de Veracruz, incluyendo el nivel dos y tres de evaluación del ERAEF. Este trabajo pretende además complementar la información de historia de vida disponible para la especie, siendo un antecedente para su aplicación a otras especies de tiburones de interés comercial que puedan ser afectados por las actividades de pesca.

II. ANTECEDENTES

2.1 Taxonomía de la especie

En el año de 1839 Valenciennes describió a *Carcharias (prionodon) limbatus*, en 1941 Müller y Henle realizan una revisión de la sinonimia que existía para la especie y la denominan *Carcharhinus limbatus*. Posteriormente, se realizó una síntesis de la sistemática de los elasmobranquios del centro y sur del Golfo de México con el fin de complementar la información que se tenía de la especie (Applegate *et al.*, 1979). La familia Charcharhinidae y el género *Carcharhinus*, incluyendo *C. limbatus*, han sido revisados en diversas ocasiones (Garrick, 1982; Compagno, 1984; Compagno *et al.*, 2005).

2.2 Descripción de la especie

C. limbatus es un tiburón de talla mediana, presenta un hocico moderadamente agudo y largo, nostrilos oblicuos; distancia internarinal 1.3 a 1.7 % de la longitud preoral; dientes con una sola cúspide, serrados, triangulares tanto en mandíbula superior como inferior; ojos circulares y moderadamente grandes. La primera aleta dorsal es grande, con terminación en punta y coincide ligeramente con las pectorales, la segunda aleta dorsal es igual o ligeramente menor en la base que la aleta anal, el tamaño de la aleta caudal es menos de un tercio de la longitud total, con un lóbulo superior casi el doble de tamaño que el inferior. No presenta pliegue

dorsal. Las aletas presentan coloración gris oscuro o azul negruzco en las puntas, excepto la aleta anal en los tiburones del Golfo de México y mar Caribe. Su coloración es gris con una variación de tonalidades, presentando una línea blanca en la parte media del cuerpo (Garrick 1982; Applegate *et al.*, 1979; McEachran y Fechelm 1998) (Fig. 1).

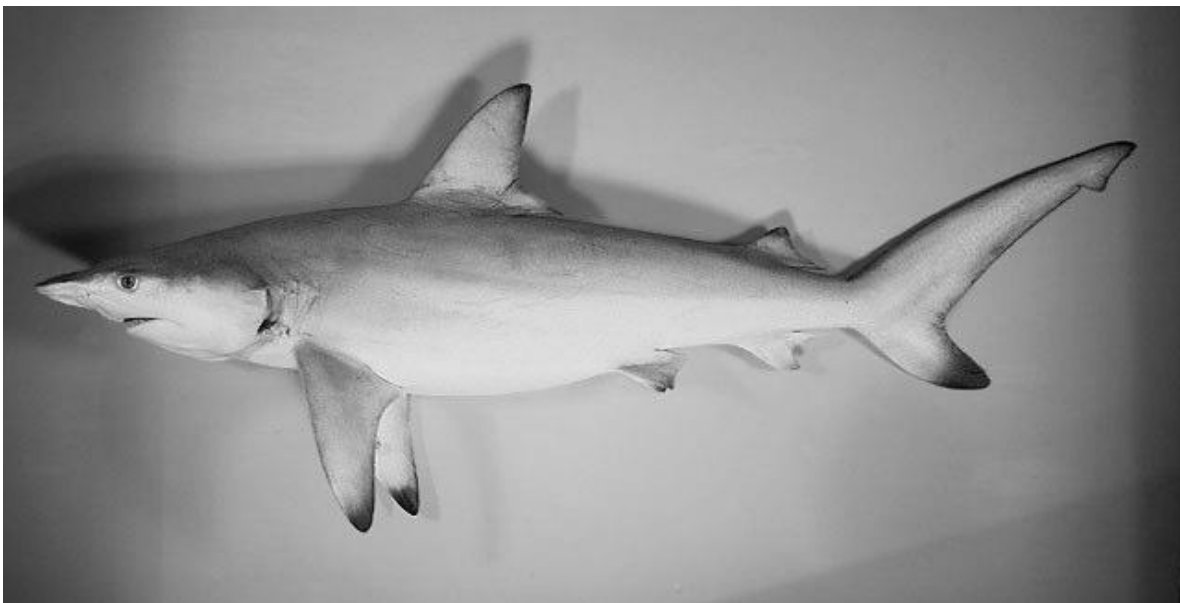


Figura 1. Descripción de *Carcharhinus limbatus* (modificada de Fish base, 2011)

2.3 Biología de la especie

La especie presenta las características biológicas típicas de los elasmobranquios: tasas de crecimiento lento, alta longevidad y baja fecundidad (Clark y von Schmidt, 1965; Killam y Parsons, 1989; Tovar-Ávila, 2000). El período de gestación varía entre 11 y 12 meses, la talla máxima al nacer es de 53 a 62 cm de longitud total (Lt), la talla máxima de 178 a 244.1 cm y la talla mínima de madurez en hembras es de 155 cm de Lt, la fecundidad reportada para la especie va de 1 a 10 crías por hembra en cada ciclo reproductivo (Clark y von Schmidt, 1965; Branstetter, 1987; Killam y Parsons, 1989; Carson *et al.*, 2006). En particular para el litoral mexicano del Golfo de México los valores reportados para la especie son: el período de gestación de 11 meses, la talla máxima al nacer de 60 cm de longitud total (Lt), la talla máxima de 178 cm de Lt y la talla mínima de madurez en hembras de 155 cm de Lt, la fecundidad reportada para la especie es de 1 a 7 crías por hembra en cada ciclo reproductivo (Tovar-Ávila, 1995; Castillo-Géniz *et al.*, 1998).

2.4 Distribución geográfica

La especie es cosmopolita, su distribución en la parte oeste del Atlántico se encuentra desde Canadá hasta Brasil, en el este Atlántico de Senegal a República del Congo; en el Indopacífico se encuentra presente desde Sudáfrica hasta Australia mientras que en el este del Pacífico se encuentra desde Baja California hasta Perú (Fish Base, 2011).

En el Golfo de México se distribuye desde Florida hasta Yucatán, los trabajos que han aportado conocimiento sobre la distribución de la especie son los de Baughman y Springer, (1950); Clarck y von Schimdt, (1965); Garrick, (1982); Castro, (1983); Compagno, (1984); Montiel, (1988); Marin-Osorno, (1992); Tovar-Ávila, (1995 y 2000).

Existen diversos trabajos que han contribuido de manera significativa a determinar el recorrido migratorio que realiza la especie (Casey *et al.* 1991), así como posibles zonas de apareamiento y alumbramiento (Hueter *et al.*, 2007).

2.5 Estudios relacionados con aspectos pesqueros de *Carcharhinus limbatus*

Existen diversos trabajos en los que se establece la presencia de *C. limbatus* en los litorales mexicanos del Pacífico y el Golfo de México y su importancia en las pesquerías. Entre estos estudios destacan los de Bigelow y Schroeder (1948), Baughman y Springer (1950), Castro-Aguirre (1967), Applegate *et al.*, (1979); Marin-Osorno (1992), Tovar-Ávila (1995), Castillo-Géniz *et al.*, (1998).

Sobre la historia de vida de la especie y su dinámica poblacional destacan los trabajos de Clark y von Schmidt (1965); Killam y Parsons (1989), Branstetter (1987), Tovar-Ávila (1995), Castillo-Géniz *et al.*, (1998), Carlson *et al.*, (2006), Hueter *et al.*, (2007), Tovar-Ávila *et al.*, (2009).

Carcharhinus limbatus forma parte de las cuatro especies más abundantes en el oeste de Florida (Clark y von Schmidt, 1965), y se considera una de las especies con mayor presencia en la región del norte del Golfo de México (Branstetter, 1981). En cuanto a la información pesquera obtenida para la especie en el litoral mexicano se registran los siguientes Applegate *et al.*, (1979), Montiel (1988), Marín-Osorno (1992), Tovar-Ávila (1995), Castillo-Géniz *et al.*, (1998).

2.6 Estudios de edad y crecimiento

Diversos estudios sobre edad y crecimiento de *C. limbatus* se han llevado a cabo en distintas poblaciones del Atlántico, incluyendo el noroeste del Golfo de México (Branstetter, 1987), Florida (Killam y Parsons, 1989), la costa del Atlántico de E.U. (Carlson *et al.*, 2006), y en aguas mexicanas del Golfo de México (Tovar-Ávila *et al.*, 2009). También se han llevado a cabo estudios de la especie en Sudáfrica (Wintner y Cliff, 1996). Estos trabajos han estimado la edad a partir de lecturas de bandas de crecimiento en las vértebras, empleando distintos métodos de observación y conteo, que incluyen desde la lectura directa en vértebras enteras hasta la realización de cortes sagitales y el uso de colorantes para resaltar las bandas. Las edades y sus parámetros de crecimiento estimados para la especie varían de acuerdo a la zona y el autor (Cuadro 1 y 2).

Cuadro 1. Edades máximas (Emax) y de madurez (Emad) estimadas para *Carcharhinus limbatus* en diversas regiones. NE= noreste, NO= noroeste, SO= suroeste. * Edad media de madurez, los valores mostrados indican años.

Región	Machos		Hembras		Referencia
	Emax	Emad	Emax	Emad	
NE del Golfo de México	5.8	4-5	9.3	7-8	Branstetter, 1987
Florida	9	4-5	10	6-7	Killam y Parsons, 1989
Costa Atlántica de EU	13.5+	5*	15.5+	6.7*	Carlson <i>et al.</i> , 2006
NO del Golfo de México	4.5		12.5+	5.7	Carlson <i>et al.</i> , 2006
Sudáfrica	10	6	11	7	Winter y Cliff, 1996
SO del Golfo de México	14	4-5	12	5-6	Tovar-Ávila, <i>et al.</i> , 2009

Cuadro 2. Parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy estimados para *Carcharhinus limbatus* diversas regiones. GM= Golfo de México.

Parámetros de crecimiento	Autor	Región	Método
$L_{\infty}= 171.00$, $k= 0.284$ y $t_0= -1.5$	Branstetter, 1987	Noroeste del GM	Cortes vertebrales
$L_{\infty}= 195.00$, $k= 0.240$ y $t_0= -2.18$	Killam y Parsons, 1989	Florida	Vértebras completas
$L_{\infty}= 218.86$, $k= 0.240$ y $t_0= -2.18$	Carson <i>et al.</i> , 2006	Noreste del GM	Cortes vertebrales
$L_{\infty}= 262.50$, $k= 0.210$ y $t_0= -1.2$	Winter y Cliff, 1996	Sudáfrica	Cortes vertebrales
$L_{\infty}=178.4$, $k=0.19$ y $t_0= -3.39$	Tovar-Ávila, 2000	GM	Cortes vertebrales

2.6.1 Estudios de Riesgo Ecológico

Diversos estudios de riesgo ecológico han sido desarrollados en diferentes partes del mundo para poblaciones de elasmobranquios (Cuadro 3).

Cuadro 3. Investigaciones en elasmobranquios aplicando el método de riesgo ecológico.

Región	Tipo de estudio y especies analizadas	Referencia
Norte de Australia	Sostenibilidad de elasmobranquios capturados incidentalmente.	Stobutzki <i>et al.</i> , 2002.
Australia	Reporte final de una evaluación de riesgo ecológico para las pesquerías Australianas.	Hobday <i>et al.</i> , 2004.
Sureste de Australia	Riesgo ecológico en <i>Squalus megalops</i> .	Braccini <i>et al.</i> , 2006.
Asia	Manejo de riesgo ecológico.	Matsuda <i>et al.</i> , 2009.
Costa occidental de la Península de Baja California.	<i>Rhinoptera steindachneri</i> (Evermann y Jenkins, 1981)	Flores-Pineda, 2008.
Este de Victoria, Australia	Uso de métodos rápidos para evaluar los efectos de la pesca en <i>Heterodontus portusjacksoni</i>	Tovar-Ávila <i>et al.</i> , 2010.
Océano Atlántico	Riesgo ecológico en tiburones pelágicos	Cortés <i>et al.</i> , 2010.

No existen hasta el momento evaluaciones de riesgo ecológico para *Carcharhinus limbatus* en el Golfo de México. El único estudio realizado a la fecha para la especie, es en el Pacífico Mexicano (Costas de Nayarit y Jalisco), incluyendo 15 especies más de importancia comercial. En este trabajo se ubica a *C. limbatus* como una especie con un grado medio de riesgo a los efectos de la pesca artesanal en la región (Furlong-Estrada *et al.*, 2010).

HIPÓTESIS

El riesgo ecológico de la población de *Carcharhinus limbatus*, capturada en la zona costera de Tamiahua Norte de Veracruz por la pesca artesanal es alto, siendo determinado por las características de historia de vida de la especie así como los estadios, edades, tallas, sexo, cantidad de individuos que se capturan y las características de la pesquería.

IV. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

- Estimar los parámetros de historia de vida, el efecto de la pesquería artesanal y la dinámica poblacional del tiburón *C. limbatus* en la zona costera de Tamiahua, Veracruz, México.

4.2 Objetivos particulares

- Determinar las áreas de captura de la especie.
- Estimar la captura por unidad de esfuerzo de la especie con base en los avisos de arribo de la pesca artesanal que captura a *C. limbatus*.
- Evaluar la conveniencia de utilizar las vértebras para estimar la edad de *C. limbatus*.

- Estimar la edad de la especie mediante la lectura de bandas de crecimiento en vértebras.
- Estimar los parámetros de crecimiento L_{∞} , k y t_0 de la especie a través de diversos modelos determinísticos.
- Determinar la productividad biológica de la especie con base en parámetros de reproductivos y mortalidad.
- Determinar la susceptibilidad de captura de la especie con base en la disponibilidad, probabilidad de encuentro, selectividad y mortalidad post-captura de *Carcharhinus limbatus*.
- Determinar los parámetros demográficos de la especie.

V.- ÁREA DE ESTUDIO

5.1 Descripción de la zona costera de Tamiahua, Veracruz

El Golfo de México es un importante ecosistema para las pesquerías tropicales y subtropicales (Vidal *et al.*, 1994). La costa veracruzana mide 745.14 km (Contreras-Espinosa, 2004), en el estado de Veracruz, Tamiahua, es uno de los municipios con importancia pesquera de tipo artesanal (Fig. 2).

La zona costera de Tamiahua se ubica en la parte occidental del Golfo de México entre los 21° 50' 05" N – 97° 50' 0" W y 21° 10' 0" N – 97° 40' 0" W. En ella se encuentra la laguna de Tamiahua, localizada en la porción occidental del Golfo de México (Díaz-Ruiz *et al.*, 2000), es una de las lagunas de mayor tamaño en este litoral, con una superficie que supera las 91,000 ha. Tradicionalmente, en ella se realiza la pesca artesanal de sus recursos (De la Lanza-Espino, 1994).

La zona costera de Tamiahua se caracteriza por tener un clima cálido – húmedo, temperatura media anual entre los 22 °C y los 26 °C; especialmente en la porción norte y central con precipitaciones que se distribuyen entre los 1,000 y 1,500 mm, respectivamente (Ortiz *et al.*, 2006). Registrando temperaturas superficiales del agua de ~12 °C llegando a incrementar abruptamente a los 22 °C. Es un área de alta sedimentación y durante las diferentes épocas del año, presenta niveles de

salinidad de 20 ‰ a 26 ‰, los niveles promedio de oxígeno disuelto registrados oscilan entre 4.9 y 6.8 ml/l (Vidal *et al.*, 1994).

