



Demografía y pesquería del tiburón martillo, *Sphyrna lewini*, (Griffith y Smith, 1834) (Pisces: Elasmobranchii) en dos provincias oceanográficas del Pacífico mexicano.

T E S I S

Que para obtener el grado académico de

Doctor en Ciencias

Biología Marina

P R E S E N T A:

M. en C. Vicente Anislado Tolentino.

DIRECTOR DE TESIS: Dr. CARLOS J. ROBINSON MENDOZA.

COMITE TUTORAL: Dr. MANUEL GALLARDO CABELLO.

Dr. FELIPE AMEZCUA LINARES.

Dr. FELIPE GALVÁN MAGAÑA.

Dr. OSCAR SOSA NISHIZAKI.

Dr. XAVIER CHIAPPA CARRARA.

Dr. JUAN MADRID VERA.

México, D. F. 2008



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DECLARACIÓN DE AUTOR

Se permite todo tipo de citas (excepto la transcripción íntegra de párrafos) siempre y cuando se otorgue el crédito correspondiente. Se permite la copia total o parcial de este documento a través de fotocopiado o del documento electrónico PDF, siempre y cuando se cubra el importe solicitado por la institución que tenga en su acervo este documento.

Atentamente

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Vicente Anislado-Tolentino', with a stylized flourish at the end.

Vicente Anislado-Tolentino

anislado@gmail.com

Agradecimientos

Al Programa de Becas del CONACyT y al programa de Becas Complementarias de la UNAM por las becas otorgada para el desarrollo de este trabajo.

Agradezco al Dr. Carlos Robinson. M. por su confianza y apoyo en este trabajo.

A los Doctores Manuel Gallardo Cabello, Felipe Amézcuca Linares, Felipe Galván Magaña, Oscar Sosa Nishizaki, Juan Madrid Vera y Xavier Chiappa Carrara, por su paciencia, asesorías y comentarios durante el tiempo que llevó la realización de este estudio.

Este estudio además de ser fruto de mi trabajo contó con la asesoría de un gran número personas, quienes con una recomendación, comentario, y hasta con una disertación de un tema, enriquecieron esta tesis:

Asesores logísticos: Shelton P. Applegate (†), Luis Espinosa Arrubarrena, Fernando Sotelo, Gregor Cailliet, Henry Cortes, Peter Klimley, Fabío Hazin, Robert Heuter, Roff Derek, Henry Mollet, Michel R. Heupel, Andrew Piercy, Kanesa Duncan, John Carlson, Ramón Bonfil Sanders, Carlos Villavicencio Garayzar, Fernando Márquez Farías, Leonardo Castillo Géniz, David Mendizábal y Oriza, David Corro, Casimiro Quiñones, Gabriela Medina González, Genoveva Cerdaners Ladrón de Guevara, Carmen Alejo Plata, Samuel Ramos Carrillo, Jesús Virgen Ávila, Javier Tovar Ávila, Teresa Gaspar Dillanes, Heriberto Santana, Ramón Moran Angulo, Sandra Rita Soriano, Donald Acal, Patricia Fuentes, Ana María Torres, Manuel Ixquiac, Jorge Luis Oviedo P., Elaine Espino Barr, Ignacio Méndez Gómez-Humaran, Arturo García Boa, Rafael Vélez Marín, Claudia Aguilar, América Díaz y en especial a Laura Gámez Moedano y Arturo García Ochoa.

Apoyo en campo: Laura Gámez Moedano, Rubén Domínguez, Bruno Islas Vázquez, Ileana Castillo, Guillermo Ortega Jasso, Marcela Sarabia, Arturo García Ochoa, Humberto y Camilo Toledo Rentería, y para los que en la memoria se me olvidan, una disculpa.

Apoyo en laboratorio: Laura Gámez Moedano, Ileana Castillo, Miguel Villavicencio Sánchez y Marco Antonio Beltrán de la Rosa.

Apoyo en gabinete: Laura Gámez Moedano e Ileana Castillo.

Apoyo escolar: Gabriela Almaraz Mejía, Chantal Ruiz Guerrero, Diana Juárez Bustos, Guadalupe Godoy Medina y en muy especial a la Dra. Gloria Villaclara Fatjó ejemplo de científico y humanista.

Dedicatoria.

A mí querida esposa Josefina Gómez Garduño por su paciencia y apoyo !las constelaciones se acomodan!

A mis hijos, Jannet Anislado Ramírez, Patricia Anislado Ramírez y Emmanuel Anislado Gómez, son lo más preciado de mi mundo.

A mi yerno Gregorio Ríos y a mis nietas Monserrat y Elvira, gracias por hacer crecer la familia.

A mis padres, Margarita Tolentino Hernández y Marcos Anislado Hernández, Gracias por la vida.

A mis hermanos: Marcos, Leticia, Martín (†), Beatriz, Patricia y Elvira (†), por sus enseñanzas.

A mis cuñados y sobrinos, gracias por la felicidad compartida.

A mi cuñada Esther Gómez Garduño, a mi suegro Santos Gómez (†, mi Tata) y al tío Delfino Gómez, por ser parte de mi familia.

A mi pequeño ángel, algún día caminaremos juntos.

A la Dra. Gloria Vilaclara Fatjó, por su apoyo académico y espiritual.

A Miguel Villanueva, mi sicólogo de cabecera, gracias por enseñarme que existe otra forma de vivir.

Al grupo Hombres por la equidad, con ustedes aprendí a que la vida es una decisión propia.

A mis grandes amigos: Simón Piña Olivares (†), Miguel Villavicencio, Marco Antonio Beltrán, Héctor Lovera Salazar, Erika Mojica, Bruno Islas, Rubén Domínguez, Antonio López, y en especial a Laura Gámez Moedano, Rosario Pintor Elizalde, y María Fernanda del Lourdes Fuentes Sánchez, la amistad va más allá del mismo universo.

A la siempre dama, la mar.....

Entre la tormenta.

El viajero desplegó sus velas, la amorosa mar lo acogió y etéreo universo abrigó su camino, ¡Oh desilusión!, en la mitad del camino, al momento de sus máximas contemplaciones. Entre la tormenta, su navío se encontró. Sudor frío perlo su frente al ser cubierto de las borrascosas nubes de locura que se acercaba, vientos de desesperación y relámpagos de contradicciones golpeaban su cuerpo. Con el alma contraída se sujetaba al cable de vida de sus ideales, pensando en el puerto que abriga la ensoñada ciudad de sus metas, aforrándose a lealtades no explicadas, al recuerdo de templos caídos, de sus pueblos asolados por la guerra interna de su propio cosmos, esa guerra cruel donde, contra las leyes, los padres lloran a los hijos muertos cual guerreros en un campo sin tregua, donde las propias espadas se tiñen con la sangre de los que las portan, donde el había sido un superviviente, lleno aun de heridas. Los remos quedaron tendidos a su lado, el miedo se convirtió en ira, maldijo los cielos, la tierra y a la misma mar, los culpo de sus pérdidas y fracasos, la ira se convirtió en dejadez y se tendió al fondo de la barca en espera de que el ojo de la tormenta decidiera por él. En medio de la tormenta, otra se formaba en su interior, creó de sus temores y obstáculos Dioses, que se encargaron de flagelarlo. El representante de la locura le proclamaba que debía de apurar el paso, sin dar pista de la meta a seguir, el Dios del miedo le dictaba que parara, que todo esfuerzo era ya innecesario y que era el momento de cerrar los ojos, el Dios de sus pasiones terrenales le afirmaba que ya había experimentado todos los placeres, incluso los que van más allá de la experiencia y solo quedaba uno de ellos, ese al que todos tienen miedo, del que no se habla y solo se llora. Entre la tormenta, un dintel del cielo presentó una constelación de estrellas, y las nombro las acomodó, y se posicionó entre ellas, comprendió que es una parte de un universo, si bien no la más importante, si una de ellas, ¿Qué es el Mar sin una gota de su agua? Mar, sigue siendo mar, y sin embargo tarde o temprano el ciclo del agua lo retornara a su matriz, nunca se retira es parte de la mar, solo se movió de lugar. Asombrado de sus ideas confrontó a los Dioses, Dioses que él mismo creó y que él permitió que lo condujeran en un momento de desolación. Entre la tormenta, se levantó, tomó los remos, sus propias herramientas y dirigió la barca que contenía su ser a la luz del faro del puerto de sus metas, donde se encuentra la Ciudad que junto a su clan han formado, hombres y mujeres que tratan de vivir en la paz, y entre la tormenta él comenzó a sentir una nueva forma de vivir, la gran aventura de los antiguos guerreros, aquellos que tienen reglas de honor basadas en el Orden del Amor, no se levantan las espadas sino es para defender lo Amado, lo conseguido por uno mismo. Apoyado en este mundo, en el cual los olores, sabores y texturas existen, y donde la muerte es un evento que llegará a su tiempo y en su forma como una aventura más. Decidió continuar, tomó las herramientas que en un pasado forjó y se plantó en su presente para poder ser parte del futuro.....El paso estaba dado, y se dio entre la tormenta.

Dedicado a quienes han sufrido y se han levantado....Entre la tormenta...

Vicente Anislado-Tolentino (Mayo 2006)

INDICE

Declaración del autor

Agradecimientos

Dedicatoria

Entre la tormenta (Pensamiento)

Resumen	1
Abstract	2
Introducción	3
Antecedentes	6
El tiburón martillo (<i>Sphyrna lewini</i>).....	6
Posición taxonómica del tiburón martillo (<i>Sphyrna lewini</i>).....	7
La pesquería del tiburón martillo en Michoacán y sur de Sinaloa.....	10
Estudios realizados con la especie.....	11
Objetivos	20
Áreas de estudio	21
División oceanográfica y biogeográfica del pacífico mexicano.....	21
La parte oceanográfica.....	21
El golfo de california y el pacífico tropical mexicano.....	22
La parte biogeográfica.....	23
El área de Michoacán.....	25
El área del sur de Sinaloa.....	28
Material y métodos	32
Trabajo de campo.....	33
Trabajo de laboratorio.....	35

Trabajo de gabinete.....	37
Biometrías.....	37
Edad y crecimiento.....	38
Aspectos reproductivos.....	48
Efectividad y selectividad de captura para las diferentes artes de pesca	50
Calculo de mortalidad e índices de explotación.....	51
Rendimiento por recluta.....	55
Análisis demográfico.....	55
Puntos de Referencia Biológico-Precautorios (PRB-P).....	59
Análisis de la morfometría geométrica.....	60
Resultados.....	65
Biometrías.....	65
Edad y crecimiento.....	72
Aspectos reproductivos.....	90
Efectividad y selectividad de captura para las diferentes artes de pesca.....	98
Mortalidad e índice de explotación.....	101
Rendimiento por recluta.....	103
Análisis demográfico.....	106
Puntos de Referencia Biológico-Precautorios (PRB-P).....	110
Análisis de la morfometría geométrica.....	113
Discusión.....	119
Edad y crecimiento.....	119
Aspectos reproductivos.....	127