Las corrientes marinas ocasionadas en parte por los vientos provenientes de Canadá, están fuertemente relacionadas con la posición de los remolinos. Una o dos veces por año, los Remolinos Oceánicos Anticiclónicos (ROA) se desprenden de la Corriente de Lazo. Estos viajan hacia el oeste en el Golfo de México, generando Remolinos Oceánicos Ciclónicos (ROC), ocasionando la transferencia de energía potencial y cinética hacia ellos, los más importantes y frecuentes se forman en la zona costera de Tamaulipas y algunos ROC conspicuos ocurren sobre la plataforma continental de Texas y otros en la bahía de Campeche en el suroeste del Golfo de México. Provocando con ello una recirculación de los nutrientes (Vázquez de la Cerda, 2005). Y formando dentro de la zona costera, regiones de transición con alta productividad fitoplanctónica, convirtiéndola en un área de alimentación para una gran variedad de especies de peces (Vidal *et al.*, 1994) entre ellas los elasmobranquios.

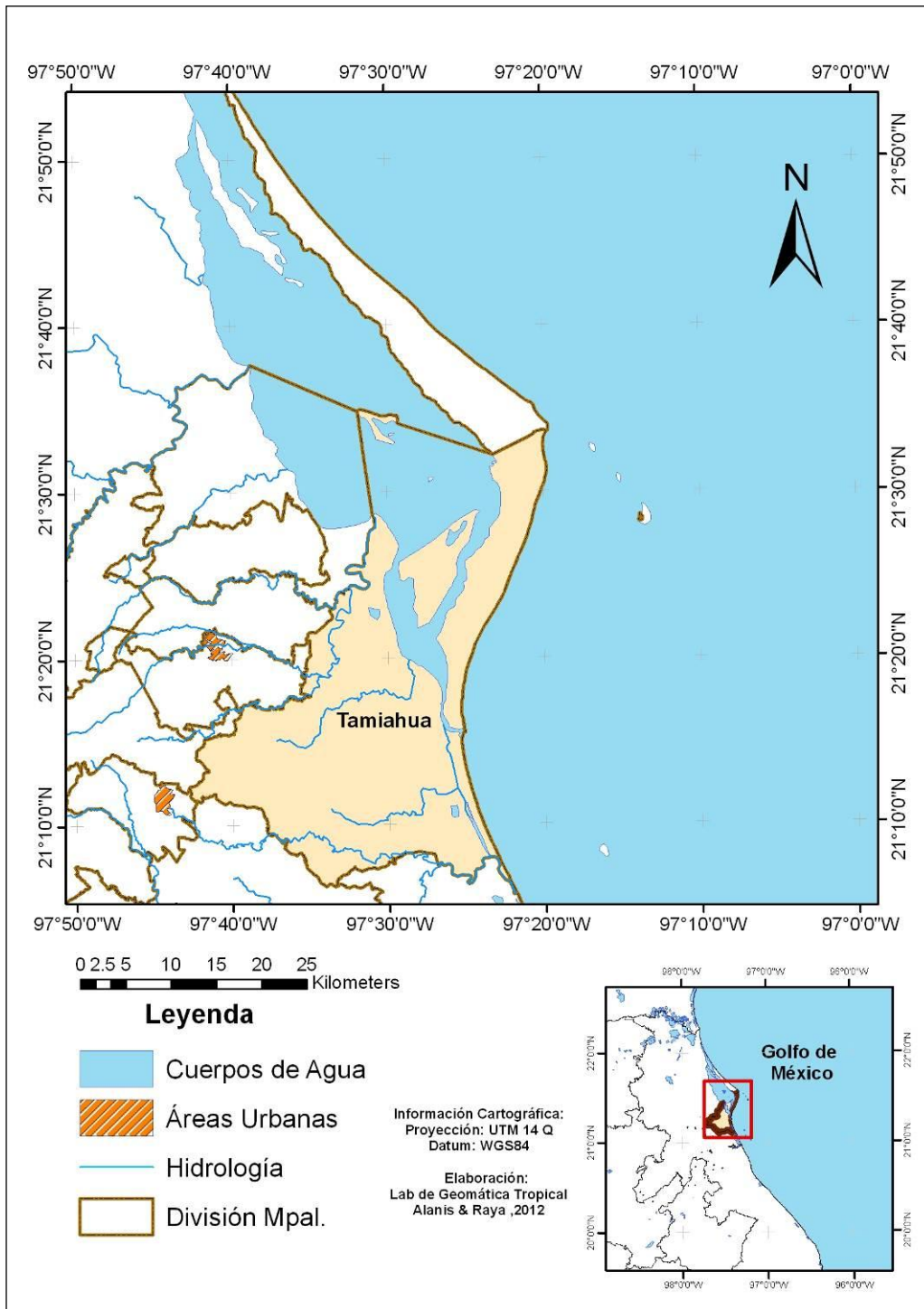


Figura 2. Área de estudio (zona costera de Tamiahua).

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Trabajo de campo

6.1.1 Ubicación de las zonas de pesca de *Carcharhinus limbatus*

Se realizó una salida cada dos meses entre el período enero 2011–marzo 2012 a bordo de las embarcaciones menores que capturan tiburón en la región. Las salidas dependieron de la disponibilidad de lugar en la embarcación así como de las condiciones climáticas.

Para la determinación de las zonas captura de *C.limbatus* se tomaron las posiciones geográficas con un Geoposicionador Satelital (GPS) marca Garmin, donde el arte de pesca fue colocado. Las coordenadas de las zonas de captura fueron concentradas en una base de datos y representadas visualmente mediante un mapa.

6.1.2. Obtención de la información de captura y esfuerzo

Se obtuvo información en la Secretaría de Pesca de Tamiahua, sobre el número de embarcaciones utilizadas, fechas de arribo, días efectivos de pesca, volúmenes de captura en kilogramos, especie capturada y zonas de captura. Esta información fue concentrada en una base de datos de Excel.

6.1.3 Muestreo biológico

Los especímenes de *Carcharhinus limbatus* fueron obtenidos de las capturas comerciales realizadas por los pescadores artesanales, con embarcaciones menores con puerto de base en Tamiahua, Veracruz. Las muestras fueron colectadas semanalmente dependiendo de la disponibilidad de la captura y condiciones climáticas, los organismos se identificaron al ser desembarcados empleando las “Claves para la Determinación de los Tiburones del Golfo de México” de (Marín-Osorno, 1992).

A cada individuo se le tomó la siguiente medida: Longitud total (Lt), la cuál inicia de la punta del morro a la punta del lóbulo superior de la caudal, colocando al organismo con la cola en posición natural (Compagno, 1984). Los machos y hembras fueron identificados por la presencia y ausencia de gonopterigios, respectivamente. Los organismos fueron clasificados en cuatro estadios de madurez (neonatos, juveniles, adultos y hembras grávidas). El estado de madurez y reproductivo para las hembras se determinó mediante la condición de los ovarios, úteros y/o glándulas oviducuales (Cuadro 4), mientras que en los machos se determinó mediante el grado de calcificación de los gonopterigios (Cuadro 5). Se recopiló información pesquera acerca del arte de pesca utilizado, características del arte de pesca y profundidad a la que opera.

Cuadro 4. Criterios utilizados para estimar el estado de madurez (EM) en las hembras. I= inmaduro, M= Maduro, GO= Glándulas oviducales, o. ep= órgano epigonal (Tovar-Ávila *et al.*, 2008. Modificado de Walker, 2005).

EM	Ovarios	GO	Úteros
I	No diferenciado del o.ep, sin ovocitos visibles	Indistinto del oviducto anterior	Indistinto del oviducto anterior
I	Diferenciados del o. ep, ovocitos visibles blanquecinos <3 mm de diámetro	Diferenciado del oviducto anterior, más largo que ancho	Túbulos estrechos
M	Diferenciados del o. ep, ovocitos visibles amarillentos >3 mm de diámetro	Bien diferenciado del oviducto	Túbulos distendidos, presencia o evidencias de huevos/embriones

Cuadro 5. Criterios utilizados para estimar el estado de madurez (EM) en los machos. I= inmaduro, M= Maduro (Tovar-Ávila *et al.*, 2008. Modificado de Walker, 2005).

EM	Gonopterigios
I	Corto, no calcificado, flexible
I	Alargado y calcificado parcialmente
M	Alargado y completamente calcificado

6.1.4 Colecta de vértebras

A los organismos se les extrajo una sección de la columna vertebral, de la región ubicada por debajo de la primera aleta dorsal, ya que suelen ser las recomendadas por ser de mayor tamaño (Tovar-Ávila *et al.*, 2009). Se extrajeron de cinco a siete vértebras y se colocaron en bolsas de plástico a las cuáles se les anotó la siguiente información: fecha de colecta, número de muestra, sexo, nombre de la especie y lugar de pesca.

6.2 Trabajo de laboratorio

En el laboratorio, se les retiró el tejido conectivo, el arco neural, las apófisis y el exceso de tejido conectivo circundante, con la ayuda de un bisturí y pinzas, sumergidas en peróxido de hidrógeno al 30% (Medellín-Ortiz, 2004) por un tiempo no mayor a cinco minutos de inmersión. Las vértebras una vez secas se guardaron en sobres de papel etiquetados y se procesaron en el Laboratorio de Edad y Crecimiento de Organismos Marinos (LECOM) de INAPESCA del Centro Regional de Investigaciones Pesqueras (CRIP) Mazatlán, Sinaloa.

6.2.1 Corte de las vértebras

Las muestras fueron montadas individualmente en una base de madera, pegada con resina acrílica (Fig. 3). Se obtuvieron cortes de $\approx 400 \mu$ utilizando una cortadora Isomet marca Buehler de baja velocidad (Fig. 4). Esta medida resultó ser la más adecuada después de haber realizado cortes de prueba en un rango de 300 y 500 μ . Todos los cortes se realizaron con respecto a la línea sagital (Tovar-Ávila, 2000).



Figura 3. Muestras montadas y cortes colocados en portaobjetos



Figura 4. Cortadora Isomet y cuchillas de borde diamantado.

6.2.2 Preparación de las vértebras para lectura

Las secciones fueron observadas sin tinción alguna en un microscopio estereoscópico con luz transmitida (Fig. 5), colocando una gota de alcohol para facilitar la observación de los anillos. Posteriormente se tomaron imágenes de los cortes con la ayuda de una cámara Hitachi adaptada al microscopio y una computadora con el programa Image Proplus versión 2.0.

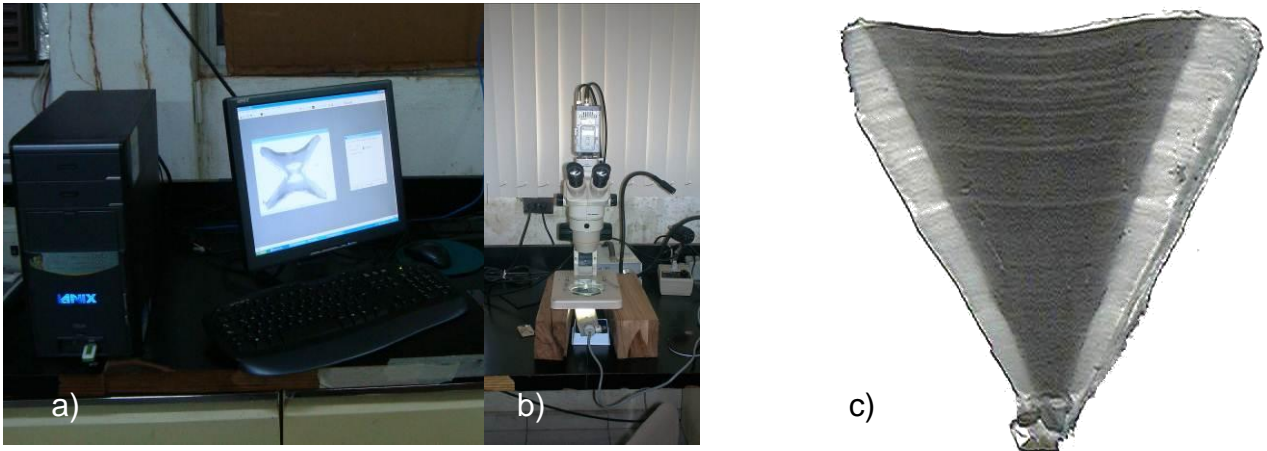


Figura 5. Equipo de video digital (a y b) y fotografía de un corte vertebral (c).

6.3 Trabajo de gabinete

6.3.1 Determinación de las áreas de captura

La información cartográfica fue concentrada en una base de Excel, para ser proyectada mediante un mapa, el cuál fue elaborado en el Laboratorio de Geomática Tropical de la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias.

6.3.2 Estimación de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE)

Para el cálculo de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) se tomaron en consideración como captura, el peso total desembarcado en kilogramos y como unidad de esfuerzo el número de horas efectivas de pesca y el número de embarcaciones capturando tiburón por mes. La CPUE esta descrita mediante la siguiente fórmula.

$$\text{CPUE: } Pd/t_0 \text{ o NE}$$

Donde Pd es el peso desembarcado de *Carcharhinus limbatus*, t_0 son las horas efectivas de pesca y NE son el número de embarcaciones.

6.3.3 Lectura de marcas de crecimiento

Se observaron y contaron las marcas opacas y translúcidas, así como la marca de nacimiento, sobre las dos secciones principales de las vértebras: el *corpus calcareum* e *intermedialia* (Fig. 6) (Walter y Ebert, 1991). Se consideraron bandas falsas aquellas que se encontraban en una parte de la estructura vertebral, sin importar que tan prominentes fuesen (Cassleman, 1983).

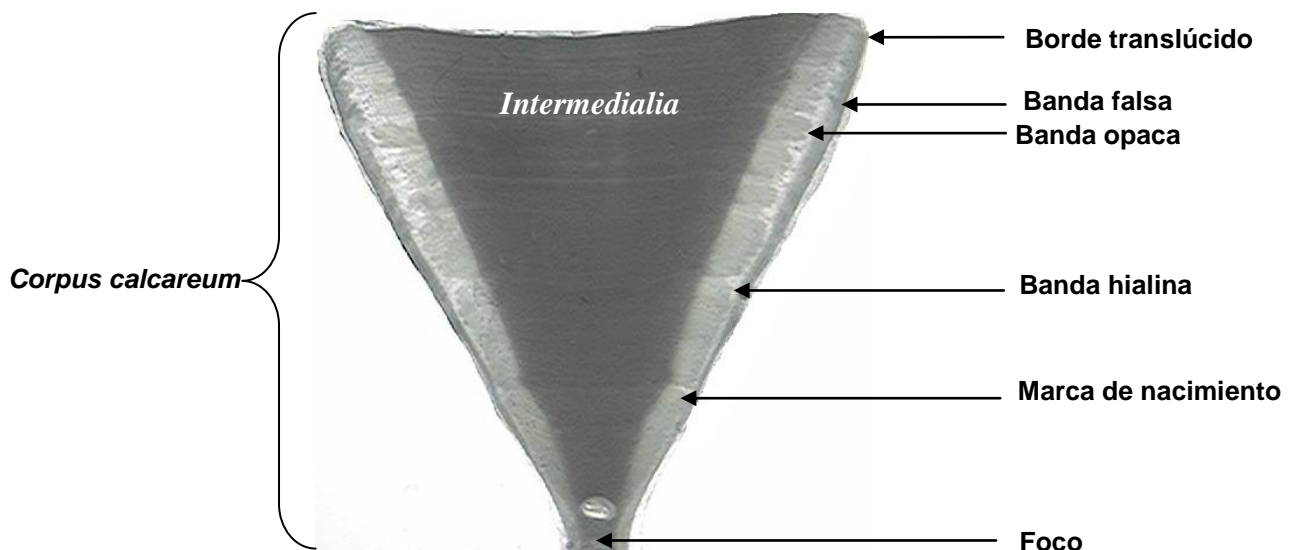


Figura 6. Corte vertebral de *C. limbatus*.