Efectividad y selectividad de captura para las diferentes artes de pesca.....	132
Mortalidad e índice de explotación.....	133
Rendimiento por recluta.....	135
Análisis demográfico.....	136
Puntos de Referencia Biológico-Precautorios (PRB-P).....	140
Análisis de la morfometría geométrica.....	142
Conclusiones	144
Literatura citada	149

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Principales diferencias en la actividad pesquera de los estados de Michoacán y Sinaloa.....	11
Tabla 2.- Masas de agua de la entrada del Golfo de California (tomado de Pérez-Vivar, 2003).....	29
Tabla 3.- Promedio de salinidad y temperatura superficial del mar para la zona de pesca de Teacapán, Sinaloa.....	30
Tabla 4.- Estados de madurez sexual para los tiburones martillo propuestos para este trabajo.....	34
Tabla 5.- Resumen de los modelos aplicados para estimar la mortalidad por pesca (M).....	53
Tabla 6.- Esquema de la base de datos para el análisis demográfico a través de la matriz de Leslie.....	55
Tabla 7.- Caracteres morfométricos para tiburones propuestos para este estudio.....	62
Tabla 8.- Resumen estadístico de las comparaciones de las regresiones lineales para las biometrías de <i>Sphyrna lewini</i> para las dos áreas de estudio.....	66
Tabla 9.- Promedio de la longitud total por mes de los ejemplares muestreos en el área de Michoacán.....	67
Tabla 10.- promedio de la longitud total por mes de los ejemplares muestreos en el área del sur de Sinaloa.....	68
Tabla 11.- Resultado de los análisis estadísticos en la lectura de bandas opacas en el borde vertebral de las muestras, n es el número de vértebras incluidas en el análisis.....	75
Tabla 12.- Resumen estadístico de la comparación de isometría de la relación de la longitud total y el radio vertebral (R) y la longitud total (LT).....	81
Tabla 13.- - Regresiones del radio vertebral y la longitud total para los tiburones martillo de Michoacán	82
Tabla 14.- Resumen de los estadísticos de los modelos de retrocálculo para los tiburones martillo del área de Michoacán y del sur de Sinaloa.....	83

Tabla 15.- Resultados del análisis de retrocálculo por el método de BPH- no lineal para las hembras de <i>Sphyrna lewini</i> del área de Michoacán.....	84
Tabla 16.- Resultados del análisis de retrocálculo por el método de SPH lineal para los machos de <i>Sphyrna lewini</i> del área de Michoacán.....	85
Tabla 17.- Resumen del retrocálculo Fraser-Lee para las hembras de los tiburones martillo colectados en el área sur de Sinaloa.....	86
Tabla 18.- Resumen del retrocálculo Fraser-Lee para los machos del tiburón martillo colectados en el área sur de Sinaloa.....	87
Tabla 19.- Parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy estimadas en este trabajo para <i>Sphyrna lewini</i>	88
Tabla 20.- Proporción sexual de machos: hembras para ambas localidades de muestreo por mes de colecta y prueba de χ^2 de Yates para confrontación con una proporción 1:1.....	91
Tabla 21.- Datos de las hembras preñada colectadas en Sinaloa.....	96
Tabla 22.- Parámetros de entrada para los diferentes modelos de estimación de la mortalidad natural para <i>S. lewini</i>	102
Tabla 23.- Parámetros de entrada para el análisis del rendimiento por recluta para los tiburones martillo capturado en Michoacán y sur de Sinaloa.....	104
Tabla 24.- Parámetros de entrada para el análisis demográfico de <i>Sphyrna lewini</i>	106
Tabla 25.- Resumen de los parámetros demográficos para los stocks de <i>Sphyrna lewini</i> analizados en este trabajo.....	107
Tabla 26.- Simulación de los puntos de referencia biológico para el stock de <i>S. lewini</i> del área de Michoacán.	111
Tabla 27.- Simulación de los puntos de referencia biológicos para el stock de s. Lewini del área del sur de Sinaloa.....	111
Tabla 28.- Valores de las pendientes de los componentes principales de las morfometrías.....	114
Tabla 29.- Valores de significancia estadística para cada morfometría de <i>Sphyrna lewini</i> usada en el análisis de discriminantes.....	116
Tabla 30.- Valores canónico para morfometría de <i>Sphyrna lewini</i> usada en el análisis de discriminantes.....	116

Tabla 31.- Resumen sobre los trabajos en edad y crecimiento realizados para <i>Sphyrna lewini</i>	123
Tabla 32.- Resumen de los trabajos sobre la relación peso-longitud realizados para <i>Sphyrna Lewini</i>	126
Tabla 33.- Resumen de los reportes de P_{∞} estimados para <i>Sphyrna lewini</i>	127
Tabla 34.- Resumen de los reportes sobre aspectos reproductivos para <i>Sphyrna lewini</i> ..	129
Tabla 35.- Valores estimados de mortalidad natural para <i>Sphyrna lewini</i> por varios autores.....	134
Tabla 36.- Resumen de los estudios demográficos realizados para <i>S. lewini</i>	138
Tabla 37.- Clasificación de las diferentes especies de tiburones en tres grupos de acuerdo a cortés, (2000).	140

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Series históricas de las capturas de tiburón y cazón a escala nacional y en el Pacífico mexicano.....	4
Figura 2.- <i>Sphyrna lewini</i>	9
Figura 3.- Distribución mundial del tiburón martillo (<i>Sphyrna lewini</i>).....	10
Figura 4.- Regiones oceanográficas de México.....	22
Figura 5.- Provincias biogeográficas del Pacífico mexicano.....	24
Figura 6.- Perfil batimétrico de la costa michoacana.....	26
Figura 7.- Área de estudio en Sinaloa.....	28
Figura 8.- Biometrías básicas del tiburón martillo.....	33
Figura 9.- Aspecto de una vértebra entera y otra preparada para la lectura de bandas opacas de crecimiento.....	37
Figura 10.- Esquema de una vértebra cortada para las mediciones de anillo.....	40
Figura 11.- Morfometrías geométricas tomadas a los ejemplares.....	61
Figura 12.- Relaciones lineales de la longitud total (LT) entre la longitud precaudal (LPC).....	66
Figura 13.- Relación lineal de la longitud total (LT) entre la longitud alternativa (LA) para la combinación de sexos y localidades.....	67
Figura 14.- Distribución de la abundancia en longitud total (LT) del tiburón martillo para el área de Michoacán.....	69
Figura 15.- Distribución de la abundancia en longitud total (LT) del tiburón martillo para el área del sur de Sinaloa.....	70
Figura 16.- Distribución de las tallas en la muestra total de tiburón martillo colectados en el área de Michoacán.....	71
Figura 17.- Distribución de las tallas en la muestra total de tiburón martillo colectados en el área del sur de Sinaloa.....	71
Figura 18.- Vista de los cortes vertebrales con las distintas técnicas de realce de las bandas opacas.....	73
Figura 19.- Gráficos de las lecturas de las bandas opacas por tinciones.....	74

Figura 20.- Distancias del foco a la banda opaca i con respecto al número de bandas opacas para los ejemplares de Michoacán.....	76
Figura 21.- Distancias del foco a la banda opaca i con respecto al número de bandas opaca para los ejemplares de Sinaloa.....	77
Figura 22.- Vista del corte de una vertebra teñida con Rojo de Alizarina acuoso.....	78
Figura 23.- Incremento marginal (IM) mensual de los ejemplares del sur de Sinaloa.....	79
Figura 24.- Distribución mensual de los tipos de bandas opacas marginales en las vértebras de los ejemplares capturados en el sur de Sinaloa.....	80
Figura 25.- Curvas de crecimiento para <i>Sphyrna lewini</i> , a.- hembras del área de Michoacán; b.- hembras del área del Sur de Sinaloa; c.- machos del área de Michoacán y d.- machos del área del sur de Sinaloa.....	88
Figura 26.- Curvas de peso-longitud para el tiburón martillo <i>Sphyrna lewini</i> . a, ejemplares de ambos sexos del área de Michoacán; b, ejemplares hembras del área del Sur de Sinaloa y c, ejemplares machos del Sur de Sinaloa.....	89
Figura 27.- Curvas de peso-edad para el tiburón martillo <i>Sphyrna lewini</i> . a, ejemplares hembras del área de Michoacán; b, ejemplares hembras del área del Sur de Sinaloa; c, ejemplares machos del área de Michoacán, y d ejemplares macho del área del Sur de Sinaloa.....	90
Figura 28.- Línea de tendencia del promedio de las tallas en los estados de madurez sexual para las hembras del área del sur de Sinaloa.....	92
Figura 29.- Relación de la proporción del mixopterigio (Mix/LT) con la longitud total (LT) para los machos colectados en el área de Michoacán.....	93
Figura 30.- Relación de la proporción del mixopterigio (Mix/LT) con la longitud total (LT) para los machos colectados en el área del sur de Sinaloa.....	94
Figura 31.- Relación hipotética del número de crías y la LT de la madre para los tiburones martillo hembras del área del Sur de Sinaloa.....	97
Figura 32.- Distribución mensual de los estados de madurez sexual para los tiburones martillo colectados en área del sur de Sinaloa.....	98
Figura 33.- Comparación del número de lances y efectividad de los artes de pesca que capturan tiburón martillo en el área de Michoacán.....	99

Figura 34.- Comparación del número de lances y efectividad de los artes de pesca que capturan tiburón martillo en el área del sur de Sinaloa.....	100
Figura 35.- Curvas de edad-captura para estimar la mortalidad total en el tiburón martillo. A, área de Michoacán y B, área del sur de Sinaloa.....	101
Figura 36.- Curva del ajuste de Monte Carlo para la mortalidad natural para el tiburón martillo en área de Michoacán y área del sur de Sinaloa.....	103
Figura 37.- Contornos de rendimiento por recluta para <i>S. lewini</i> . a, hembras del área de Michoacán; b, machos del área de Michoacán; c, hembras del área del sur de Sinaloa, d, machos del área del sur de Sinaloa. Línea discontinua representan las líneas eurimétricas.....	105
Figura 38.- Grafico de la distribución estable (W) a través de una cohorte de <i>Sphyrna lewini</i>	108
Figura 39.- Valor reproductivo (V) para <i>Sphyrna lewini</i>	109
Figura 40.- Crecimiento poblacional teórico para <i>Sphyrna lewini</i> a través de un intervalo de tiempo igual a la longevidad estimada de cada stock.....	110
Figura 41.- Valores de la tasa intrínseca de crecimiento poblacional (r) a distintos escenarios de mortalidad por pesca (F) y de edad de primera captura (tpc) a, área de Michoacán y b área del sur de Sinaloa.....	112
Figura 42.- Valores de la tasa neta reproductiva (R0) a distintos escenarios de mortalidad por pesca (F) y de edad de primera captura (tpc) a, área de Michoacán y b área del sur de Sinaloa.....	113
Figura 43.- Distribución de los valores de los componentes principales, los círculos abiertos representan a los individuos del área de Michoacán y las cruces a los individuos del área del Sur de Sinaloa.....	115
Figura 44.- Grafica de la distribución de los valores de la raíz canónica para <i>S. lewini</i> en las dos regiones de estudio.....	117
Figura 45.- Relación de las morfometrías 10 y 11 entre la longitud precaudal (Lpc). a, M10 (Distancia intercefálica posterior) y b ,M11 (Distancia intercervical anterior).....	118
Figura 46.- Grafica auximétrica para <i>Sphyrna lewini</i>	124