6.3.4 Obtención de la relación diámetro vertebral-talla del organismo

Se midió el diámetro vertebral mediante un vernier digital. Con el programa Statistica 7.0 se realizó el grado de correlación entre la talla del organismo y el diámetro de sus vértebras, se determinó mediante un análisis de manova si existían diferencias en cuanto al crecimiento entre machos y hembras capturados en la zona de estudio.

6.3.5 Reproducibilidad de las lecturas

Se realizaron tres conteos (desconociendo los datos biológicos de la muestra durante cada uno de los conteos) para estimar la precisión de los conteos del autor (precisión intralector). Cada lectura se realizó con un intervalo de un par de semanas entre sí. La primera lectura no fue considerada para los análisis posteriores, considerándose un proceso de aprendizaje (Tovar-Ávila, 2000).

Dos lectores más realizaron conteos de las bandas de crecimiento de una sub-muestra de vértebras para estimar la precisión entre ellos (precisión interlectores) (dos lecturas por lector). De estos lectores uno no tenía experiencia alguna con el conteo de bandas y el otro tenía experiencia en estudios de edad y crecimiento con vértebras de tiburón. De igual manera estas lecturas se realizaron sin conocer las longitudes y el sexo de los organismos a los que pertenecían las muestras (Campana, 2001).

Para estimar la precisión de las lecturas se utilizó el error promedio porcentual (APE) (Beamish y Fournier, 1981):

$$APE = 100\% \times \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \left[\frac{1}{R} \sum_{i=1}^R \frac{(X_{ij} - X_j)}{X_j} \right]$$

Donde N fue el número de muestras, R el número de veces que se leyó la muestra, X_{ij} la edad i determinada para el pez j y X_j el promedio de las edades determinadas para el pez j.

El análisis estadístico se basó en el supuesto de que las repeticiones de las lecturas son estadísticamente independientes, esto significa que cada lector no tuvo conocimiento del resultado del otro lector, ni de sus lecturas anteriores.

6.3.6 Determinación de la edad

La edad de los organismos se determinó contando el número de bandas hialinas menos uno, considerando que la primera banda hialina corresponde a la marca de nacimiento (Cailliet *et al.*, 1983; Conrath *et al.*, 2002), la cual es observable regularmente como un cambio de ángulo en el borde externo del *corpus calcareum* (Walter y Ebert, 1991).

6.3.7 Estimación de los parámetros de crecimiento

Para el cálculo del crecimiento se utilizaron tres modelos determinísticos:

1) El modelo de von Bertalanffy (VBGM) (1938)

$$L_t = L_\infty (1 - e^{-k(t-t_0)})$$

2 El modelo de Gompertz (1975):

y

$$L_t = L_\infty e^{-e^{-k(t-t_0)}}$$

3) El modelo modificado de von Bertalanffy de dos parámetros (2VBGM) (Fabens, 1965):

$$L_t = L_\infty (1 - b e^{-kt}), b = (L_\infty - L_0 / L_\infty)$$

En estos tres modelos L_t es la longitud a la edad t , L_∞ la longitud asintótica, k la tasa de crecimiento, t_0 la edad teórica a la longitud cero y L_0 la longitud promedio de nacimiento. Para la obtención de la curva de crecimiento de las hembras, los datos fueron complementados con las edades de las hembras adultas que se obtuvieron en el estudio realizado en las costas del norte de Tamaulipas por Tovar-Ávila, (2000). Para ajustar el modelo se utilizó el criterio de mínimos cuadrados y para elegir el de mejor ajuste se aplicó el criterio de Akaike el cuál está descrito mediante la siguiente fórmula (Akaike, 1974).

$$AIC = -2 \ln L(\theta) + 2k$$

Donde $L(\theta)$ es el máximo valor de mínimos cuadrados y k es el número de parámetros estimados en el modelo.

6.3.8 Estimación de la productividad biológica

La productividad biológica (PB) de la especie se estimó con base en dos tipos de información: parámetros reproductivos (proporción de vida reproductiva PVR, fecundidad y ciclo reproductivo) (PB_1) y mortalidad natural (M) (PB_2) (Tovar-Ávila *et al.*, 2007, Furlong-Estrada *et al.*, 2010).

La PB_1 se estimó promediando los valores de proporción de vida reproductiva (PVR), fecundidad y ciclo reproductivo. La PVR (parte proporcional de la vida de los organismos de una especie en la cual son reproductivamente activos) fue obtenida a partir de las edades de madurez (E_{madurez}) y máxima ($E_{\text{máxima}}$) (Furlong-Estrada *et al.*, 2010).

$$PVR = 1 - (E_{\text{madurez}} / E_{\text{máxima}})$$

El valor de fecundidad para la especie se consideró a partir de la parte del valor máximo de crías registrado para la especie (Furlong-Estrada *et al.*, 2010) en

comparación con el valor máximo registrado para otra especie (300 crías en *Rhincodon typus*) (Breder y Rosen 1966).

El ciclo reproductivo de los tiburones pueden ser anual, bianual o trianual (Castro, 2009), por lo cual se asignaron los siguientes valores: 1, 0.66 y 0.33 respectivamente (Furlong-Estrada *et al.*, 2010). La PB_1 fue categorizada con la escala: baja (0–0.33), media (0.34–0.66) o alta (0.67–1) (Walker, 2005).

La PB_2 se estimó usando la M obtenida con dos métodos indirectos e independientes basados en los parámetros biológicos de la especie (constante de crecimiento de la ecuación de von Bertalanffy y la edad máxima). Estos dos métodos se seleccionaron por el grado de confiabilidad que suelen presentar (Tovar-Ávila, 2011), ya que los parámetros de crecimiento fueron previamente estimados al igual que las edades de manera directa mediante la lectura de bandas de crecimiento en las vértebras en el presente estudio.

Primeramente, la M fue estimada mediante el método de Jensen (1996) el cual es descrito mediante la ecuación $M=1.6k$, donde k representa la constante de crecimiento que se obtuvo de los parámetros de crecimiento (Tovar-Ávila *et al.*, 2010). La segunda M fue equivalente al rango total de la mortalidad instantánea (Z) la cual se estimó mediante el método de Hoenig (1983): $\ln Z=1.46-1.01\ln(t_{max})$, donde la t_{max} es la edad máxima observada para la especie.

Los valores de M estimados y sus promedios fueron categorizados de acuerdo a los siguientes rangos de productividad biológica: baja ($M < 0.16$ por año), media ($0.16 < M < 0.38$ por año) y alta ($M > 0.38$ por año) (Walker, 2005).

Finalmente se estimó la productividad biológica promedio, de la forma:

$$PB = \frac{PB_1 + PB_2}{2}$$

6.3.9 Estimación de la susceptibilidad de captura

La susceptibilidad de captura fue estimada a partir del producto de la disponibilidad, probabilidad de encuentro, selectividad y la mortalidad postcaptura.

$$SC = D \times PE \times S \times MPC$$

Donde la disponibilidad (D) fue estimada con base en el área de distribución de la población cubierta por las operaciones de la flota pesquera artesanal en la zona.

La probabilidad de encuentro (PE) estuvo basada en el grado de traslape entre la distribución de la especie en la columna de agua y la profundidad a la que opera el arte de pesca.

La selectividad (S) se calculó a través de la proporción de animales que encuentran un arte de pesca y que son capturados, mientras que la mortalidad

postcaptura (MPC) se determinó con base en la proporción de organismos que mueren después de ser capturados por un arte de pesca (Walker, 2005) o manipulados por los pescadores. Todos los componentes de la susceptibilidad de captura se estimaron con información existente de la pesquería (Tovar-Ávila, 2010) y categorizados en bajo, medio y alto de acuerdo a un escala de valores desarrollada por Walker (2005) (Cuadro 6).

Cuadro 6. Descripción de las categorías de riesgo para la susceptibilidad de captura. E= Elementos, D= Disponibilidad, PE= Posibilidad de encuentro, S= Selectividad, MP= Mortalidad postcaptura y SC= Susceptibilidad de captura.

Categorías de riesgo (valor asignado)			
Elementos	Bajo (0.33)	Medio (0.66)	Alto (1.00)
<i>Disponibilidad</i>	Zona de distribución de la pesquería menor a una tercera parte de la zona de distribución de la población.	Zona de distribución de la pesquería entre una y dos terceras partes de la zona de distribución de la población.	Zona de distribución de la pesquería mayor a dos terceras partes de la zona de distribución de la población.
<i>Posibilidad de encuentro</i>	Probabilidad baja de que un organismo se encuentre con un arte de pesca.	Probabilidad media de que un organismo se encuentre con un arte de pesca.	Probabilidad alta de que un organismo se encuentre con un arte de pesca.
<i>Selectividad</i>	Probabilidad baja de un organismo a ser capturado por un arte de pesca.	Probabilidad media de un organismo a ser capturado por un arte de pesca.	Probabilidad alta de un organismo a ser capturado por un arte de pesca.
<i>Mortalidad post-captura</i>	Probabilidad alta de sobrevivencia después de la captura.	Probabilidad media de sobrevivencia después de la captura.	Probabilidad baja de sobrevivencia después de la captura.
SC	0-0.33	0.34-0.66	0.67-1.00

6.3.10 Análisis demográfico

Se utilizó una matriz de Leslie para determinar los parámetros demográficos de *Carcharhinus limbatus*, incorporando la mejor información de historia de vida disponible (edad máxima estimada, edad de madurez, mortalidad natural y número de crías (hembras) por período reproductivo (Simpfendorfer 2005). La matriz fue resuelta utilizando el programa Poptools de CSIRO (Hood, 2010) descargado en Excel (www.office.microsoft.com).

Los parámetros estimados fueron la tasa finita de crecimiento poblacional (λ), que corresponde al eigenvalue dominante en la matriz resuelta, el valor de (λ) igual a 1 señala un equilibrio en la tasa intrínseca del crecimiento poblacional, $>$ a 1 indica un incremento, y $<$ a 1 muestra un decremento poblacional. Los valores decimales que acompañan al valor de (λ), corresponden al porcentaje en que puede verse incrementada la población.

La tasa intrínseca de crecimiento poblacional (r) se correlaciona con λ de la forma:

$$\lambda = e^r$$

La tasa neta de reproducción poblacional (R_0):

$$R_0 = \sum_{x=\alpha}^w l_x m_x$$

Donde l_x es la sobrevivencia a la edad x y m_x es el número de crías hembra por cada organismo (hembra) en un grupo de edad x .

El tiempo generacional (G):

$$G = \frac{\sum_{x=\alpha}^w l_x m_x}{R_0}$$

La elasticidad de cada grupo de edad y estadio de desarrollo (neonatos, organismos inmaduros o juveniles y organismos maduros o adultos) se obtuvo sumando las elasticidades de cada grupo de edad (Caswell, 2001). La suma de las elasticidades de todos los elementos de la matriz fue igual a 1 (De Kroon *et al.*, 2000) (Cuadro 7).

Cuadro 7. Valores para cada parámetro demográfico utilizados en el análisis.

Parámetros demográficos	Valores	Referencia
Edad máxima	12 años	Tovar-Ávila, 2000
Edad de madurez	6 años	Tovar-Ávila, 2000 y Presente estudio
Número de embriones	7	Tovar-Ávila, 1995; Castillo Géniz, 1998
Mortalidad k	0.14	Presente estudio
Mortalidad t	0.29	Presente estudio

VII. RESULTADOS

7.1 Muestreo y obtención de datos

Se colectó un total de 141 vértebras durante el período de muestreo. Los organismos muestreados abarcaron machos de los estadios neonato, juvenil y adulto, y las hembras de estadios neonato y juvenil. El macho más pequeño tuvo una Lt de 70 cm y el de mayor tamaño registró una Lt de 178 cm. La hembra más pequeña midió 74 cm de Lt y la de mayor talla 89 cm, sus promedios también fueron obtenidos (Fig. 7). Los organismos fueron capturados con red de enmalle de 500 m de longitud, con una caída de 2 a 3 brazas (4–6 m), con luz de malla de 3.5” a 6” aproximadamente.

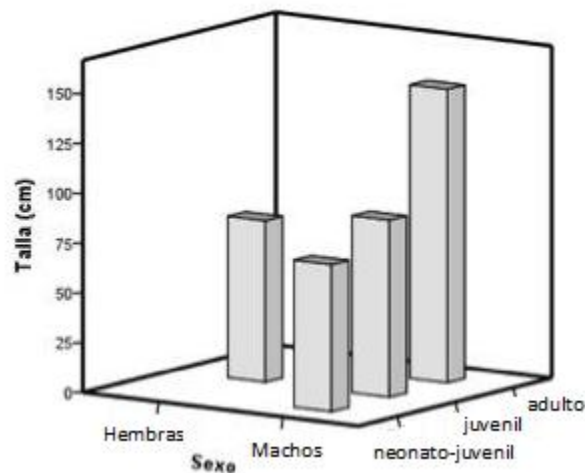


Figura 7. Tallas promedio registradas de los organismos por cada estadio. Los organismos más abundantes en los muestreos se ubicaron en el estadio adulto (machos) destacando la poca presencia de hembras.

7.2 Determinación de las zonas de captura de la especie

Las zonas de captura de *Carcharhinus limbatus* están definidas por la poligonal que engloba a tres importantes arrecifes Blanquilla, Medio y Lobos (Fig. 8).

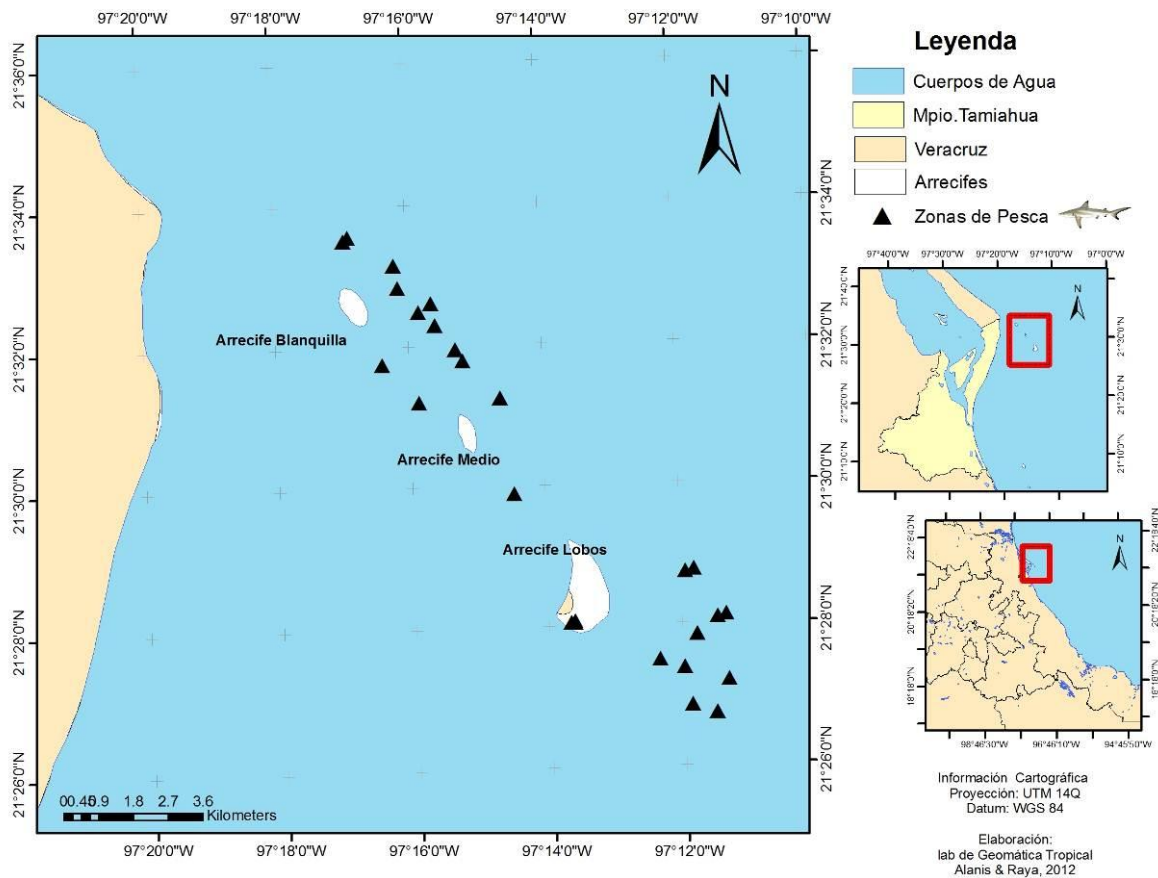


Figura 8. Zonas de captura de *C. limbatus*.

7.3 Estimación de la captura por unidad de esfuerzo de la especie

La captura para ambas unidades de esfuerzo pesquero muestran dos tendencias: enero–septiembre, donde los volúmenes de captura son menores (<1000 kg) y otra de octubre–diciembre, donde se aprecia un incremento en las capturas, siendo diciembre en el mes con mayor registro de tiburón (Fig. 9 a y b).

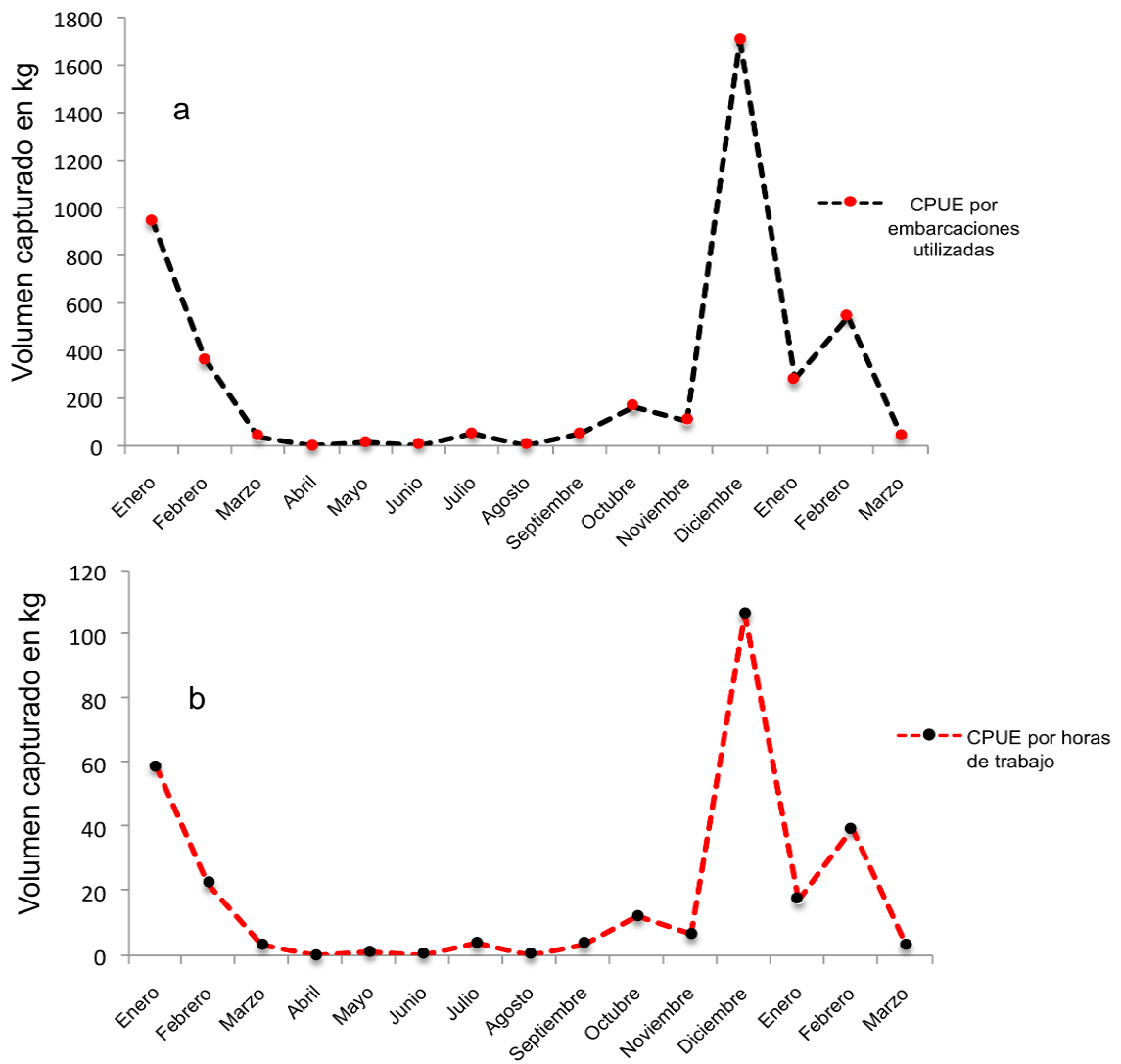


Figura 9. Captura por Unidad de Esfuerzo estimada durante los meses de muestreo, utilizando dos unidades de esfuerzo: a) número de embarcaciones y b) y número de horas efectivas de pesca.

7.4 Relación talla- diámetro de la vértebra

La relación Lt-Dv fue lineal, positiva y significativa para cada sexo. Para hembras la relación fue la siguiente $Lt = 0.111Dv - 0.496$ ($r^2 = 0.88$, $p < 0.003$) y $Lt = 0.122Dv - 0.959$ ($r^2 = 0.95$, $p < 0.001$) para los machos. Esto indicó que el crecimiento en la longitud de los organismos es proporcional al crecimiento vertebral, permitiendo, la confiabilidad en el uso de las vértebras para estimar la edad (Fig. 10 y 11). Siendo la relación Talla-Dv ($F_{1, 141} = 42$) $p < 0.001$ más significativa para los machos de *Carcharhinus limbatus* que para las hembras.

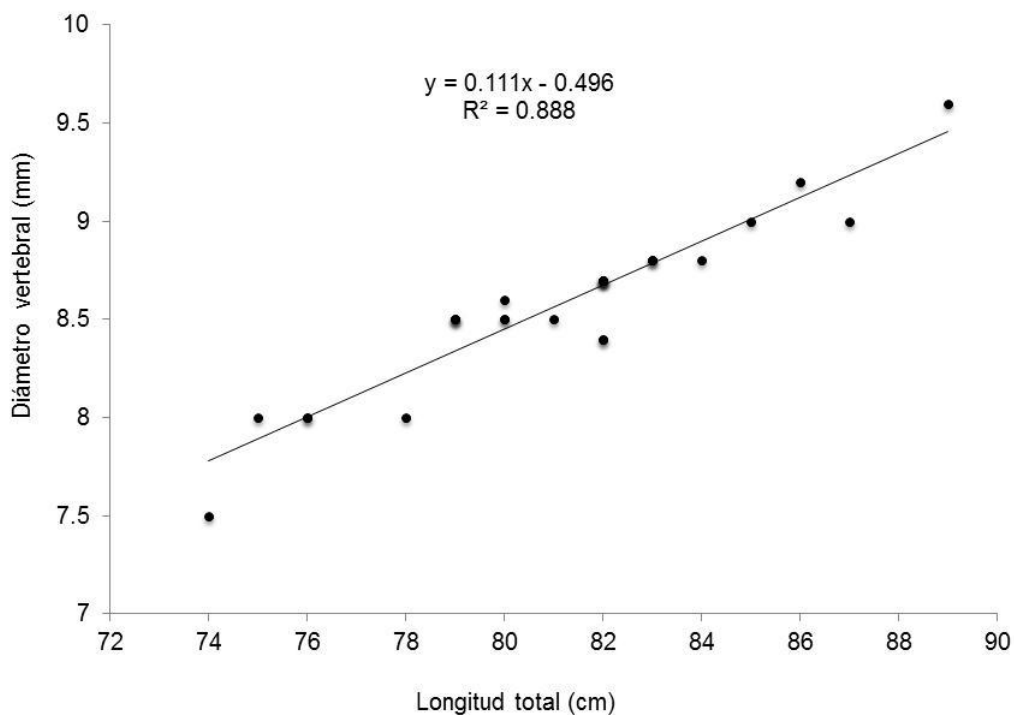


Figura 10. La relación entre la talla del organismo y el diámetro vertebral en las hembras es de tipo lineal con una $r^2 = 0.88$.

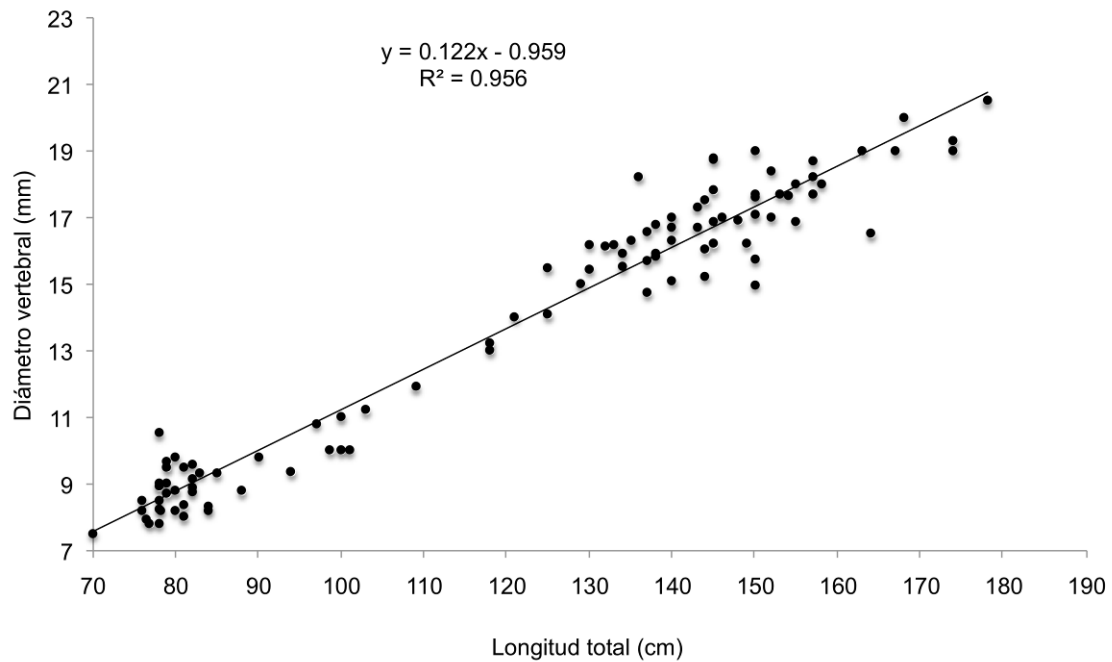


Figura 11. El valor de r^2 en los machos fue de 0.95 indicando mejor proporción en el crecimiento de la talla y el diámetro vertebral.

7.5 Estimación de la edad

7.5.1 Identificación de las marcas de nacimiento y precisión de las lecturas

La marca de nacimiento encontrada, coincidió en el 98% de la muestras con el cambio de ángulo que se presenta en el *corpus calcareum* (Bonfil, 1992; Wintner y Cliff, 1996). En los casos donde no se consideró la marca de nacimiento, se debió a que no era completamente visible. El índice de Error Promedio Porcentual (APE) estimado para las lecturas del autor fue de 13.6%, 4.2%, 11.15% y 9% (Cuadro 8).

Cuadro 8. Valores del error promedio porcentual (APE) intralector de las lecturas de bandas de crecimiento de *Carcharhinus limbatus*.

Intralector	APE
Comparación entre las tres lecturas	<u>13.6%</u>
Comparación entre la primera y segunda lectura	4.20%
Comparación entre la segunda y tercera lectura	11.15%
Comparación entre la primera y tercera lectura	9.00%

La precisión interlectores fue menor a la intralector, siendo el error y variación en todos los casos mayor (Cuadro 9).

Cuadro 9. Valores del error promedio porcentual (APE) interlectores de las lecturas de bandas de crecimiento de *Carcharhinus limbatus*.

Interlectores	APE
Comparación entre lector uno y dos	20.4
Comparación entre lector uno y tres	52.52
Comparación entre lector dos y tres	58.04

No se detectaron sesgos sistemáticos en el conteo de bandas de crecimiento entre las lecturas uno y dos intralector, sin embargo en los conteos dos y tres; uno y tres si se observo error sistemático (Fig. 12, 13 y 14).

El mayor error sistemático fue observado en el conteo de bandas de crecimiento que se realizaron entre lectores (interlector), el mayor error corresponde a las lecturas realizadas entre el lector dos (lector con experiencia) y el lector tres (lector sin experiencia) (Fig. 15, 16 y 17).

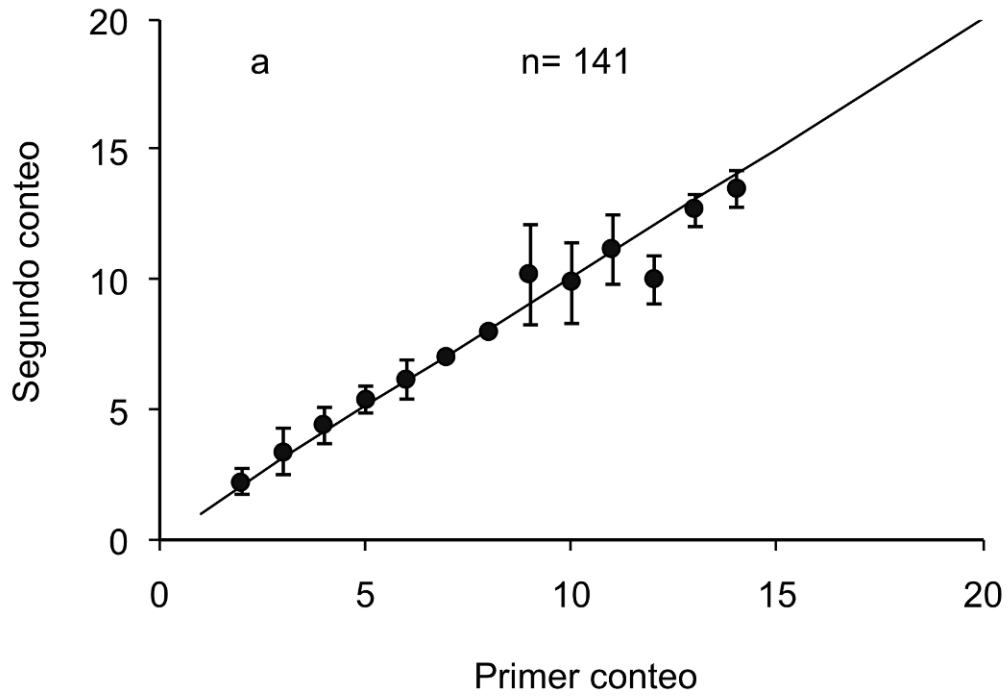


Figura 12. Gráfica de sesgo entre la primera y segunda lecturas intralector de bandas de crecimiento en vértebras de *Carcharhinus limbatus* (los puntos más cercanos a la pendiente indican la existencia de un bajo error sistemático en las lecturas).