RESUMEN

El presente estudio está basado en los datos de 601 tiburones martillo, *Sphyrna lewini*, colectados de enero de 2003 a febrero de 2005 en las áreas de Michoacán y del sur de Sinaloa. Los análisis realizados en este trabajo se dividen en ocho: 1) Edad y crecimiento; La mejor técnica para observar las bandas opacas (BO) en las vértebras fue el Rojo de Alizarina. La primera BO se forma inmediatamente después del nacimiento, posteriormente se forman dos BOs anuales, una en invierno, y otra en verano. Los modelos de retro-cálculo difirieron entre las áreas. Las curvas de crecimiento para el área de Michoacán muestran un stock de tallas más cortas y de un crecimiento más rápido respecto al stock del sur de Sinaloa. La relación peso-longitud fue isométrica, y difirió en áreas y sexos. 2) Aspectos reproductivos; La proporción sexual fue 1:1 excepto durante junio cuando los machos superan en número a las hembras y aparecen las señales de apareamiento. La talla de madurez no difiere entre áreas, sin embargo difieren con un año de edad. La talla de nacimiento es de 45 a 54 cm. El número de crías respecto a la longitud de la madre presentó una tendencia lineal. El tiempo de gestación estimado fue de 10 a 11 meses. En el sur de Sinaloa, los apareamientos ocurren en junio y los partos en agosto. 3) Efectividad y selectividad; Se encontró una mayor efectividad en las redes agalleras de 3.5 a 6 pulgadas de abertura de malla. La selectividad de los artes es de 55cm en las redes y de 100cm en los palangres. 4) Mortalidad; La mortalidad total (Z) y por pesca (F) fueron mayores para el Sur de Sinaloa. La mortalidad natural (M) fue la misma en ambas áreas. El índice de explotación (E) muestra una sobreexplotación en ambas áreas. 5) Rendimiento por recluta ($\frac{Y}{R}$); Se muestra a una especie que puede alcanzar más de 100 kg sin embargo sus $\frac{Y}{R}$ no sobrepasarán los 12 kg. El stock del área de Michoacán es el más productivo y para ambos casos los $\frac{Y}{R}$ más altos se encuentran en las edades de primera madurez sexual de cada stock. 6) Demografía; A pesar de que el stock del área de Michoacán tiene la menor longevidad, presenta los valores más altos de en las tasas de incremento poblacional (r) y neta reproductiva (R_0). Los valores de las elasticidades que demuestran que la fracción ontogénica más frágil para ambos stocks son los juveniles. 7) Simulación pesquera; El mejor escenario de pesca lo representa $F=M$ con un intervalo de 0.2 a 0.3 años⁻¹. Y los valores de F pueden aumentar solo si se capturan organismos maduros. 8) Morfometría geométrica; A través del análisis de discriminantes se encontró una separación del 98.4% entre los stocks de ambas áreas, y las morfometrías que ejercen esa separación fueron la Distancia intercefálica posterior y la Distancia intercervical anterior. Se demostró que ambos stock representan poblaciones diferentes separadas por un 98%. Este trabajo demuestra que los stocks analizados pertenecen a poblaciones diferentes. Los análisis realizados en este trabajo pueden, indirectamente, indicar la existencia de clinas poblacionales en el Pacífico mexicano. Además, hacen hincapié en la necesidad de estudios regionales sobre la historia de vida de las especies de amplia distribución, con la finalidad de evitar incorporar una mayor incertidumbre en las propuestas de regulación pesquera.

Palabras clave: Tiburón martillo, *Sphyrna lewini*, Pacífico mexicano, Edad y Crecimiento, Arte de pesca, Mortalidad, Rendimiento por recluta, Demografía, Análisis morfométrico.

ABSTRACT

This study has been based from 601 scalloped hammerhead (*Sphyrna lewini*) collected on January, 2003 to February, 2005 from the areas of Michoacán and south of Sinaloa. Eight types of analysis were realized: 1) Age and growth; the best technique to enhance opaque bands (BO) of vertebra was Alizarine Red. The first BO is formed after birth. After the OBs are formed semiannual way, one in winter, and other in summer. The back-calculation models were difference from both areas. The growth curves showed that the area of Michoacán had a smaller lengths and faster growth than the South of Sinaloa stock. The relationship between weight-length was isometric with difference in both areas and sexes. 2) Reproductive aspects; the sex ratio was 1:1, except during June, when the males were more abundant than females, and the mating marks showed. The maturity length was not difference in both areas, nevertheless different with one year. The birth size is 45 to 54cm. The relationship between size litter and mother's length was linear. The gestation time was 10 to 11 month: On the south of Sinaloa, the mating occurred during June, and the childbirths during August. 3) Effectively and Selectivity; the major effectively was in gill-net of stretch-mesh of 3.5 to 6inch. The selectivity into fishing-gears was 55cm from gill-net, and 100cm from long-lines. 4) Mortality; The total (Z), and fishing (F) mortality were major in south of Sinaloa. The natural mortality (M) was equal in both areas. The exploitation index (E), show an overfishing in both areas. 5) Yield per recruitment (Y/R); although species can reach over 100 kg, the 12 kg do not surpass the Y/R. The stock of area of Michoacán is the more productive, and for both areas, finds the higher Y/R with mature shark for both areas. 6) Demographic; although the stock of area of Michoacán had the smallest longevity, showed the higher valuables for ratio of the population increment (r) and reproductive ratio (R0). The elasticity values showed that the juveniles were the more susceptible for harvest in both areas. 7) Fishing simulation; The best scenario represents the $F=M$, with an interval of 0,2 to 0.3years⁻¹. The F values can be major only if fish mature sharks. 8) Geometrical morphometrics; the discriminants analysis showed a separation of the 98.4% between both stocks, and the principal morphometrics that exert separation were Posterior Inter-cephalic distant and Anterior Inter-cervical Distance. This study demonstrates that the stocks of both areas represent different populations. The analyses accomplished in this work can indicate, of indirect way, population clinal along of the Mexican Pacific. Besides, they insist on the need to realize regional studies on the history of life of species of wide-distribution, with the purpose to prevent to incorporate a major uncertainty in the fishing regulations.

Key words: Scalloped hammerhead shark, *Sphyrna lewini*, Mexican Pacific, Age and Growth, Fishing gears, Mortality Index, Yield per Recruitment, Demography, Morphometric Analysis.

INTRODUCCIÓN

Los tiburones y especies relativas (Elasmobranchii) engloban aproximadamente mil especies mayormente marinas (Compagno, 2001). A escala mundial, la pesca de elasmobranquios ha aumentado aceleradamente durante las tres últimas décadas. Se ha concluido que los elasmobranquios son particularmente sensibles a la pesca por que poseen un bajo potencial reproductivo, una lenta tasa de crecimiento, una madurez sexual tardía y una fuerte densidad-dependencia entre los reclutas y los reproductores (Anderson, 1990; Castillo, 1990 y 1992; Dayton, 1991; Bonfil, 1994).

Existen evidencias anecdóticas, sostenida por los modelos teóricos de predicción del efecto de la pesca en estos animales, que indican que las poblaciones de tiburones están sufriendo declinaciones particularmente rápidas por todo el mundo. Así mismo, se ha sugerido que la pesca dirigida puede diezmar más rápidamente una población del tiburón que la de otras especies de peces (Camhi *et al.*, 1998; Musick, 1999; Cortés, 2000). En ocasiones, los tiburones son capturados como pesca incidental en las industrias pesqueras multiespecíficas, en las cuales las especies objetivo presentan características biológicas que permiten una recuperación más rápida (Musick, 1999; Stevens *et al.*, 2000). En estas pesquerías, los tiburones pueden ser capturados hasta la extinción comercial mientras que los peces más productivos continúan impulsando la industria. Por lo tanto, una carencia de las prácticas sensibles de administración, combinada con las características de la historia de la vida de los tiburones ha producido una receta para el desastre.

La captura de elasmobranquios en el Pacífico mexicano representa entre el 60% y el 70 % de las capturas en México. Las capturas nacionales en el año de 1999 alcanzaron cerca de 20,000 toneladas. En el Pacífico mexicano se capturaron 15,000 toneladas (Figura 1). De las especies de tiburón capturadas de manera comercial en el Pacífico mexicano destacan el cazón bironche (*Rhizoprionodon longurio*), los tiburones martillo (*Sphyrna lewini*, *S. zygaena* y *S. mokarran*), los cazones mamón (*Mustelus spp*), el tiburón sedoso o negro (*Carcharhinus falciformis*) y el tiburón volador (*Carcharhinus limbatus*).

De las principales especies capturadas en las costas de México destaca el tiburón martillo (*Sphyrna lewini*), este tiburón ocupa el primer lugar en biomasa capturada para el Pacífico Mexicano en su parte central (Jalisco, Colima, Michoacán y Guerrero), Golfo de Tehuantepec y Chiapas (Applegate *et al.*, 1979; Anislado, 2000; Anislado-Tolentino y Robinson-Mendoza, 2001). En Sonora y Sinaloa este escualo ocupa el tercer lugar de las capturas (Hernández-Carballo, 1967). La mayoría de las capturas regionales del tiburón martillo se basan en neonatos, juveniles y adultos de ambos sexos (Anislado, 1995).