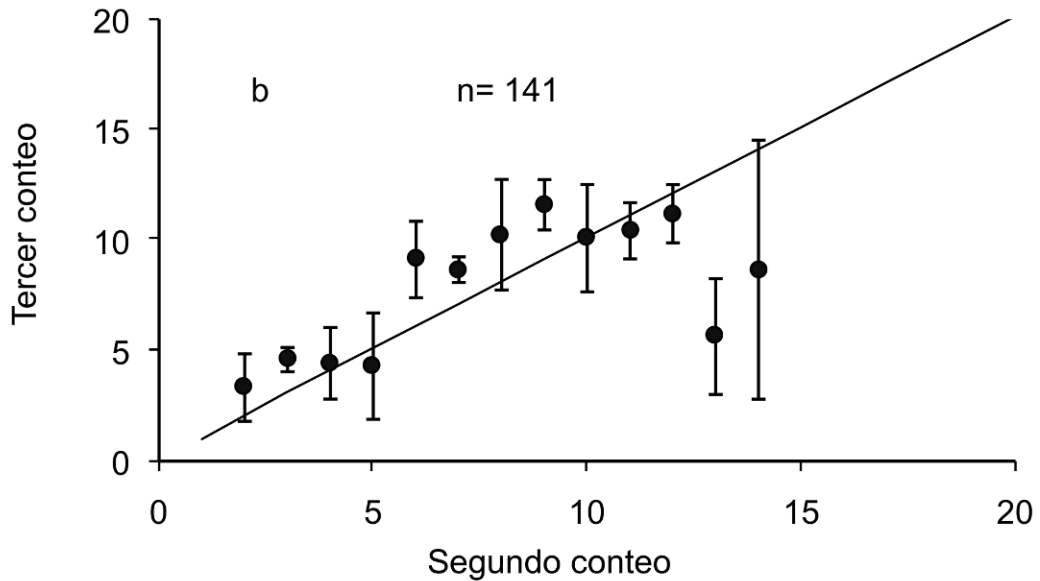


Figura 13. Gráfica de sesgo entre la segunda y tercera lecturas intralector de bandas de crecimiento en vértebras de *C. limbatus* (los puntos más alejados a la pendiente indican la existencia de un alto error sistemático en las lecturas).

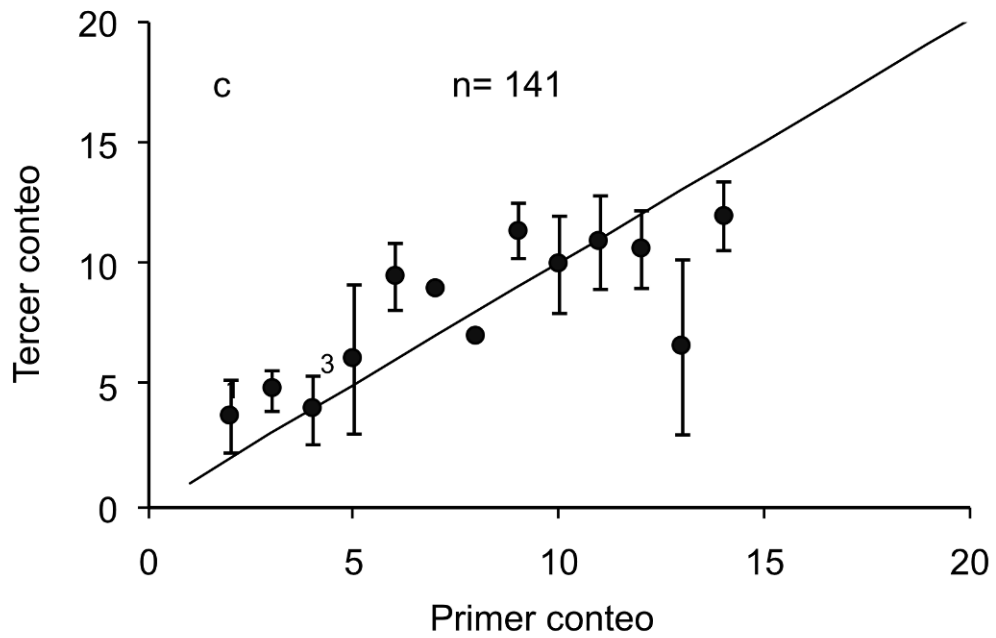


Figura 14. Gráfica de sesgo entre la primera y tercera lecturas intralector de bandas de crecimiento en vértebras de *Carcharhinus limbatus*.

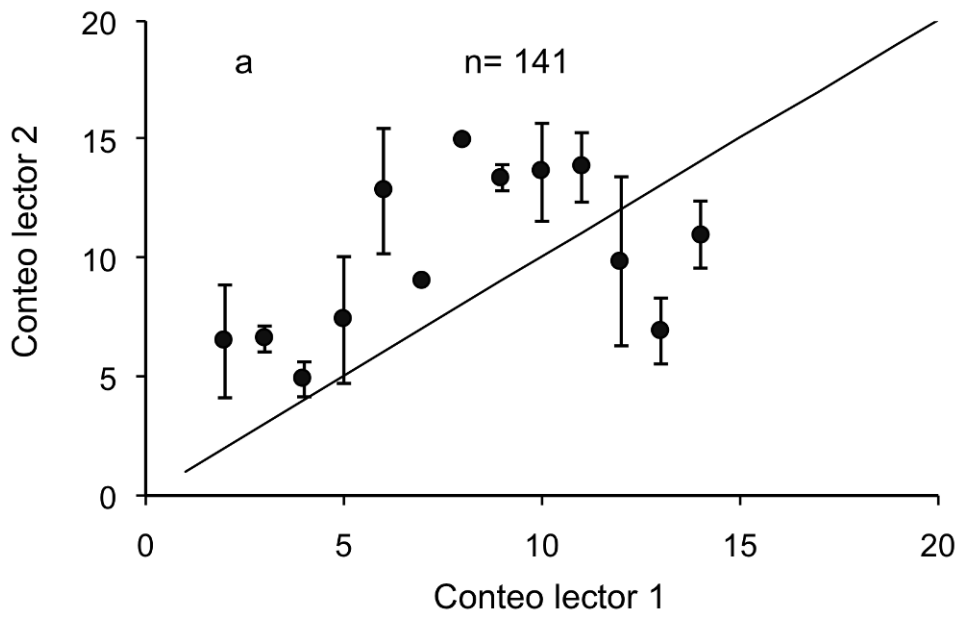


Figura 15. Gráfica de sesgo entre las lecturas interlector (Lector 1 y Lector 2) de bandas de crecimiento en vértebras de *C. limbatus*.

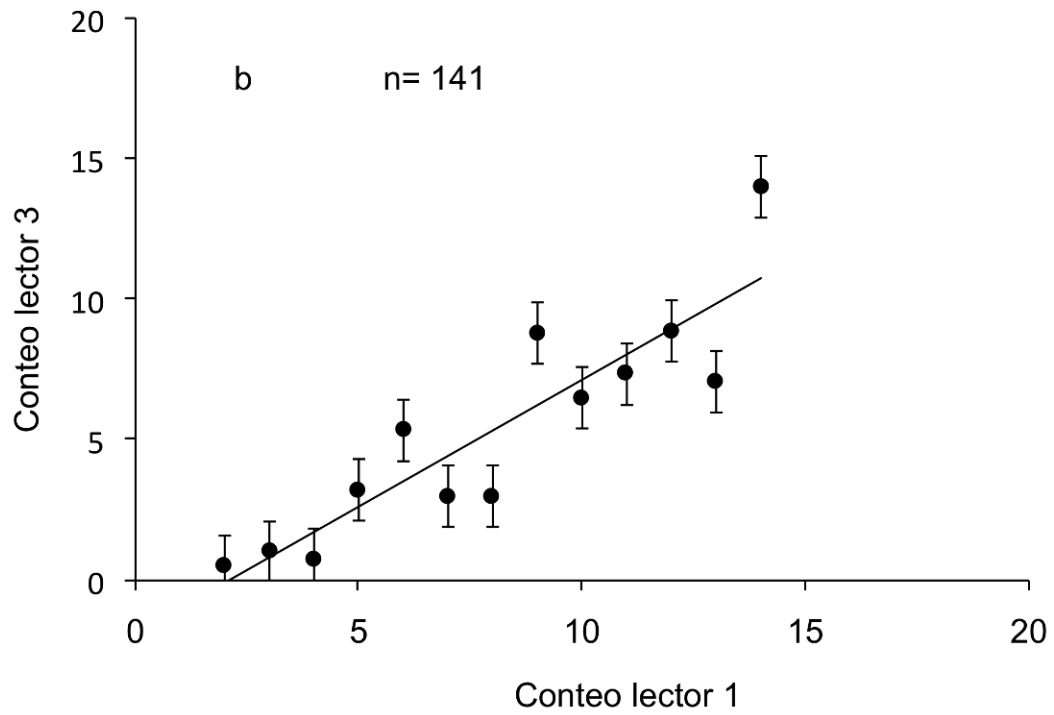


Figura 16. Gráfica de sesgo entre las lecturas interlector (Lector 1 y Lector 3) de bandas de crecimiento en vértebras de *Carcharhinus limbatus*.

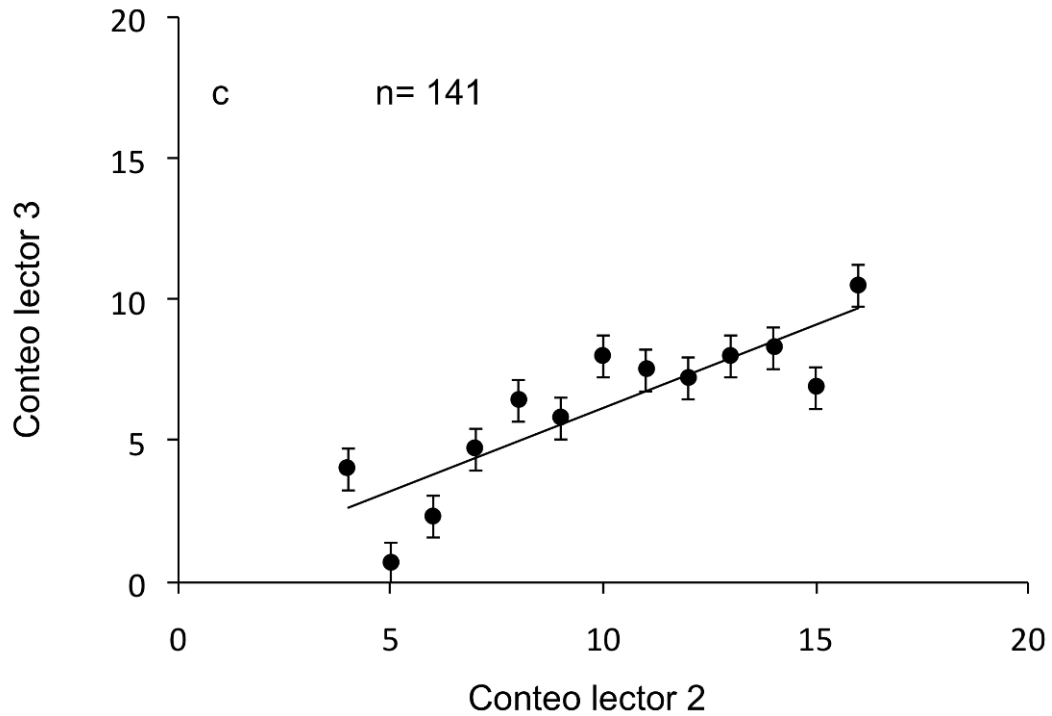


Figura 17. Gráfica de sesgo entre las lecturas interlector (Lector 2 y Lector 3) de bandas de crecimiento en vértebras de *C. limbatus*.

7.5.2 Determinación de la edad y crecimiento

El macho de mayor edad estimada en este estudio fue de 14 años con una longitud total (Lt) de 178 cm y el de menor edad fue de 0 años con una Lt 70 cm. La hembra de mayor edad fue de 2 años con una longitud total de 89 cm y la de menor edad fue 0 años con una Lt de 75 cm (Fig. 18).

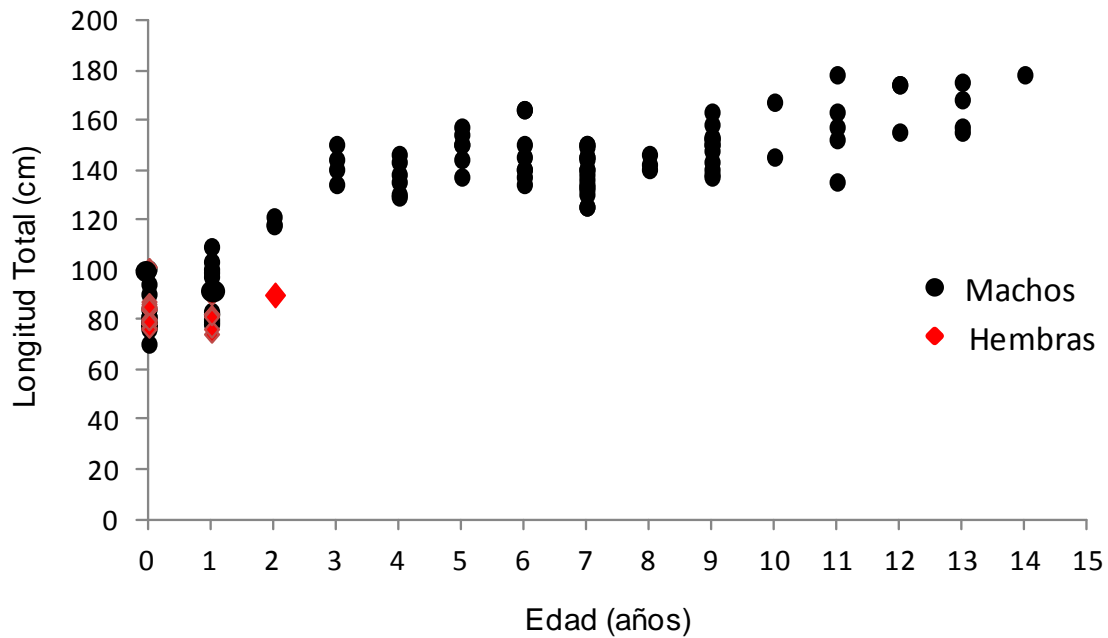


Figura 18. Relación entre la edad (años) y la longitud total (cm) para *Carcharhinus limbatus* en Tamiahua.

Los parámetros y curvas de crecimiento estimadas para ambos sexos con los diversos modelos utilizados fueron diferentes (Cuadro 10). El modelo que mejor se ajustó a los datos fue el 2VBGM (Fig. 19). Las longitudes al nacer (L_0) que proyectan los modelos son 59 cm con el modelo de dos parámetros de von Bertalanffy (2VBGM) y 81 cm con los modelos de Gompertz y von Bertalanffy tradicional para los machos, en el caso de las hembras, la L_0 es 59 cm con el modelo de 2VBGM y 71 con el modelo de Gompertz y von Bertalanffy. La asíntota promedio se logra con el modelo de mejor ajuste a los 156.30 cm en los machos y en las hembras a los 165.82 cm.

Cuadro 10. Parámetros de crecimiento de *Carcharhinus limbatus* con los distintos modelos. L_∞ = longitud asíntota (cm), k = tasa de crecimiento, t_0 = edad teórica a la longitud cero (años), AIC= Información del Criterio de Akaike.

Machos				
Modelo	L_∞	k	t_0	AIC
von Bertalanffy	163.67	0.23	-2.94	407
Gompertz	160.25	0.31	-1.29	423
2VBGM	156.53	0.37		601
Hembras				
von Bertalanffy	173.47	0.21	-2.57	250
Gompertz	166.30	0.31	-0.56	245
2VBGM	165.82	0.29		269

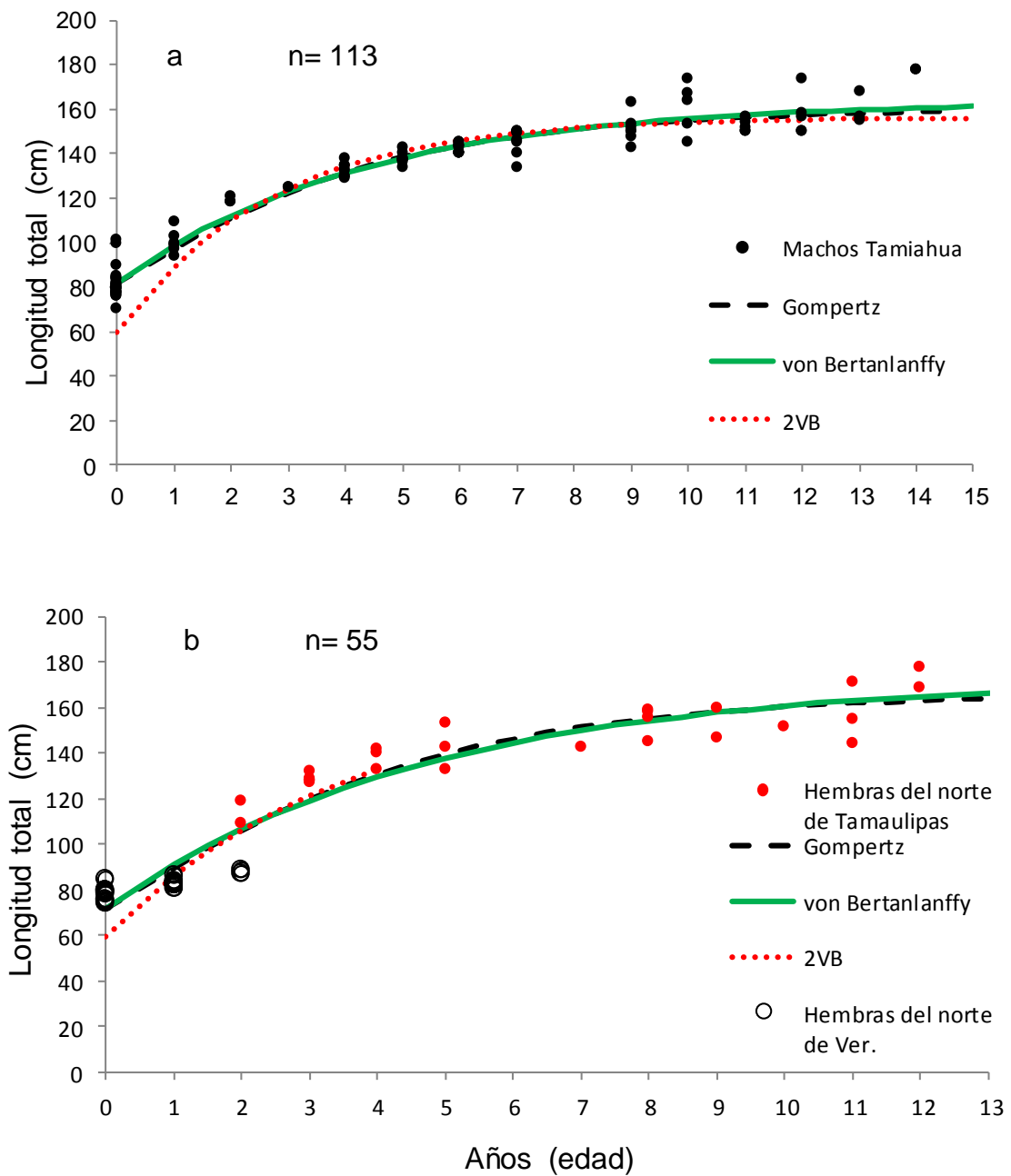


Figura 19. Curvas de crecimiento para machos de *Carcharhinus limbatus* (a) y para hembras (b) aplicando los tres modelos de crecimiento.

7.6 Cálculo de la productividad biológica

El promedio de los valores obtenidos para la PB_1 (Cuadro 11) indicaron una productividad biológica baja para la especie, mientras que el valor promedio para la PB_2 fue de 0.22 mostrando una productividad media para *Carcharhinus limbatus*.

Cuadro 11. Productividad biológica (PB) de *C. limbatus*. (PB_1) y PB_2 . M= media y B= baja.

Sp	Rango de valores de M	Fecundidad	Ciclo reproductivo	PVR	Promedio de parámetros reproductivos	PB_1	M	PB_2
<i>Clim</i>	0.264–0.35 ^{2,4}	0.01 ^{2,3}	0.5 ^{1,2,3}	0.33 ^{1,2}	<u>0.28</u>	B	<u>0.22</u>	M

Referencias: 1. Compagno (1984), 2. Tovar-Ávila *et al.* (1995), 3. Castillo-Géniz, (1998). 4. Furlong-Estrada, (2010).

La productividad biológica promedio (\overline{PB}) con base en mortalidad y parámetros reproductivos fue de 0.25 indicando de manera general un nivel bajo de productividad biológica para la especie, el nivel promedio de susceptibilidad de captura resultó de 0.27 categorizado como nivel bajo de susceptibilidad.

7.7 Cálculo de la susceptibilidad de *C.limbatus*

La susceptibilidad de captura (SC) a las redes fue baja para la especie (0.33) al igual que la (SC) al palangre (0.21).

Los valores que fueron asignados al arte de pesca denominada “palangre” son los siguientes: distribución de la población cubierta por la flota pesquera (disponibilidad) resulto baja con valor de 0.33, el grado de traslape entre la

distribución de *C. limbatus* y el arte de pesca utilizado resultó medio con un valor de 0.66, el valor de la proporción de animales que encontraron un arte de pesca y que fueron capturados resultó con un valor igual a 1.00 y por consiguiente la mortalidad postcaptura se considero alta con valor de 1.00 debido a que ningunos de los organismos capturados fue descartado.

Respecto a los valores asignados al arte de pesca que se uso (red) se establecieron los siguientes: distribución de la población cubierta por la flota pesquera (disponibilidad) resultó baja con valor de 0.33, el grado de traslape entre la distribución de *C. limbatus* y el arte de pesca utilizado fue medio con un valor de 1.00, el valor de la proporción de animales que encontraron un arte de pesca y que fueron capturados presentó un valor igual a 1.00 y la mortalidad postcaptura se considero alta con valor de 1.00 ya que ninguno de los organismos capturados fue descartado.

7.8 Análisis de riesgo ecológico

El riesgo ecológico (RE) a los efectos de la pesca artesanal resultó bajo para la especie basada en los dos componentes: la mortalidad y los parámetros reproductivos (Fig. 20).

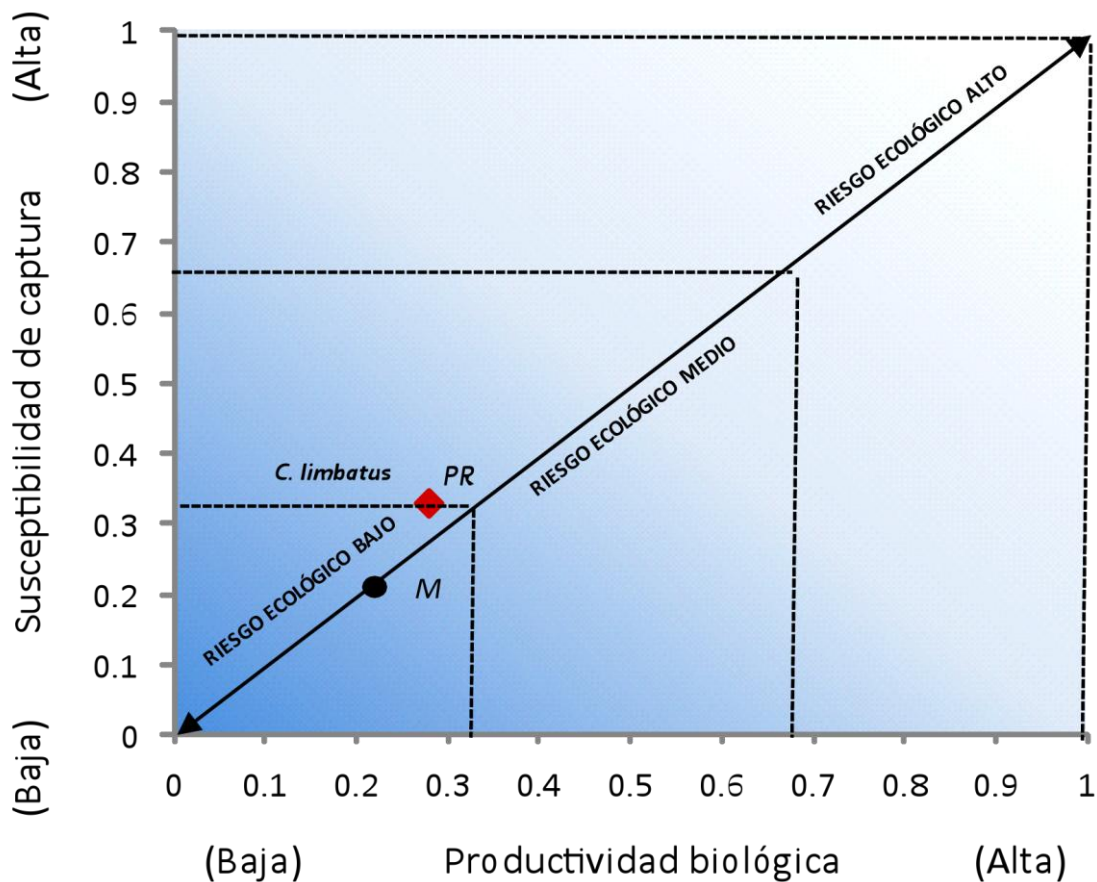


Figura 20. Riesgo ecológico por efecto de la pesca para *Carcharhinus limbatus* capturado por la flota artesanal de Tamiahua, Ver. La *PR* indica la ubicación del riesgo ecológico de la especie con base en sus parámetros reproductivos y *M* indica el riesgo ecológico resultante con base en la mortalidad.

7.9 Análisis demográfico

Las tasas finita e intrínseca de crecimiento poblacional obtenidas con el modelo demográfico (Cuadro 12) indican que la población puede incrementarse en ausencia de mortalidad por pesca en un 28% anual. La tasa neta reproductiva indica que las hembras producen en promedio 8.7 hembras durante su vida.

El tiempo generacional fue de 9.3 años y el tiempo de duplicación de la población fue de 8.5 años.

Cuadro 12. Parámetros demográficos para *Carcharhinus limbatus* en la zona norte de Veracruz.

Parámetros demográficos	Valores obtenidos
Lambda (λ)	1.28
R	0.25

Para los organismos juveniles de *Carcharhinus limbatus* la elasticidad fue más alta que para los adultos (Cuadro 13), y la elasticidad tanto para juveniles como para adultos fue mayor que en los organismos de edad cero. De tal forma, los organismos de edad cero influyen en menor medida al incremento de la tasa intrínseca de la población, mientras que los cambios en las transiciones de los juveniles pudieran tener un gran efecto en el incremento de las poblaciones de la especie.

Cuadro 13. Valores de elasticidad para cada grupo de edad, la suma de los tres es igual a la unidad. Cada valor contribuye de manera proporcional a los efectos de lambda sobre los cambios demográficos en *Carcharhinus limbatus*.

Grupos de edad	Valores de elasticidad
1 a 5 años (inmaduros)	0.6347
6 a 15 años (maduros)	0.2383
0 años (neonatos)	0.1269

VIII. DISCUSIÓN

El tiburón puntas negras *Carcharhinus limbatus* es una de las especies más importantes en las capturas de las pesquerías artesanales que se practican en el Golfo de México (Tovar-Ávila, 1995; Castillo-Géniz *et al.*, 1998). En Veracruz esta especie representa un importante recurso para las pesquerías de la zona costera de Tamiahua, ya que compone la mayor parte de las capturas reportadas (Castillo-Géniz *et al.*, 1998). En el presente estudio el intervalo de tallas de los organismos muestreados fueron similares a las reportadas en trabajos anteriores; 52.4–183 cm en hembras y 59.8–160.5 cm en machos (Killam y Parsons, 1989); 178 cm y 160 cm como talla máxima para hembras y machos respectivamente (Branstetter, 1987); 60–178 cm en hembras y 70–178 cm en machos (Tovar-Ávila 1995; Castillo-Géniz *et al.*, 1998) y 244.1 cm y 210.0 cm como talla máxima reportada para hembras y machos correspondientemente (Carlson *et al.*, 2006).

Cabe mencionar que en estas zonas de captura se registraron organismos de los estadios neonato-juvenil (machos y hembras) y adultos (machos) y al igual que los trabajos realizados por Tovar-Ávila, (2000) y Carlson *et al.*, (2006), este estudio no registró presencia de hembras adultas. Respecto a esta observación, Tovar-Ávila, (2000) señala que las hembras suelen encontrarse al norte del Golfo de México (Costas de Tamaulipas).

Las zonas de captura del tiburón puntas negras *Carcharhinus limbatus* se encuentran cercanas a tres importantes arrecifes: Blanquilla, Medio y Lobos, éstas ubicaciones podrían deberse a la alta productividad que poseen estos ecosistemas como consecuencia de los giros ciclónicos que se forman y las surgencias (Lluch-Cota *et al.*, 2007), así como la protección que los arrecifes brindan a muchas especies de peces (González-Gándara, 2006; Vidal *et al.*, 1994).

Los resultados de captura por unidad de esfuerzo (CPUE) con base en el número de embarcaciones utilizadas y el número de horas efectivas de pesca muestran dos períodos de pesca en los cuales el mes de diciembre presenta el mayor aumento volumen, coincidiendo con la época de nortes. Estas tendencias fueron similares a lo obtenido por Tovar-Ávila (1995). Las diferencias entre un período y otro pueden ser explicadas de acuerdo a las características de la flota y el recurso que se está pescando (González-Becerril *et al.*, 2000)

Las relaciones obtenidas entre la talla y el diámetro vertebral indican que las vértebras de *C. limbatus* crecen en la misma proporción que su la talla, como ha sido sugerido para esta especie (Tovar-Ávila 2000) y otras (Cailliet y Goldman 2004). Lo anterior demuestra que las vértebras pueden ser utilizadas para estimar el crecimiento de *C. limbatus*. La diferencia de tallas entre los machos y las hembras fue diferente, siendo más significativa para los machos. Aunque Tovar-Ávila (2000) menciona que las hembras suelen crecer más rápido que los machos,

el autor no realizó ningún análisis estadístico para comprobar éstas diferencias en la relación de talla–diámetro vertebral.

La precisión de los conteos de las bandas de crecimiento fue mayor al obtenido por Wintner y Cliff, (1996) que reportan un intervalo de APE de 8.1–9.4; Carlson *et al.*, (2006) obtienen un valor de 3.9 y Tovar-Ávila *et al.*, (2009) un intervalo de 5.6–8.3.

Branstetter, (1987) y Killam y Parsons (1989) no reportan ningún valor de precisión, esto probablemente se debió a la técnica utilizada para leer vértebras, ya que ellos hicieron las lecturas sobre las muestras completas.

La precisión de las lecturas del autor resultaron ser aceptables en comparación a otros estudios que han obtenido intervalos de 6.1–17.2 (Tanaka *et al.*, 1990), donde errores de alrededor del 10% son comunes (Campana, 2001), no obstante, la precisión entre lectores, fue mayor.

Las diferencias encontradas al realizarse las lecturas por distintos lectores no se deben a la experiencia del primero en la lectura de bandas de crecimiento, ya que los tres lectores tenían distinto grado de experiencia. Estas diferencias se deben probablemente a la formación de las bandas de crecimiento en esta especie, lo cual constituye una de las fuentes de error importantes en los estudios de edad (Campana, 2001).