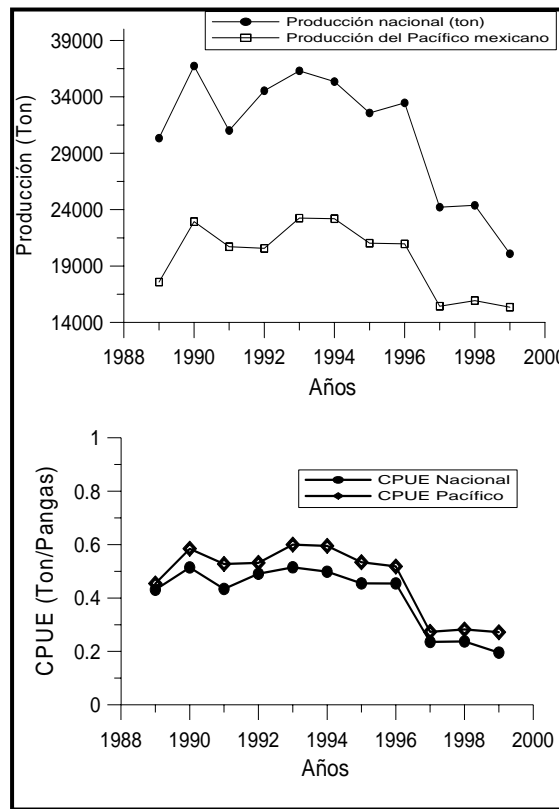


Figura 1.- Series históricas de las capturas de tiburón y cazón a escala nacional y en el Pacífico mexicano (SERMARNAP, 2000).

A diferencia de otras pesquerías que se enfocan a especies objetivo (e. g. pargos, corvinas, meros, robalos), las casi 25 especies de tiburones involucradas en las pesquerías ribereñas de aguas mexicanas son consideradas como especies acompañantes o incidentales por algunos investigadores (Applegate *et al.*, 1993; Bonfil, 1994, 1997; Ruiz y Madrid, 1997). Sin embargo existe una pesquería enfocada a tiburón, particularmente para tiburón martillo.

Algunos pescadores están tan especializados para la captura de este tipo de tiburón como para la de pargos, róbalos y otros grupos de nombres genéricos. Cuando se desarrolla una pesca multiespecífica, el grupo de peces capturados se maneja como unidades funcionales, es decir basadas en las especies que son fácilmente reconocibles o separables (guachinango, lisa, etc.), pero por lo general todos los grupos de peces se manejan por nombre común, que puede agrupar a más de una especie del mismo género o inclusive a distintos géneros. Esta situación es general y se acentúa en algunos grupos, incluidos los tiburones por lo que la información biológica y poblacional de los elasmobranquios es limitada, además de la inexistencia de un plan de recuperación poblacional que incorpore periódicamente nuevos conocimientos biológicos pesqueros de este tipo de peces.

El presente trabajo pretende desarrollar un estudio comparativo de la biología, demografía y pesquería del tiburón martillo (*Sphyrna lewini*) en dos provincias oceanográficas del Pacífico mexicano: Golfo de California y Pacífico tropical. Los resultados de esta investigación servirán de base para proponer medidas de explotación responsable y acordes a la dinámica pesquera y económica de estas dos regiones.

ANTECEDENTES

El Tiburón Martillo (*Sphyrna lewini*)

El tiburón martillo (*Sphyrna lewini*) presentan una distribución circumtropical y realiza movimientos migratorios a gran escala. Sin embargo, los estudios sobre rutas de migración parecen indicar que existen poblaciones diferentes en zonas muy cercanas entre ellas. Para el tiburón martillo de la costa de Florida, se ha encontrado que los tiburones marcados en la región de la Bahía de Tampa no abandonan este lugar. Sin embargo, los marcados en la bahía de Florida migran hacia el norte sin mezclarse con los de Bahía de Tampa (Kohler *et al.*, 1998). Para las costas de Sudáfrica y Australia la distancia recorrida por el tiburón martillo se encuentra dentro de un rango de 32 a 70 Km. (Dudley y Cliff, 1993; Stevens *et al.*, 2000). En el Pacífico mexicano, el seguimiento por marcaje y recaptura así como telemetría satelital ha demostrado que los tiburones martillo del Golfo de California solo llegan a Mazatlán e Islas Revillagigedo (Hernández-Carballo, 1965a y 1965b; Kato y Hernández-Carballo, 1967; Klimley y Butler, 1988). Si bien el tamaño de muestra es pequeño en los estudios anteriores marcan una tendencia con datos tangibles para poder postular la existencia de poblaciones separadas en las dos zonas oceanográficas propuestas (Golfo de California y Pacífico Central Mexicano), y además por ser la única evidencia, debe de ser sujeta a su validación.

El tiburón martillo es un elasmobranquio de aguas tropicales que presenta una moderada fecundidad (hasta 40 crías por parto; Anislado, 2000). Esta especie es uno de los miembros de un ensamble pesquero que ocupa las mismas áreas de crianza en diferentes épocas del año en todo el mundo (Compagno, 1973; Parker Jr y Bailey, 1979; Castro 1993; Castillo y Márquez, 1996; Castro *et al.*, 1999; Anislado, 2000). Este elasmobranquio esta incluido dentro de las veinte especies de tiburones capturados de manera intensiva a escala mundial (Castro *et al.*, 1999; FAO, 1999).

Posición taxonómica del tiburón martillo (*Sphyrna lewini*).

Clasificación.

A continuación se presenta la clasificación de *Sphyrna lewini* para las categorías taxonómicas hasta familia según Compagno (1984). Para las Categorías de género y especie se empleó la clasificación de Gilbert (1967).

Phylum	Chordata
Subphylum	Vertebrata
Clase	Chondrichthyes
Subclase	Elasmobranchii
Superorden	Euselachii
Orden	Carcharhiniformes
Familia	Sphyrnidae Linnaeus, 1758.
Género	<i>Sphyrna</i> Rafinesque, 1810.
Especie	<i>S. lewini</i> . (Griffith y Smith, 1834.)

Familia Sphyrnidae, Género *Sphyrna* (Tiburones martillo)

Los tiburones de ésta familia son primeramente distinguibles por la forma de la cabeza, debido a la expansión lateral acompañada por la modificación del condocráneo, especialmente por la elongación de los procesos preorbitales anteriores y posteriores, y de los cartílagos olfatorios formando los alerones cefálicos. Los ojos se sitúan en los bordes laterales de la cabeza y las narinas se encuentran en el margen anterior de la cabeza. Las cápsulas olfatorias y la región orbital están ampliamente expandidas, los tres cartílagos rostrales muy expandidos y unidos anteriormente. Sin pliegue interdorsal, segunda aleta dorsal menor que la primera. Cuerpo comprimido la altura del cuerpo (medida desde el origen de la primera aleta dorsal) de 4 a 5.5 veces la distancia del borde anterior de la cabeza a la muesca precaudal dorsal (longitud precaudal), muesca precaudal dorsal muy evidente, muesca precaudal ventral evidente solo en unas especies y ausente en otras, si esta presente solo alcanza la mitad de la dorsal. De manera diagnóstica, cuando los organismos están descabezados, los representantes de esta familia se pueden separar de otras familias por presentar una fosa basal en la parte postero-ventral del condocráneo donde se insertan

los músculos hipoaxiales. La musculatura hipoaxial derecha e izquierda se une bajo el condocráneo y columna vertebral en la región de la canastilla branquial.

Especie *Sphyrna lewini* (Griffith y Smith, 1834)

La siguiente descripción es el resumen de las características que Gilbert (1967), Gilbert (1981), Applegate *et al.*, (1979), Compagno, (1984) y Nayaka (1995) presentan: La cabeza esta moderadamente expandida, ancho de 24.0 al 30.2 % de la longitud total (casi 26%). Su margen anterior posee ondulaciones poco profundas que forman tres lóbulos, la ranura narinal no se extiende a la parte media del margen anterior de la cabeza. Dientes triangulares, de base ondulada, bordes lisos, excepto en ejemplares de más de 170cm., donde aparece una débil e irregular aserración. Formula dental 15/15 o 16-0/16-1, excluyendo los dientes sinficiales. Primera aleta dorsal recta no inclinada hacia atrás, su margen libre nunca llega al origen de las pélvicas, segunda aleta dorsal menor que la anal, base de la aleta anal más larga que la base de la segunda dorsal, pedúnculo caudal con fosa precaudal en forma de media luna en la parte dorsal, puntas de las aletas pectorales y de la dorsal negras, dorso grisáceo y blanco amarillento en la región ventral y flancos oscurecidos (Figura 2).

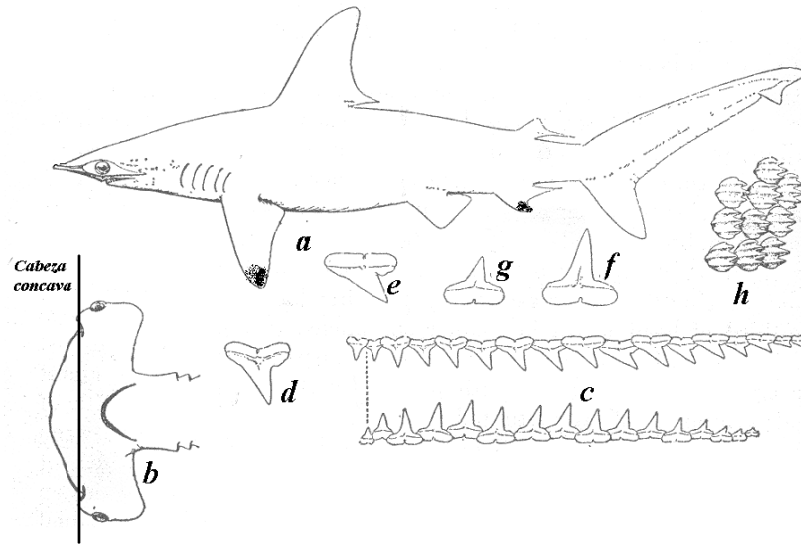


Figura 2.- *Sphyrna lewini*, a, vista lateral izquierda; b, vista ventral de la cabeza; c, serie dental izquierda; d, cuarto diente superior; e, duodécimo diente superior; f, tercer diente inferior; g, decimoprimer diente inferior; h, dentículos térmicos (Modificado de Gilbert, 1967).

Distribución geográfica

Circumglobal de mares templados y tropicales. En el Pacífico Oriental: desde San Francisco California hasta el norte de Perú. En el Indo Pacífico: En el Mar rojo, África Oriental y a través del Océano Índico: desde Japón a Nueva Caledonia, Atlántico Oriental: del Mediterráneo a Námibia, Atlántico Occidental: Desde Nueva Jersey (EEUU) a Brasil, incluyendo el Golfo de México, Costas de Cuba y del Caribe (Figura 3).

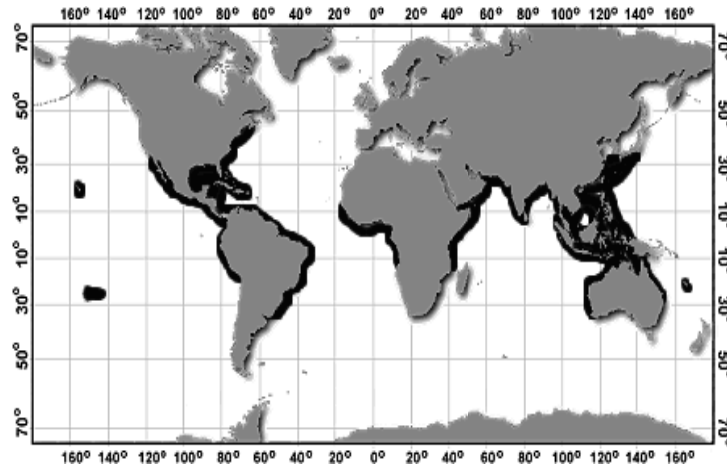


Figura 3.- Distribución mundial del tiburón martillo (*Sphyrna lewini*)

La pesquería del tiburón martillo en Michoacán y sur de Sinaloa

En las costas de los estados de Michoacán y sur de Sinaloa, abunda el tiburón martillo por lo que puede representar hasta un 70% del peso vivo desembarcado en la pesca ribereña en el estado de Michoacán (Anislado, 1995, 2000; Ruiz y Madrid, 1997) y un 50% en el estado de Sinaloa. En esta última entidad es superado solo por el cazón bironche (*Rhizoprionodon longurio*) y por el tiburón coyotillo (*Carcharhinus velox*) (Saucedo, 1982). En ambos estados a pesar de contar con los mismos artes y métodos de pesca, así como con dos periodos de abundancia en las capturas, existen marcadas diferencias en la actividad pesquera (Tabla 1; Secretaria de Marina, 1974; Saucedo *et al.*, 1982; Manjarres *et al.*, 1983; Rodríguez, 1986; Ortiz *et al.*, 1987; SEPESCA, 1987; Righethy y Castro., 1990; Macias y Mota, 1990; Anislado, 1995, Ruiz y Madrid, 1997; Anislado, 2000; Anislado-Tolentino y Robinson-Mendoza, 2001; Sarabia y Velásquez, 2002).

Tabla 1.- Principales diferencias en la actividad pesquera de los estados de Michoacán y Sinaloa.

Características pesqueras	Michoacán	Sur de Sinaloa
Número de pescadores	5, 508	19,191
Número de lanchas	3, 100 (localmente 20)	7, 323 (localmente 33 a 50)
Esfuerzo pesquero	5 horas/día; 26 viajes/mes	12 horas/día; 20 viajes/mes
Entrada y salida al mar en los principales meses de captura	Julio: Mañana - tarde Noviembre: Noche - día	Julio: Mañana - tarde Noviembre: Noche - día
Principales meses de captura de <i>Sphyrna lewini</i>	Mayo a Octubre. con un pico en Junio-Julio	Noviembre a Mayo, con un pico en Enero-Febrero
Porcentaje de la pesca marina estatal	10 %	62 %
PIB estatal	1 %	8.8 %
Canales de distribución de los productos	Jalisco, Sinaloa, Michoacán, Colima, Guerrero, Oaxaca, Tamaulipas, Veracruz, D. F., Durango, Guanajuato, Estado de México y Morelos	Michoacán, Colima, Jalisco, Nayarit, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Sonora, Baja California, Veracruz y D. F.

Estudios realizados con la especie

Edad y Crecimiento

La importancia de la estimación de la edad y el crecimiento de los tiburones en la evaluación de los recursos pesqueros se fundamenta en conocer la estructura de la población que está sujeta a explotación. Así también, permite conocer la dinámica poblacional o demografía del recurso. Esta importancia implica también la dificultad de las estimaciones, ya que los tiburones no cuentan con estructuras óseas como escamas y otolitos.

Se ha intentado evaluar la edad y crecimiento de los tiburones con diferentes métodos desarrollados principalmente para los peces óseos, los cuales han arrojado resultados cuestionables. Se ha sugerido utilizar modelos que incluyan estructuras de edad y biomasa similares a los aplicados a los mamíferos marinos ya que proveen evaluaciones más realistas (Anderson 1990).

Los estudios sobre edad y crecimiento del tiburón martillo han sido realizados por Clarke (1971) quien examinó el crecimiento del tiburón martillo (*Sphyrna lewini*) por medio del marcaje de neonatos, encontrando que las crías localizadas en Hawái, crecen hasta 1cm. en 33 días y 6cm. en 78 días. Holden (1974), utilizó datos del periodo de gestación, talla al nacer y la longitud máxima observada para estimar la tasa de crecimiento de *S. lewini* en el Golfo de México. Por otro lado, Tapiero *et al.*, 1996 utilizó análisis de frecuencias de tallas para estimar los parámetros de crecimiento para la especie en la costa del Pacífico colombiano. Schwartz (1983) analizó el borde vertebral *S. lewini* y del tiburón negro *Carcharhinus obscurus*, del Golfo de California, proporcionando la técnica de tinción del cristal violeta para la observación de los anillos de crecimiento. Branstetter (1987) para el Noroeste del Golfo de México, Righthy y Castro, 1990 para la costa de Mazatlán, Sinaloa, y Piercy *et al.*, (2007) para Noroeste del Golfo de México, investigaron la edad y crecimiento de *S. lewini* en el norte del Golfo de México mediante el conteo de anillos en el borde vertebral, encontrando la formación de un anillo anual, lo que implica una lenta tasa de crecimiento. Chen, *et al.*, (1990) trabajando también con *S. lewini*, encontraron en la región noroeste de Taiwán, la formación de un primer anillo de crecimiento al nacer y posteriormente dos anillos anuales, comportamiento similar encontraron Andrade, (1996) para la costa del Pacífico mexicano y Anislado-Tolentino y Robinson-Mendoza (2001) para la misma especie en la costa michoacana. En otras especies de tiburón, se han incrementado los estudios de edad estimando curvas de crecimiento por medio de anillos concéntricos de las vértebras. En algunas ocasiones estos estudios se han combinado con análisis de estructura de longitudes buscando la correlación entre la longitud del organismo y la formación de anillos (Thorson y Lacy, 1982; Ferreira y Vooren, 1991; Caillet *et al.*, 1992; Parsons, 1993b).

Los trabajos que usan las vértebras como estructura dura en los métodos directos de estimación de la edad en tiburones en su mayoría han usado el método de Fraser-Lee (Por ejemplo: Natanson *et al.*, 2002; Carlson *et al.*, 2003; Santana y Lessa, 2004), y en otros casos se utilizó el método de Dalh-Lea (por ejemplo: Branstetter *et al.*, 1987; Wintner y Cliff, 1999; Wintner, 2000), son escasos y recientes los trabajos donde se usan otros modelos de retrocálculo, por ejemplo: Natanson *et al.*, (2002) y Skomal y Natanson (2003) utilizaron el modelo de Fraser-Lee con una modificación potencial. Solo Goldman y Musick (2006) evaluaron cuatro modelos de retrocálculo aplicado al tiburón salmón (*Lamna ditropis*) valorando el mejor modelo a través de las desviaciones de las medias.

Relación Longitud-Peso

Las relaciones de peso total con la longitud total han mostrado que se presenta como una generalidad el comportamiento isométrico de estas dos variables tanto en Hawái (Clarke, 1971), Mazatlán, Sinaloa (Manjarres *et al.*, 1983; Righthy y Castro, 1990; Pérez-Jiménez y Vanegas, 1997 y Sarabia y Velásquez, 2002); Noreste del Golfo de México (Branstetter, 1987 y Kohler *et al.*, 1996); Noreste de Taiwán (Chen *et al.*, 1990), Golfo de Tehuantepec (Zarate Rustrian , 2002)y para Michoacán (Anislado-Tolentino y Robinson-Mendoza, 2001).

Relación del peso total con la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy.

Solo existen tres trabajos que proporcionan la relación del peso total con la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy, para *S. lewini*. Chen *et al.*, (1990) para el noreste de Taiwán, Andrade, (1996) para el Pacífico mexicano, y Anislado-Tolentino y Robinson-Mendoza, (2001) para la costa Michoacana y en ellos se puede observar que las hembras son generalmente más pesadas que los machos.

Aspectos reproductivos

Este tema de estudio es el que mayor número de trabajos tiene al rededor del mundo ya que en el enfoque precautorio son más importantes los conocimientos de las tallas de madurez para establecer cuotas de talla de captura. Así tenemos que los trabajos de aspectos reproductivos los han trabajado: Holden, (1974) para Inglaterra, Bass *et al.*, (1975) para Kwa zulú-Natal, Sudáfrica, Dodrill, (1977), Branstetter, (1987), Castro, (1993), Castillo Géniz y Márquez, (1996) para la costa de Norte América y Golfo de México, Klimley, (1987), y Torres Huerta, (1999) para el Golfo de California, Chen *et al.*, (1988) para el noreste de Taiwán, Last y Stevens, (1994) para las costas de Australia, Crow *et al.*, (1996) para Hawái, USA, Soriano Velásquez *et al.*, (2000) y Campuzano Caballero, (2002) para el Golfo de Tehuantepec, México, y Hazin *et al.*, (2001) para el Noreste de Brasil.

Los estudios realizados en la proporción sexual del tiburón martillo, *S. lewini*, demuestra que esta varía de acuerdo al área donde se capturen. Las hembras son más abundantes en las áreas oceánicas, mientras que los machos dominan en la zona costera (Por ejemplo Klimley y Nelson, 1984; Klimley, 1987; Chen *et al.*, 1988; Lessa *et al.*, 1998).

Los reportes de la longitud de madurez sexual Para las hembras, van de los 200 a los 309cm. de LT, mientras que para los machos va de los 140cm a los 213cm de LT. Las tallas de nacimiento reportadas van de los 35cm a los 60cm de LT.

La fecundidad proporcionada en la literatura va de los 10 a 48 crías por parto, mientras que los periodos de gestación van de los 10 meses a un año de manera consecutiva, excepto para el trabajo de Chen *et al.*, (1988) para la costa de Taiwán quien estima un periodo semi-anual de partos. Los apareamientos son reportados generalmente en verano con un desfase de un mes a dos con la temporada de partos.

Demografía

El término demografía se refiere al estudio que tiene como meta describir la estructura de una población basándose en la distribución de la mortalidad y natalidad en sus cohortes (Margalef, 1977; Krebs, 1994). Tiene como herramienta básica a la tabla de vida, que es una forma convencional de descripción de la cinemática de la población a través de una o varias generaciones, y por lo tanto puede ser simulado el efecto de factores intrínsecos como extrínsecos que pueden modificar a la mortalidad. El análisis poblacional es el estudio que separa los atributos de una población en un tiempo, razón por la cual la simulación o extrapolación no es muy confiable (Margalef, 1977; Krebs, 1994; Rothschild, 1995). El uso de la Matriz de Leslie (Leslie, 1954), en los estudios demográficos de los elasmobranquios ha demostrado que es una herramienta poderosa para la implementación de estrategias de regulación y conservación de las especies (Hoening y Gruber, 1990; Simpfendorfer, 2005). La matriz de Leslie permite determinar el incremento de una población, y la estructura de la población en un cierto tiempo, así mismo permite estimar los efectos de los disturbios de los parámetros vitales (crecimiento, mortalidad y fecundidad) en las tasas de crecimiento poblacional (Simpfendorfer, 1998; Caswell, 2001).