Los gráficos de sesgo permitieron determinar que ni el autor, ni los otros lectores estimaron la edad incorrectamente de manera sistemática. Sin embargo, al igual que en cualquier otra especie es indispensable la validación de la edad para determinar si existe una sobre o subestimación (Tovar-Ávila *et al.*, 2009) en *C. limbatus* por medio de la lectura de las bandas en las vértebras.

La edad máxima estimada para los machos durante el presente estudio fue similar a la calculada para la misma zona por Tovar-Ávila, (2000) que reporta una edad máxima (e_{max}) de 14 años, y cercanas a la estimada en trabajos realizados en la costa Atlántica (13.5 años) por Carlson *et al.*, (2006). Sin embargo fue mucho mayor a la estimada por Branstetter, (1987) que reporta una e_{max} de 5.8 años en el Noreste del Golfo de México, Killam y Parsons, (1987) que registran una e_{max} de 9 años para machos capturados en la costa de Florida, Carlson *et al.*, (2006) que obtienen un valor de 4.5 años para el Noroeste del Golfo de México y Wintner y Cliff, (1996) que registran una e_{max} de 10 años para organismos muestreados en Sudáfrica.

En el caso de las hembras, la edad máxima obtenida en el presente estudio fue menor a la reportada por los siguientes trabajos; Tovar-Ávila, (2000), con una edad máxima de 12 años; Branstetter, (1987) reportó una e_{max} de 9.3 años; Killam y Parsons, (1989), una e_{max} de 10 años; Carlson *et al.*, (2006) para la costa Atlántica registran una e_{max} de 15.5 años y para el noroeste del Golfo de México, 12.5 años y Wintner y Cliff, (1996) reportaron una e_{max} de 11 años.

Las diferencias entre las edades estimadas del presente estudio y las reportadas por otros autores, puede deberse a diferentes factores, tales como: la técnica empleada para leer las bandas (Cuadro 14), las zonas donde fueron obtenidas las muestras, ya que éstas regiones pueden diferir en el arte de pesca y generar diferencias en las tallas de captura (Walker, 1998). La distribución de alimento en la columna de agua, los patrones migratorios de las poblaciones que provocan que organismos más pequeños se encuentren más cercanos a la costa o incluso la existencia subpoblaciones para aquellas zonas más alejadas (Tovar-Ávila, 2000).

Tovar-Ávila, (2000) reporta que las hembras adultas no se encuentran presentes en la zona costera de Tamiahua, tal como lo hace el presente estudio. Esta distribución podría relacionarse con hábitos de segregación de las hembras, como parte de sus estrategias de sobrevivencia, ya que en regiones ubicadas al norte del Golfo de México (Tamaulipas) podrían existir áreas de crianza de esta especie (Castro *et al.*, 1998; DeAngelis *et al.*, 2008). Otros factores que pueden influir, son las diferencias en las temperaturas superficiales del agua entre una zona y otra, y/o la cantidad de alimento disponible (Drymon *et al.*, 2010).

Los parámetros de crecimiento estimados con los distintos modelos resultaron ser menores a los reportados previamente para *Carcharhinus limbatus* por Branstetter, (1987); Killam y Parsons, (1989); Carson *et al.*, (2006); Winter y Cliff, (1996) y Tovar-Ávila, (2000) estas diferencias podrían deberse a distintas razones 1) diferentes zonas de muestreo, 2) diferentes técnicas empleadas para observar las bandas de crecimiento (Caillet *et al.*, 2006), 3) al uso de un solo modelo (von

Bertalanffy tradicional) y/o 4) a la ausencia de las hembras adultas en el presente estudio (Cuadro 14). Esto último sugiere la obtención de información de otras pesquerías o zonas de pesca para complementar la historia de vida existente de la especie, ya que la pesquería artesanal de Tamiahua no captura hembras adultas.

Cuadro 14. Comparación de parámetros de crecimiento obtenidos por trabajos anteriores y el presente estudio. P_{crecimiento}= Parámetros de crecimiento, Cv= cortes vertebrales, Vc= Vértebras completas, NO= Noroeste, NE= Noreste, GM= Golfo de México, Nte de Ver= Norte de Veracruz (Tamiahua).

P _{crecimiento}	Autor	Región	Método
$L_{\infty}= 171.00, k= 0.284$ y $t_0= -1.5$	Branstetter, 1987	NO del GM	Cv
$L_{\infty}= 195.00, k= 0.240$ y $t_0= -2.18$	Killam y Parsons, 1989	Florida	Vc
$L_{\infty}= 218.86, k= 0.240$ y $t_0= -2.18$	Carson <i>et al.</i> , 2006	NE del GM	Cv
$L_{\infty}= 262.50, k= 0.210$ y $t_0= -1.2$	Winter y Cliff, 1996	Sudáfrica	Cv
$L_{\infty}= 178.4, k=0.19$ y $t_0= -3.39$	Tovar-Ávila, 2000	GM	Cv
$L_{\infty}= 156.30, k=0.36$ y $t_0= -3.39$	Presente estudio	Nte de Ver	Cv

El modelo de 2VBGM, fue el que mejor se ajustó a los datos en el presente trabajo, este modelo tiene la ventaja de no tomar en cuenta el parámetro t_0 , evitando las dificultades de interpretación que tiene (Haddon, 2001). En su lugar utiliza la talla al nacer L_0 , la cual es matemáticamente equivalente y tiene significado biológico (Cailliet y Goldman, 2004).

El crecimiento de *Carcharhinus limbatus* en estudios anteriores ha sido estimado mediante el modelo tradicional de von Bertalanffy (Killam y Parsons, 1989). Este modelo es determinístico porque utiliza parámetros fijos (Tovar-Ávila *et al.*, 2009). A la fecha no se ha explorado otro tipo de modelos, aunque se recomienda la

comparación entre varios para determinar el que mejor se ajuste a los datos de longitud-edad (Braccini *et al.*, 2006).

Los métodos utilizados en el presente estudio indican que *Carcharhinus limbatus* es sensible a las actividades de la pesca por la productividad baja que presenta y el potencial de resiliencia de la especie (Smith *et al.*, 1998). Sin embargo de acuerdo al análisis de productividad y susceptibilidad la especie presenta un riesgo ecológico bajo basado en todos los componentes que utiliza el método de riesgo ecológico.

La baja productividad biológica (PB) estimada para la especie con ambas metodologías (PB₁ y PB₂), demuestra que tanto los parámetros de historia de vida como los reproductivos reflejan las características generales de organismos de “vida larga” (Walker, 2005). Se observó que el nivel de riesgo tiene una tendencia a superar el nivel bajo y pasar a un grado medio de riesgo, con base en la productividad biológica de la especie.

El análisis de productividad y susceptibilidad (PSA) fue usada porque la información de la población estaba limitada, como pasa en la mayoría de los condrictios (Walker, 2005).

El PSA en este estudio usó la mejor información disponible sobre la historia de vida de *C. limbatus*, así como también información pesquera específica (Stobutzki *et al.*, 2002). Cabe mencionar que esta técnica no reemplaza a los métodos

tradicionales de evaluaciones poblacionales pero complementa de manera más rápida y significativa las investigaciones, toma de decisiones y manejo de muchas especies de condrictios entre ellas *Carcharhinus limbatus* (Stobutzki *et al.*, 2002; Walker, 2005; Tovar-Ávila *et al.*, 2010 y Hobday, 2011).

La susceptibilidad de captura (SC) baja de *C. limbatus* a las artes de pesca utilizados (red y palangre) respectivamente, puede estar relacionada estrechamente con los hábitos de los tiburones que componen la captura (Walker, 2005), *C. limbatus* es una especie semicostera, su distribución generalmente está ubicada de 10 m a <30 m en la columna de agua (Carlson *et al.*, 2006) así como con la profundidad a la que operan las artes de pesca (cuatro a cinco brazadas) (Tovar-Ávila, 1995) y posiblemente al área de operación de las embarcaciones artesanales que suelen ser restringidas a la costa (menos de 13 km) (Tovar-Ávila, 1995).

Similar a lo obtenido en estudios previos en otras zonas para diferentes especies de tiburones (Cortes *et al.*, 2010), *C. limbatus* presenta una PB promedio baja, SC promedio baja y por lo tanto riesgo ecológico (RE) bajo. Por el contrario Furlong-Estrada *et al.* (2010) ubican a *C. limbatus* con un grado medio de susceptibilidad a las capturas por la pesquería artesanal de la costa de Nayarit y Jalisco.

Una sugerencia que hacen Furlong-Estrada *et al.* (2010) sobre estos dos componentes, es que es suficiente presentar ya sea PB baja o SC alta, para considerar a una especie con RE alto.

Esto indica que la especie bajo las condiciones descritas a lo largo del documento, debería considerarse como una especie que necesita manejo adecuado de sus poblaciones (Furlong-Estrada *et al.*, 2010). Sobre todo en organismos juveniles, ya que una productividad baja refleja el lento desarrollo para comenzar a reproducirse

Los resultados de Furlong-Estrada *et al.* (2010) y los del presente estudio estuvieron basados en datos de mortalidad y parámetros reproductivos (fecundidad, ciclo reproductivo y proporción de vida reproductiva (pvr).

Cabe señalar que la evaluación de riesgo ecológico por efectos de la pesca (ERAEF) permite reconocer de manera rápida las necesidades de investigación, manejo y protección de los recursos (Stobutzky *et al.*, 2002). En este estudio, el método permitió identificar los huecos de información tanto pesquera como biológica sobre *Carcharhinus limbatus*, detectó con base en su parámetros de vida que la especie tiene un grado bajo de susceptibilidad de captura, sin embargo puede estar vulnerable a la disminución de sus poblaciones. Este tipo de evaluaciones deben ser consideradas como un primer paso hacia un manejo sostenible en las pesquerías de *C. limbatus*, y otras especies de tiburones en el Golfo de México, extendiéndose a otras regiones, en particular para las pesquerías artesanales que cuentan con limitada información de captura, esfuerzo y especies con limitada información biológica y poblacional, como fue la situación del presente trabajo de investigación.

El valor de lambda obtenido en el análisis demográfico realizado en *Carcharhinus limbatus* indica que las poblaciones de la especie tiene la capacidad de aumentar y los análisis de elasticidad y sensibilidad confirmaron que la sobrevivencia de los juveniles (1-5 años) son el factor clave en la productividad de las poblaciones. Estos patrones son comunes en especies de vida larga y en tiburones en particular (Heppell *et al.*, 1999; Cortés 2002; 2007).

La protección a los organismos juveniles podría actualmente ser la vía de acciones de manejo si la explotación del recurso es sostenible, siendo esto posible a través del establecimiento de límites de tallas en las pesquerías (Casey, 1985).

IX. CONCLUSIONES

- Con base en la hipótesis planteada se concluye que la especie para la zona norte de Veracruz no presenta un nivel de riesgo alto por los efectos de la pesca artesanal, debido principalmente a que en esta zona no se encuentran las hembras adultas.
- El área de pesca de *Carcharhinus limbatus* por la flota artesanal de Tamiahua, Veracruz aunque suele ser variada, se ubicó dentro de una poligonal que abarca tres principales arrecifes: Blanquilla, Medio y Lobos.
- La captura por unidad de esfuerzo, estimada con base en el número de embarcaciones utilizadas y el número de horas de trabajo, muestra diferencias en la captura mensual, siendo el mes de diciembre con más capturas, esto puede estar relacionado con los cambios en la temperatura superficial del mar y los niveles de productividad.
- La relación lineal existente entre el diámetro de la vértebra y la longitud total para machos y hembras, indicaron la conveniencia de usar las vértebras para estimar el crecimiento individual de *C. limbatus*.
- Las edades mínimas y máximas estimadas para las hembras capturadas en la región fueron menores que las de los machos.

- El modelo de dos parámetros de von Bertalanffy describe de mejor manera el crecimiento de la especie.
- El valor de la mortalidad estimada resultó ser menor a la productividad calculada en *Carcharhinus limbatus*.
- La baja susceptibilidad de la especie a las artes de pesca empleadas por la pesquería artesanal en la región indica que esta especie tiene un riesgo bajo a los efectos de esta pesquería, sin embargo con base en la productividad biológica el riesgo se encuentra en el límite del intervalo.
- Los parámetros demográficos de *C. limbatus* muestran que la especie tiene capacidad de incrementarse en ausencia de mortalidad por pesca.
- Las matrices de elasticidad y sensibilidad indicaron que los organismos que más contribuyen al crecimiento de la población son los juveniles (1 a 5 años), mientras que los organismos con menor influencia son los de edad cero (neonatos).

X. APLICACIÓN DEL TRABAJO

Las poblaciones de organismos marinos alrededor del mundo han experimentado cambios por los efectos de las actividades pesqueras, viéndose reflejado en la composición de los ecosistemas donde habitan los organismos.

La evaluación de las poblaciones y los efectos de las actividades pesqueras son difíciles de analizar cuando no existe información suficiente para aplicar modelos tradicionales. En estos términos, el ERAEF (evaluación de riesgo ecológico por los efectos de la pesca) permitió la estimación del riesgo en *Carcharhinus limbatus* a partir de la información disponible, a través de sus tres niveles jerárquicos que (análisis cualitativos, semicuantitativos y cuantitativos).

Este estudio en particular representa la primera investigación para el Golfo de México aplicado en una especie de gran importancia comercial, aporta información que complementa la historia de vida de *Carcharhinus limbatus*, pone en práctica modelos cuantitativos (análisis demográfico) para conocer la dinámica de sus poblaciones en la zona norte de Veracruz.

La información que se generó en este trabajo permitió además establecer el grado en que las poblaciones de *C. limbatus* pueden ser afectadas, sus principales áreas de captura, captura por unidad de esfuerzo a través de un período, parámetros de crecimiento de la especie, estimación de edades, valores de mortalidad y productividad biológica, así como las matrices de elasticidad y sensibilidad que

indicaron que los organismos juveniles son los más importantes en esa zona por contribuir de manera significativa al incremento de la tasa intrínseca de la población de *Carcharhinus limbatus*.

Esta investigación es un antecedente que contribuye al manejo sostenible de *C. limbatus* y puede servir de sustento para la elaboración de planes de manejo, el establecimiento adecuado de vedas con el fin de aprovechar de manera óptima el recurso.

XI. BIBLIOGRAFÍA

- Akaike, H. 1974. "Una nueva mirada sobre la identificación del modelo estadístico". *IEEE Transactions on Control Automático* **19** (6): 716–723.
- Applegate, S.P. 1967. A survey of shark hard parts. In: P. W. Gilbert, R.F. Mathewson y D.P. Rall (Eds.), *Sharks, skates and rays. The Johns Hopkins Press, Baltimore* 37–67.
- Applegate, S. P., Espinosa, I., Menchaca, I. y F. Sotelo. 1979. Tiburones Mexicanos. Subsecretaría de Educación e Investigación Tecnológica, Dir. General Ciencias Técnicas del Mar, S.E.P. Primera edición. México, D.F., 147.
- Baughman, J. L. y S. Springer. 1950. Biological and economic notes on the Gulf of Mexico, with Special References to those of Texas and with a key for their identification. *The American Midland Naturalist Bulletin* **44** (1): 96–152.
- Beamish, R. J. y D. A. Fournier. 1981. A method for comparing the precision of a set of age determinations. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **38**: 982–983.
- Bigelow, H. B. y W. C. Schroeder. 1948. Sharks Memoriam. Sears Found. *Marine Research* **1**: 53–576.
- Branstetter, S. 1987. Age and growth estimates for blacktip, *Carcharhinus limbatus*, and spinner, *C. brevipinna*, sharks from the Northwestern Gulf of Mexico. *Copeia* **4**: 964–974.
- Braccini, J. M., Gillanders, B. M. y T. I. Walker. 2006. Hierarchical approach to the assessment of fishing effects on non-target chondrichthyans: case study of *Squalus megalops* in southeastern Australia. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **63**: 2456–2466.
- Breder, C.M. y D. E. Rosen. 1966. Modes of reproduction in fishes. T.F.H. *Publications Neptune City, New Jersey* 941.
- Campana S. E. 2001 Accuracy, precision and quality control in age determination, including review of the use and abuse of age validation methods. *Journal of Fish Biology* **59**: 197–242.
- Cailliet, G. M. y K. J. Goldman. 2004. Age determination and validation in Chondrichthyan fishes. In J. Carrier, J.A. Musick & M. Heithaus (eds). *Biology of Sharks and Their Relatives*. CRC Press, Boca Raton, FL. 596.