La ventaja del uso de la matriz de Leslie es la posibilidad de realizar el análisis de sensibilidad, esto puede ser a través de los índices de sensibilidad o de la elasticidad, este último proporciona la intensidad de un cambio proporcional en los parámetros de las historias de vida en la tasa intrínseca de la población (Caswell, 2001; Frisk *et al.*, 2004), es decir, puede proporcionar en que periodo de la vida de la población los cambios (como puede ser cambios en la mortalidad) influyen mayormente (Heppell *et al.*, 1999).

Los datos necesarios para el estudio demográficos son la edad, mortalidad, fecundidad y edades de madurez, de esta manera puede ser usada como una metodología para la valoración de alternativas en la conservación y el manejo de las poblaciones de elasmobranquios (Jones y Geen, 1977; Grant *et al.*, 1979; Wood *et al.*, 1979; Hoenig y Gruber, 1990, Hoff, 1990; Smith y Abramson, 1990; Cailliet, 1992; Cailliet *et al.*, 1992;

Walker, 1992, 1994 a y 1994 b; Cortés, 1995; Cortés y Parson, 1995; Sminkey y Musick, 1995; Márquez *et al.*, 1998; Simpfendorfer, 1998; Lui y Chen, 1999).

Para *S. lewini*, Lui y Chen, (1999), Cortes, (2001), Frisk *et al.*, (2001) Chen y Yuan, (2006) y Soriano-Velásquez *et al.*, (2006) proporcionaron los parámetros demográficos, mismos que presentan grandes diferencias entre ellos.

Discriminación e identificación de los stocks pesqueros

La definición con más aceptación de un stock pesquero es la que lo enmarca como una entidad real (es decir existe por si misma) que se mantiene a través de sus ciclos de vida y se sostiene por la reproducción (Booke, 1981). De acuerdo con MacLean y Evans (1981) el concepto de stock tiene dos argumentos centrales, el primero postula que las especies de peces se subdividen en poblaciones locales y la segunda supone que estas poblaciones se diferencian genéticamente entre ellas. De acuerdo con estos autores, existen cinco razones del por que la migración de algunos individuos de una localidad a otra no puede garantizar el flujo génico:

1. Los individuos migrantes que pueden ser reproductores potenciales presentan incompatibilidad de comportamientos y falta de reconocimiento de las áreas de reproducción y alimentación debido a la poca experiencia que tienen.
2. Los individuos se reproducen con anterioridad a la migración, por lo que sus reservas energéticas serán insuficientes para la reproducción en otra localidad. La reproducción al depender de ciertas condiciones físico-químicas, oceanográficas y estacionales pueden variar en diferentes regiones. Por otro lado los peces que presentan filopatría son generalmente selméparos como el salmón (Hasler, 1966; Ricker, 1972; Thorpe y Mitchell, 1981) y los pocos iteróparos, como los tiburones, se agregan para aparearse por lo que no pueden gastar energías antes de realizar sus migraciones a las zonas de reproducción (Garrick, 1982; Compagno, 1984; Castro, 1993; Camhi y Musick. 1998).
3. Los individuos migrantes pueden ser genéticamente compatibles con los residentes.

4. Los genes coadaptados pueden ser eficientes y eliminar la variación génica específica introducida en el grupo que tiende a tener una menor adaptación.
5. Los genes introducidos son raros inicialmente por lo que se pueden perder como resultado del cambio.

La existencia de poblaciones o razas geográficas de la misma especie en zonas cercanas implica que el fenotipo de las poblaciones depende en gran parte de las condiciones del medio ambiente en que se desarrollen los individuos, por lo que la variabilidad intrínseca de la población se ve aumentada entre las poblaciones alopátricas (Strauss y Bookstein, 1982). La separación de las poblaciones no solo puede deberse a barreras físicas, también se observa que las condiciones de frontera pueden influenciar en la presencia de variaciones clinales (Carlson y Parson, 1997). Una clina es cualquier cambio sistemático en una característica a través del rango de unas especies. Las clinas pueden ser abruptas o graduales. La presencia de clinas en morfología, parámetros de las historias de vida o comportamiento son usados como un modo de evidenciar la especiación, lo que origina primariamente poblaciones diferentes o razas geográficas (Sinervo, 1999).

Específicamente en tiburones, Carlson y Parson (1997) acuñan en el estudio de los tiburones el concepto de la variación clinal a través de un estudio de las parámetros de crecimiento del tiburón pala (*Sphyrna tiburo*) en la costa noreste de Florida, demostrando que en tres regiones cercanas la especie presenta una zona intermedia de mezcla y que la más norteña es más grande pero de más lento. Anteriormente, las variaciones clinales no eran acepta para los tiburones por su amplia distribución pero si para los organismos terrestres.

Existen otros trabajos que han proporcionado datos que sustentan esta teoría. Sin embargo, sí los gradientes latitudinales en tamaño y crecimiento existen, es importante reconocer los efectos antropogénicos y naturales. Sí los tiburones en una región particular muestran una estructura de tamaño más pequeña que en otras regiones, este patron puede ser explicado por cambios en la mortalidad y crecimiento afectados en turno por efecto de la pesca y

puede ser discriminado por un análisis que integre la temperatura superficial del mar (Carlson y Parson, 1997) o la morfometría de los individuos de las diferentes regiones.

La morfometría geométrica

Los métodos de diferenciación de estos stocks se basan en diferentes técnicas. Por ejemplo análisis morfométricos, merísticos, demográficos, moleculares, identificación de parásitos como marcas naturales y rangos de migración por marcaje-recaptura. Sin embargo, debido a los costos que implican las técnicas moleculares y de marcaje, el uso de técnicas morfométricas y merísticas es el más aplicado (Cadrin, 2000).

La morfometría se define como la escuela científica que postula que todos los seres vivos poseen puntos de referencia en su configuración, estos puntos de referencia morfométrica pueden ser observados dentro de un plano cartesiano x-y, y su disposición en estas dimensiones son diagnósticas para cada especie, además se acepta que el fenotipo de las poblaciones depende en gran parte de las condiciones del medio ambiente en que se desarrollen los individuos por lo que la variabilidad intrínseca de la población se ve aumentada entre las poblaciones simpátricas (Strauss y Bookstein, 1982).

Derivado de las técnicas morfológicas tradicionales se ha desarrollado la morfometría geométrica, que ha dado resultados favorables en la discriminación de stocks de peces en áreas muy cercanas (Ihssen *et al.*, 1981; Strauss y Bookstein, 1982; Corti *et al.*, 1988; Schaefer, 1991; Corti y Crossetti, 1996; Cadrin y Friedlan, 1998; Waldman Jr. 1999).

En términos generales la morfometría geométrica es el estudio de las figuras biológicas y el cambio de su forma, el objeto de sus análisis son los puntos morfométricos (Landmarks) que son caracteres basados en coordenadas lineales, estos puntos pueden estar ubicados en lugares anatómicos bien definidos aun que para algunos organismos estas características pueden ser abstractos, sin embargo estos se relacionan directamente con procesos biológicos (Bookstein, 1991).

Los estudios más recientes recomiendan el método de la “Red de la Estructura Morfométrica” (REM, Strauss y Bookstein, 1982). Este método ha demostrado ser más confiable que las clásicas comparaciones con las morfometrías propuestas en estudio ictiológicos, que generalmente se basan en caracteres tradicionales como son la longitud total, la longitud patrón y altura máxima entre otros (Strauss y Bookstein, 1982; Winans, 1984; Cadrin, 2000).

La REM consiste en una serie de celdas cuadriláteras, cada una definida por cuatro puntos morfométricos que forman cuatro bordes y dos distancias diagonales. Este procedimiento permite detectar variaciones (ontogénicas, sexuales, poblaciones y de especies) en dimensiones lineales de distancias horizontales, verticales y oblicuas de todo el cuerpo del pez por medio de estadísticos de ordenación, como son los análisis de componentes principales, discriminantes y cluster (Corti *et al.*, 1988).

Para discernir diferencias entre tamaño y forma de los puntos morfométricos se incluyen métodos de superposición de puntos morfométricos y análisis multivariados donde se pueden apreciar de manera visual y estadística las variaciones y diferencias (Bookstein, 1991; Rohlf y Bookstein, 1990; Marcus *et al.*, 1993; Cadrin, 2000).

De los stocks de peces que han sido separadas por medio de la morfometría geométrica como poblaciones individuales destacan aquellos que presentan una distribución amplia a escala pelágico-costera como por ejemplo el salmón del Pacífico (*Oncorhynchus salmoides*) (Winans, 1984); las barracudas de Taiwán, Sphyraenidae, (Lin y Shao, 1987); el Peto (*Scomberomorus caballa*), de la costa este de EUA y del Golfo de México (Grimes *et al.*, 1987); el atún de aleta amarilla (*Thunnus albacares*), en el Océano Pacífico (Schaefer, 1991), así como la sardina común de Chile (*Strangomera bentinuk*) (Cortés *et al.*, 1996).

OBJETIVOS

General

Determinar los parámetros demográficos y pesqueros del tiburón martillo (*Sphyrna lewini*) en dos regiones oceanográficas del Pacífico mexicano, con la finalidad de que sean la base para proponer medidas de regulación pesquera regional.

Particulares

- 1.- Determinar la edad y crecimiento del tiburón martillo por medio del análisis de marcas de crecimiento en el borde vertebral.
- 2.- Determinar la relación longitud-peso.
- 3.- Determinar la madurez sexual.
- 4.- Determinar la talla al nacer, época de nacimiento, fecundidad y periodo de gestación, proporción de sexos en embriones, juveniles y adultos.
- 5.- Estimar la mortalidad natural y por pesca, así como los índices de explotación.
- 6.- Realizar un estudio comparativo de los modelos de rendimiento por recluta de Beverton y Holt (1957) y del modelo demográfico (Matriz de Leslie; Leslie, 1954) a través de los puntos de referencia biológico-precautorios (PRB-P).
- 7.- Validar o rechazar la existencia de poblaciones simpátricas del tiburón martillo a través las diferencias encontradas en los puntos anteriores y confirmarlas con el análisis de la “Red de la Estructura Morfométrica” (REM).

ÁREAS DE ESTUDIO

De manera operativa para este trabajo se considerara que el área denominada de Michoacán representa a la provincia oceanográfica del Pacífico Tropical y el área denominada del sur de Sinaloa representa a la provincia oceanográfica del Golfo de California.

División oceanográfica y biogeográfica del Pacífico mexicano

El Pacífico mexicano ha sido dividido de muchas maneras, estas divisiones dependen de cuestiones geomorfológicas, turísticas, pesqueras, navales, oceanográficas y biogeográficas. Aun cuando los límites de algunas de estas clasificaciones coinciden estas no son dependientes una de otra. En este contexto, y dada la importancia que para el presente trabajo tienen las divisiones del Pacífico mexicano, se explican las regiones, primero de manera oceanográfica con base en las propuestas vertidas en la recopilación sobre este tema que realizó De la Lanza (1991) y segundo de manera biogeográfica citando los variados trabajos que existen para esta parte.

La parte Oceanográfica

El Pacífico mexicano ha sido dividido por su oceanografía en tres regiones (De la Lanza, 1991): a) Costa occidental de Baja California, que comprende la costa occidental de Baja California hasta Cabo San Lucas. b) Golfo de California, que como su nombre lo indica abarca el Golfo de California y se limita al sur por el polígono formado por Cabo San Lucas y Cabo Corrientes. c) Pacífico tropical mexicano, de Cabo Corrientes a la frontera con Guatemala (Figura 4).

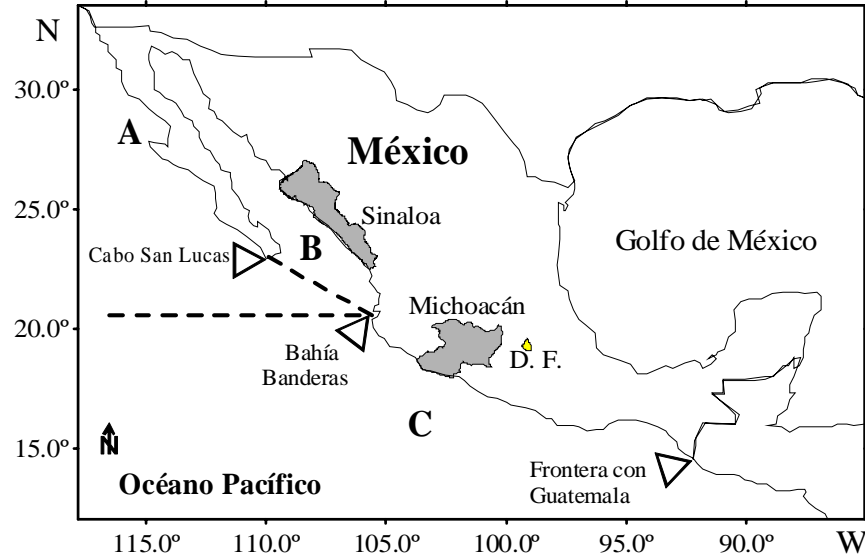


Figura 4.- Regiones oceanográficas de México. Las líneas punteadas separan a las zonas oceanográficas: A) Costa occidental de Baja California, B) Golfo de California y C) Pacífico tropical (De la Lanza, 1991).

El Golfo de California y el Pacífico Tropical Mexicano

El Golfo de California en su parte sur (polígono de Cabo San Lucas a Cabo Corrientes) posee una plataforma recortada que se amplía hacia las costas de Nayarit y Sinaloa, desapareciendo nuevamente en Puerto Vallarta, Jalisco muy cerca de Cabo Corrientes (Tovilla, 1991). Al oeste del Cabo se localiza una cordillera submarina con 90 metros de agua sobre de ella y con grandes profundidades a ambos lados. Esto puede ser el origen de las corrientes encontradas y el oleaje que se observa en ocasiones en las cercanías de este Cabo y que afecta a las Islas Revillagigedo (Anónimo, 1963).

El Pacífico tropical mexicano presenta un talud continental más o menos uniforme en su amplitud (25 a 30 km) y profundidad (2500 a 3000 m). Presenta laderas escarpadas, en especial frente a las costas de Michoacán y Oaxaca. Paralelo a las costas de esta provincia se encuentra la Trinchera Mesoamericana con tres fosas: De Manzanillo, de Petacalco y de Acapulco (Flamand, 1991).

Los parámetros oceanográficos difieren en ambas provincias. En la provincia del Golfo de California la temperatura anual presenta un rango de 15-30 °C, con un promedio de 19.7 °C y con un rango de variación de la media de 6 °C. La salinidad fluctúa entre los 35 a 36 con un promedio anual de 34.26. La provincia del Pacífico tropical mexicano tiene un rango de temperatura de 23-27 °C y un promedio de 27.3 °C, el rango de salinidad va de los 34-35 con un promedio de 34.3 (Cano, 1991; Pacheco, 1991).

La parte biogeográfica

Estudios realizados desde los años 70's dividen la región biogeográfica del Pacífico oriental en cinco provincias (de acuerdo con Espinosa y Llorente, 1993: una Provincia biogeográfica es una zona terrestre o marítima ocupada por un bioma característico definido por los taxones y comunidades que lo forman). Californiana, del estado de California, EUA y la Costa Oriental de Baja California hasta Bahía Magdalena. b) Cortesiana, del centro del Golfo de California a Cabo Corrientes, Jalisco, abarcando también Bahía Magdalena en Baja California Sur. c) Mexicana, del sur de Cabo Corrientes, Jalisco hasta el Golfo de Tehuantepec, Oaxaca. d) Panámica, del Golfo de Tehuantepec, Oaxaca hasta Guayaquil, Ecuador, y e) Galapagiense, que cubre exclusivamente a las Islas Galápagos (Briggs, 1974 y 1995; Horn y Allen, 1978; Brusca y Wallersstein, 1979; Reyes-Bonilla y López-Pérez, 1998) (Figura 5).

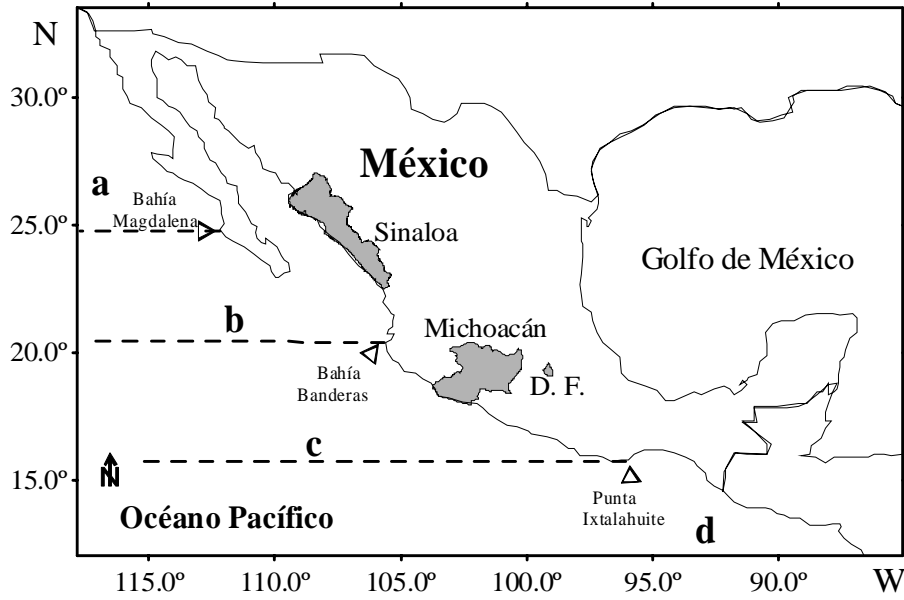


Figura 5.- Provincias biogeográficas del Pacífico mexicano. a) Californiana; b) Cortesiana; c) Mexicana y d) Panámica (Modificado de Briggs, 1995).

Los trabajos que cubren el aspecto ictiológico de estas provincias demuestran que las comunidades de peces son muy diferentes entre cada una de ellas, destacando variabilidad en la abundancia de especies de las familias Carcharhinidae y Sphyrnidae (Briggs, 1974; Horn y Allen, 1978; Tapia-García, 1998).

La relación entre las características oceanográficas y biogeográficas pueden promover la existencia de poblaciones diferentes o subpoblaciones bien definidas de una gran metapoblación de tiburones volador (*Carcharhinus limbatus*) y martillo, ya que se ha demostrado que su distribución depende principalmente de los parámetros oceanográficos, además de la presencia de los organismos que forman su dieta (Horn y Allen, 1978; Garrick, 1982; Compagno, 1984).

El área de Michoacán

Ubicada en la región oceanográfica del Pacífico Tropical Mexicano, y dentro de la provincia biogeográfica Mexicana. El área de estudio abarca el polígono de los 18° 3' N y 102° 28' W a los 18° 27' N y 103° 23' N, teniendo como base de colecta el poblado de Caleta de Campos, municipio de Lázaro Cárdenas (18° 04' 24' N 102° 45' 18" W).

La costa michoacana corre desde el sudeste-este desde la Boca de Apiza (Río Coahuayana) hasta la boca de San Francisco (Delta del Río Balsas). Tiene una longitud en línea recta de 208 Km. y tomando en cuenta entrantes y salientes la longitud es de 262 Km. aproximadamente (Correa, 1974).

La zona pertenece a la provincia fisiográfica del estado denominada como planicies costeras del Pacífico, localizada entre la sierra madre del sur y el Océano Pacífico con una amplitud de tres kilómetros. La sierra llega hasta la costa por lo que se ha formado un litoral en el que se suceden bahías caletas, playas, acantilados, peñascos, terrazas, etc. Naturalmente se han formado planicies donde la sierra no penetra al mar creándose playas extensas (García-Téllez, 1998). Ramírez-Herrera y Urrutia-Fucugauchi (1999) ubican a la costa michoacana como una unidad geomorfológica independiente debido a las zonas de elevación de la plataforma.

Configuración del fondo

El relieve marino adyacente a la costa acusa un rápido hundimiento de tal manera que existen considerables profundidades a pocos metros de la orilla y en consecuencia la franja de la plataforma continental es muy estrecha (Álvarez, 1977). De alta importancia es el delta del Balsas que comprende los últimos 20 km. De este río. Tiene una forma triangular de 60 km² de superficie, presentando rasgos muy notables como cañones submarinos.

La batimetría de la costa (Figura 6) muestra una plataforma continental muy reducida. Siguiendo los patrones de la isóbata de los 50 metros se puede dividir en cuatro regiones a

la costa: la primera es el área influenciada por el delta del río Balsas, de sur a norte comienza en la desembocadura del Balsas y termina con una constricción de la isóbata en las inmediaciones del poblado de las Peñas; la segunda región comienza con el ensanchamiento de la plataforma, al norte de las Peñas hasta el poblado de Tizupa donde se pierde la isóbata de 50m; la tercera región esta caracterizada por encontrar a la isóbata de 200m a corta distancia de la costa, y comprende el norte de Tizupa hasta el poblado de la Ticla; la cuarta región comienza después de la Ticla donde se ensancha la plataforma dando una zona de resguardo en las inmediaciones de San Telmo y continua cerca de la desembocadura del río Armería en Colima (Anislado, 2004).