- Cailliet, G.M., Martin, L.K., Harvey, J.T., Kusher, D. y B.A. Welden. 1983b. Preliminary studies on the age and growth of blue, *Prionace glauca*, common thresher, *Alopias vulpinus*, and shortfin mako, *Isurus oxyrinchus*, sharks from California waters. In: Prince E.D. and L.M. Pulos (eds). Proceedings of the International workshop on age determination of oceanic pelagic fishes: tunas, billfishes, and sharks. U.S. Department Commercial. NOAA Technical Report NMFS **8**: 179–188.
- Cassleman, J. M. 1983. Age and growth assessment of fish from their calcified structures techniques and tools. U.S. Department Commercial. NOAA Technical Report NMFS **8**.
- Castillo-Géniz, J. L., Márquez Farías, J. F., Rodríguez de la Cruz, M. C., Cortés E. y A. Cid del Prado. 1998. The mexican artisanal shark fishery in the Gulf of Mexico: towards a regulated fishery. Australian Journal Marine. *Freshwater Research* **49**: 611–620.
- Castro-Aguirre, J. L. 1967a. Contribución al estudio de los tiburones en México. Tesis Profesional. Escuela Nacional Ciencias Biológicas. IPN. México. 258.
- 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. *Environmental Biology of Fishes* **38**: 37–48.
- Casey, J. G. 1985. Transatlantic migrations of the blue shark: a case history of cooperative shark tagging. In 'Proceedings of the First World Angling Conference, Cap d'Agde, France'. 12–18 September, 1984. Ed. R. H. Stroud 253–268.
- Casey, J.G. y N.E. Kohler. 1991. Long distance movements of Atlantic sharks. From the NMFS Cooperative Sharks Tagging Program.
- Caswell, H. 2001. Matrix population models: construction, analysis, and interpretation, 2nd edition Sinauer, Sunderland, MA 722.
- Carlson, J.K., Sulikowski, J.R. y I.E. Baremore. 2006. Do differences in life history exist for blacktip sharks, *Carcharhinus limbatus*, from the United States South Atlantic Bight and Eastern Gulf of Mexico? *Environmental Biology of Fishes* **77**: 279–292.
- Clark, E. y K.von Schmidt. 1965. Sharks of the central Gulf coast of Florida. *Bulletin Marine Science* **15**: 13–83.
- Contreras, E. F. 2004. Las lagunas costeras de Veracruz. México **2**: (1): 205–227.

- Compagno, L. J. V. 1984. FAO species catalog. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Part 1. *FAO Fishery Synopsis* **4**: 125–655.
- Compagno, L. J. V., Dando, M. y S. Fowler. 2005. Sharks of the world. *Princeton University Press*. Princeton, New Jersey. 368.
- CONAPESCA-INP, 2004. Plan de Acción Nacional para el Manejo y Conservación de Tiburones, Rayas y Especies Afines en México. *Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca e Instituto Nacional de la Pesca, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación*. Mazatlán, México 80.
- Conrath, C. L., Gelsleichter, J. y J. A. Musick. 2002. Age and growth of the smooth dogfish, *Mustelus canis*, in the northwest Atlantic. *Fishery Bulletin* **100**: 674–682.
- Cortés, E. 2005. Comparative life history and demography of pelagic sharks. In 'Sharks of the Open Ocean: Biology, Fisheries and Conservation' (Eds M. D. Camhi and E. K. Pikitch.) (Blackwell Publishing: Oxford.)
- Cortés, E. 2007. Comparative life-history and demography of pelagic sharks. In 'Sharks of the Open Ocean'. (Eds E. K. Pikitch and M. Camhi.) *Blackwell Scientific: Oxford*.
- Cortés, E., Arocha, F., Beerkircher, L., Carvalho, F., Domingo, A., Heupel, M., Holtzhausen, H., Santos, M. N., Ribera, M. y C. Simpfendorfer. 2010. Ecological risk assessment of pelagic sharks caught in Atlantic pelagic longline fisheries. *Aquatic Living Resources* **23**: 25–34.
- De Kroon, H., Van G. J. y J. Ehrlen. (2000). Elasticities: a review of methods and model limitations. *Ecology* **81**: 607–618.
- De la Lanza Espino, G. 1994. Manejo y aprovechamiento acuícola de lagunas costeras en América Latina y el Caribe. Programa Cooperativo Gubernamental. FAO.
- DeAngelis, B. M., McCandless, C. T., Kohler, N. E., Recksiek, C. W. y G. B. Skomal. 2008. First characterization of shark nursery habitat in the United States Virgin Islands: evidence of habitat partitioning by two shark species. *Marine Ecology Progress* **358**: 257–271.
- Díaz-Ruiz S, Aguirre León A. y A. Pérez Solís. 2000. Distribución y abundancia de *Syngnatus louisianae* y *Syngnatus scovelli* en la laguna de Tamiahua, Golfo de México. Laboratorio de ictiología y ecología costera,

- Departamento de hidrobiología, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. *Ciencias Marinas* **26**: (1): 125–143.
- Drymon, J. M., Powers, S. P., Dindo, J., Dzwonkowski, B. y A. T. Henwood. 2010. Distributions of Sharks across a Continental Shelf in the Northern Gulf of Mexico, *Marine and Coastal Fisheries* **2**: (1): 440–450.
- Fish base. 2011. Catálogo de la FAO. www.fisbase.org.
- Furlong, E. E., Tovar Ávila, J. y J. E. Ríos. 2010. Riesgo Ecológico por efectos de la Pesca Artesanal para tiburones capturados en el Pacífico Central Mexicano. *Foro de pesca ribereña Mexico*, DF.
- Garrick, J.A. 1982. Sharks of the Genus *Carcharhinus* U.S Department of commerce. *NOAA Technical report NMFS 445* 194.
- González, G. C., Trinidad, M. S. C. y V. M. Chávez Morales. 2006. Peces ligados a *Thalassia testudinum* en el arrecife Lobos, Veracruz, México: diversidad y abundancia. *Revista Biología Tropical* **54** (1): 189–194.
- González, B. A., Espino, B. E., Cruz, R. M. y A. R. Luna. 2000. Determinación de la unidad de esfuerzo de pesca en una pesquería artesanal ribereña en manzanillo, Colima, México. *Ciencias Marinas* **26** (1): 113–124.
- Haddon, M. 2001. *Modelling and Quantitative Methods in Fisheries*. CRC Boca Raton London New York, Washington, DC.406.
- Heppell, S. S., Crowder, L. B., y T. R. Menzel. 1999. Life table analysis of long-lived marine species with implications for conservation and management. In 'Proceedings of Symposium 23: Life in the Slow Lane: *Ecology and Conservation of Long-Lived Marine Animals, Monterey, CA*. (Ed. J. A.)
- Hobday, A., Smith, A. D. M. y I. Stobutzki. 2004. Ecological risk assessment for Australian Commonwealth fisheries. Final report stage 1. Hazard identification and preliminary risk assessment. Australian Fisheries Management Authority Report R01/0934. Available at http://www.afma.gov.au/research/reports/2004/r01_0934.pdf
- Hood, GM. 2010. PopTools versión 3.2.5. Disponible en el Internet. URL <http://www.poptools.org>.
- Hobday, A.J., Smith, A.D.M., Stobutzki, I.C., *et al.* 2011. Ecological risk assessment for the effects of fishing. *Fisheries Research* **108**: 372–384.
- Hoening, J. M. 1983. Empirical use of longevity data to estimate mortality rates. *Fishery Bulletin* **82**: 898–903.

- Hueter, R.E., Castillo–Geníz, J.L., Márquez–Farías, J.F. y J.P. Tyminski. 2007. The use of Laguna Yalahau, Quintana Roo, Mexico as a primary nursery for blacktip shark. *American Fisheries Society Symposium*. **50**: 345–364.
- Jensen, A. L. 1996. Beverton and Holt life history invariants result from optimal trade-off of reproduction and survival. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **53**: 820–822.
- Killam, K.A. y G. Parsons. 1989. Age and growth of the blacktip shark, *Carcharhinus limbatus*, near Tampa bay, Florida. *Fishery Bulletin* **87**(4): 845–857.
- Lluch-Cota, S.E., Aragón-Noriega, E., Arreguín-Sánchez, A.F., *et al.* 2007. The Gulf of California: Review of ecosystem status and sustainability challenges. *Programa Oceanográfico* **73**:1–26.
- Mc Eachran, J.D y J.D. Fechhelm. 1998. Peces del Golfo de México. *University of Texas Press*, Austin, EE.UU
- Marin, O. R. 1992. Aspectos biológicos de los tiburones capturados en las costas de Tamaulipas y Veracruz, México. Tesis profesional de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, México. 147.
- Medellín-Ortiz. 2004. Determinación de edad del Tiburón Dormilón Búfalo (*Heterodontus mexicanus*) (Taylor and Castro-Aguirre 1972), in the Northern Gulf of California, Centro de Investigación Científica y Estudios Superiores de Ensenada. *Ciencias Marinas* 12.
- Montiel, B. H. 1988. Contribución al conocimiento de los elasmobranchios de la zona costera de Tuxpan, Veracruz, México. Tesis Profesional. Facultad de Biología, *Universidad Veracruzana*, México 111.
- Musick, J. A. 2005. Management of sharks and their relatives (elasmobranchii) *Fisheries Society* **1**: 1–6.
- Ortiz, P. M. A., De la Lanza, G., Salazar, P. E. M. y J. L. P. Carvajal. 2006. Diferenciación del espacio de México: Un inventario regional. Instituto de Geografía. Ed. Universidad Nacional Autónoma de México. *Serie de Textos Universitarios* 138.
- Parsons, G. R., y E. R. Hoffmayer. 2005. Seasonal changes in the distribution and relative abundance of the Atlantic sharpnose shark *Rhizoprionodon terraenovae* in the north-central Gulf of Mexico. *Copeia* 914–920.
- Punt, A. E. y D. M. Smith. 1999. Management of long-lived marine resources: a comparison of feedback-control management procedures. In *Life in the*

Slow Lane: Ecology and Conservation of Long-lived Marine Animals (Musick, J. A., ed). *American Fisheries Society Symposium* 243–265.

SAGARPA, 2011. Anuario estadístico de Acuacultura y Pesca. *Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca* 311.

Simpfendorfer, C. A. 2005. Demographic models: life tables, matrix models and rebound potential. In *Management Techniques for Elasmobranch Fisheries* (Musick, J. A. y Bonfil, R., eds) Rome: FAO 143–153.

Smith, S.E., Au, W.D., y C, Show.1998. Intrinsic rebound potentials of 26 species of Pacific sharks. *Marine Freshwater Research* **49**: 663–678.

Smith, W. D., Bizzarro, J. J., Richards, V. P., Nielsen, J., Márquez-Farías, J. F. y M. S. Shivji. 2009. Morphometric convergence and molecular divergence: the taxonomic status and evolutionary history of *Gymnura crebripunctata* (Peters, 1869) and *G. marmorata* (Cooper, 1864) in the eastern Pacific Ocean. *Journal of Fish Biology* **75**: 761–783.

Stobutzki, I. C., Miller, M.J. y D. T, Brewer. 2001a. Sustainability of fishery by catch: a process for dealing with highly diverse and numerous by catch. *Environmental Conservation* **28**: 167–181.

Stobutzki, I. C., Miller, M. J., Heales, D. S. y D. T. Brewer. 2002. Sustainability of elasmobranchs caught as by catch in a tropical prawn (shrimp) trawl fishery. *Fishery Bulletin* **91**: 138–150.

Tanaka, S., Caillet, G.M y K.G. Yudin. 1990. Differences in growth of the blue shark, *Prionace glauca*: Technique or population? 177–187. In Pratt, H.L. Jr., Gruber S.H. y T, Taniuchi (eds.) *Elasmobranchs as living resources advances in the biology, ecology, systematics, and status of the fisheries*. NOAA *Technical Report NMFS* 90.

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.

Tovar-Ávila, J. 2000. Edad y crecimiento del tiburón puntas negras, *Carcharhinus limbatus*, en el Golfo de México. Tesis profesional de maestría. Facultad de Ciencias, UNAM. México 170.

Tovar-Ávila, J., Walker, T. I. y R. W. Day. 2007. Reproduction of *Heterodontus portusjacksoni* in Victoria, Australia: evidence of two populations and reproductive parameters for the eastern population. *Marine and Freshwater Research* **58**: 956–965.

- Tovar-Ávila, J., Rentería, B. D. A., Preciado, R. G., Gallegos, C. R., Zarate, B. E., Patiño, V. J. L. y J. L. D. Santos. 2008. Variación espacio-temporal de la abundancia relativa y composición de la captura de tiburones frente a las costas de Nayarit, México. III Simposium de Tiburones y Rayas. Facultad de Ciencias del Mar. *UNAM* 152–156.
- Tovar-Ávila, J., Arenas-Fuentes V. y X. C. Carrara. 2009. Edad y crecimiento del tiburón puntas negras, *Carcharhinus limbatus*, en el Golfo de México. *Ciencia pesquera* **17**(1): 12.
- Tovar-Ávila J., Day, R. W. y T. I. Walker. 2010. Using rapid assessment and demographic methods to evaluate the effects of fishing on *Heterodontus portusjacksoni* off far-eastern Victoria, Australia. *Journal of Fish Biology The Fisheries Society of the British* 15.
- Tovar-Ávila, J., Troynikov, V., Walker, T. I. y R. W. Day. 2011. Use of stochastic models to estimate the growth of *Heterodontus portusjacksoni* in eastern Victoria, Australia. *Fisheries Research* **95**: 230–235.
- Von Bertalanffy, L. 1938. A quantitative theory of organic growth (Inquiries on growth laws. II). *Human Biology* **10**: 141–147.
- Walker, T. I. 1998. Can shark resources be harvested sustainably? A question revisited with a review of shark fisheries. *Marine and Freshwater Research* **49**: 553–572.
- Walker, T. I. 2005. Management measures. In *Management Techniques for Elasmobranch Fisheries* (Musick, J. A. & Bonfil, R., eds). Rome: FAO. 216–242.
- Walter, J. P. y D. A. Ebert. 1991. Preliminary estimates of age of the bronze whaler *Carcharhinus brachyurus* (Chondrichthyes: Carcharhinidae) from southern Africa, with a review of some life history parameters. *S. Afr. Journal Marine Science* **10**: 37–44
- Wintner, S.P. y G. Cliff. 1996. Age and growth determination of the blacktip shark *Carcharhinus limbatus*, from the east coast of South Africa. *Fishery Bulletin* **94** (1):135–144.
- Vázquez de la Cerda A. M. 2005. Física del Golfo de México. 14.
- Vidal V, M. V., Vidal, V. F., Hernández, F. A., Meza E. y L. Zambrano. 1994. Winter water mass distributions in the Western Gulf of Mexico affected by a colliding anticyclonic ring. *Journal of Oceanography* **50**: 559–588.