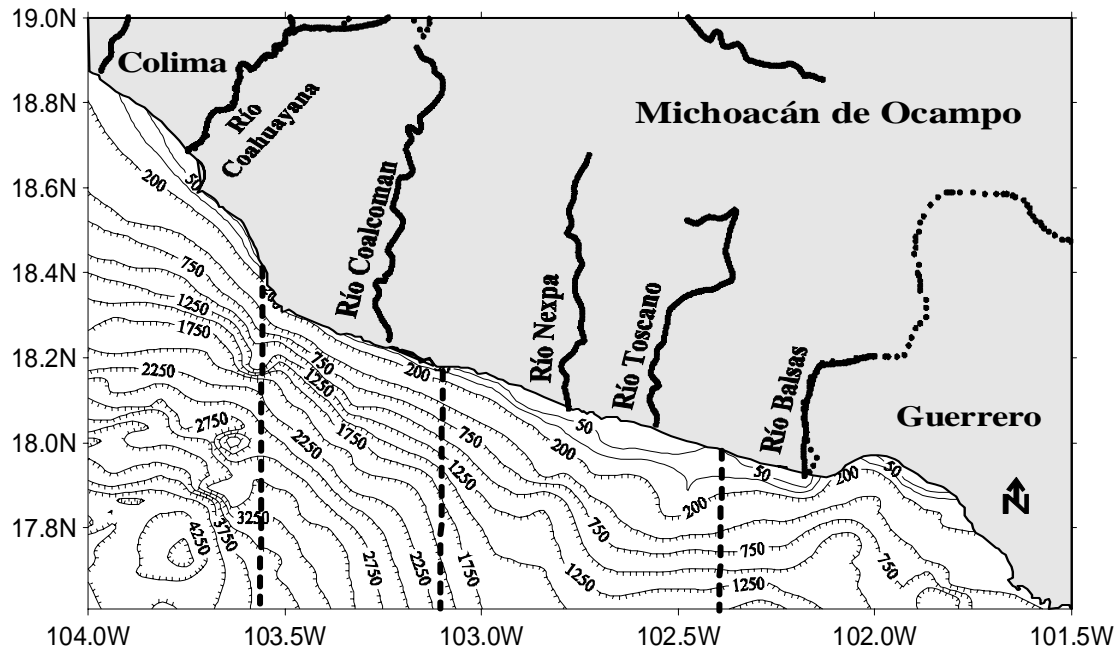


Figura 6.- Perfil batimétrico de la costa michoacana, las líneas punteadas separan las diferentes áreas batimétricas (Tomado de Anislado, 2004).

Masas de agua

Esta costa recibe la influencia de tres corrientes oceánicas: 1) La Norecuatorial del Pacífico, de dirección Sureste-Noreste, 2) La Deriva Costarricense y 3) La Corriente Fría de California, que aporta bajas temperaturas en el Océano y en el ambiente en los meses de abril y mayo (Álvarez, 1977).

Corrientes

González (1987, in Ceballos-Corona, 1988), afirma que las corrientes superficiales varían de mes en mes en el transcurso del año. En septiembre, diciembre febrero y junio la corriente tiene dirección de Sudeste a Norte y en noviembre de Noreste a Sudoeste.

La riqueza de esta área se determina por las descargas de agua dulce del Balsas, Mexcalhuacan (Toscano), Nexpa y Coahuylana, de las aguas profundas de los cañones submarinos, como la Necesidad, El Manglito, el Gasolino y la Zacatosa, así como por las aguas ecuatoriales superficiales. Esta combinación produce una sucesión ecológica estacional mediante las surgencias costeras de abril-mayo de las aguas profundas de la fosa de Petacalco (Gutiérrez-Estrada, 1990; CIBNOR, 1995; Toledo y Bozada, 2002).

Por la zona norte, muy cerca de Caleta de Campos, Ruiz y Girón (1982) observaron dos surgencias costeras, una durante febrero (que es la más importante) y otra en agosto. Este último mes es en el que se da la mayor turbidez (15cm.) en el área del Río Nexpa, debido a la formación de una pluma muy importante por la descarga de éste río.

Nutrientes

Los pocos trabajos existentes solo reportan datos cercanos a la Bahía de Caleta de Campos. Turcott y Girón (1981) reportan una zona oligotrófica teniendo como factor limitante a los nutrientes. En diciembre la clorofila C domina sobre la A y B, suponiendo que existe una próxima renovación del ciclo de producción primaria, ya que la clorofila A es más abundante que la B.

Lo anterior, se refuerza por la existencia de diatomeas de gran tamaño en la parte costera, lugar donde los valores fitoplanctónicos son elevados (5, 000 a 16, 000 células/litro). Mientras que en la zona interna de la Bahía es de 37, 000 células/litro, y en la parte oceánica disminuye hasta 700 - 1, 000 células/litro.

Para mayo, Girón (1981) observa una dominancia de dinoflagelados y diatomeas, que indican una población madura y de lento crecimiento, aumentan los silicatos disueltos debido a la disminución de diatomeas de gran tamaño, en esta fecha, la producción está en su parte máxima debido a que el zooplancton está en la última etapa de sucesión ecológica.

El área del sur de Sinaloa

Pertenece a la región oceanográfica del Golfo de California y a la provincia biogeográfica Cortesiana. Teacapan se localiza en el municipio de Escuinapa en las coordenadas $22^{\circ} 08' N$ y $105^{\circ} 32' W$. La zona de influencia de la flota se encuentra en el polígono de los $23^{\circ} 45' 25'' N$ y $106^{\circ} 05' 15'' W$ (Boca de Chametla) a los $21^{\circ} 52' N$ y $105^{\circ} 54' W$ (Islas Isabel), situándose ésta área dentro de la isobata de los 200 m (Figura 7).

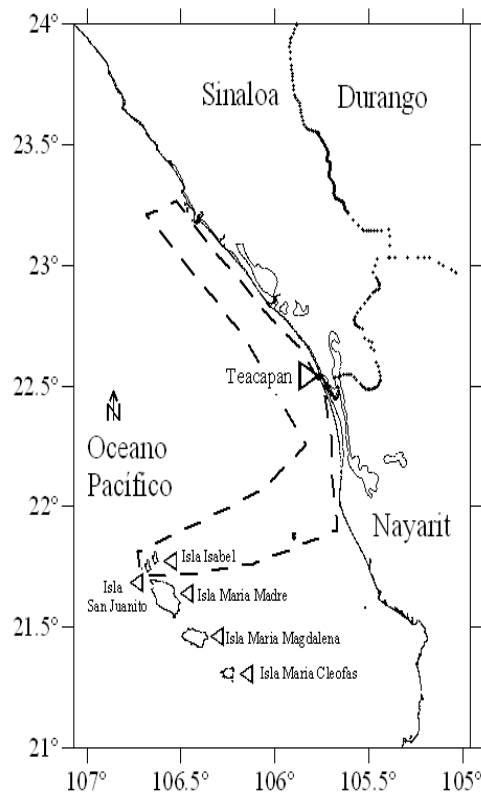


Figura 7.- Área de estudio en Sinaloa. El área punteada es la zona de influencia de la pesquería de Teacapan.

Configuración del fondo

Las profundidades de la zona de influencia pesquera van de los 5 a los 200 m y alcanzan su máxima amplitud al sur frente a las Islas Marías (82 Km.). En el occidente de estas Islas el talud desciende abruptamente de 180 a 2550 m siendo esta la zona norte de la Depresión de las Tres Marías (Pérez-Vivar, 2003).

La plataforma continental es amplia, hasta la isóbata de los 100 m la topografía se comporta de manera regular, aumentando de forma súbita a partir de esta profundidad. Cerca de la Isla Isabel la batimetría es de 50m. De manera general, esta zona presenta una plataforma continental amplia, de posible origen deposicional y con talud moderado.

Masas de agua

En esta zona de muestreo se encuentran solo tres masas de agua debido a que los caladeros de pesca se ubican en la plataforma continental de los 5 a los 200 metros de profundidad, dichas masas son: 1) el agua del Golfo de California; 2) el agua superficial ecuatorial y 3) el agua de la corriente de California (Pérez-Vivar, 2003). Sin embargo, Escalante-Escobar (2001), mencionan que las masas de agua profundas probablemente se encuentren representadas en verano y en zonas de aflojamientos costeros (Tabla 2).

Tabla 2.- Masas de agua de la entrada del Golfo de California (Tomado de Pérez-Vivar, 2003).

Masas de agua	Salinidad	Temperatura superficial del mar(°C)	Profundidad (m)
Golfo de California	35	12	<150
Superficial ecuatorial	35	18	<150
Corriente de California	34.5	12 a 18	<100
Subsuperficial subtropical	34.5 a 35	9 a 18	150 a 500
Intermedia del Pacífico	34.5 a 34.8	4 a 9	500 a 1200
Profunda del Pacífico	34.5	<4	1200

Corrientes

La circulación general describe un giro anticiclónico superficial en primavera, cuando la circulación exterior del Golfo de California se dirige al sudeste. En verano y otoño el giro se invierte cuando el flujo se presenta hacia el nordeste (Pérez- Vivar, 2003).

Salinidad y temperatura superficial del mar

Pocos datos sobre estos parámetros han sido publicados, para la región del sur de Sinaloa. La temperatura superficial del mar se estimó a partir del análisis de los mapas de contornos derivados de la página del Instituto internacional de predicción climática (http://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/.IGOSS/.nmc/.Reyn_SmithOlv2/.monthly/.sst/) para el polígono de los 23° 45' 25" N y 106° 05' 15" W (Boca de Chametla) a los 21° 52' N y 105° 54' W (Islas Isabel) (Piñon-Gimate, 2003) (Tabla 3).

Tabla 3.- Promedio de salinidad y temperatura superficial del mar para la zona de pesca de Teacapán, Sinaloa.

Mes	Salinidad	TSM (°C)
Enero	33	23.3
Febrero	34	23.3
Marzo	33	22
Abril	33	23
Mayo	32.5	26
Junio	33.4	28
Julio	33	28.5
Agosto	33	29
Septiembre	35	28.5
Octubre	35	27
Noviembre	34	26
Diciembre	34	24

Nutrientes

La zona es importante por los valores altos de clorofila a. Los valores en la distribución horizontal son mayores en la costa, sin embargo, esta disminuye en el plano vertical contrariamente a lo esperado con respecto a los porcentajes de penetración de la luz, lo que puede ser consecuencia de la amplia plataforma continental que aumenta la velocidad de mezcla de la columna de agua y al aporte de nutrientes (García-Reséndiz, *et al.*, 2004).

MATERIAL Y MÉTODOS

Los datos para el desarrollo de este trabajo se colectaron a partir de la pesca comercial de los campamentos pesqueros de Caleta de Campos, Michoacán y de Teacapán, Sinaloa, de enero de 2003 a febrero de 2005. De acuerdo a cada tipo de análisis, se tomaron datos de biometrías, pesos y aspectos reproductivos, además se colectaron muestras biológicas de las vértebras postcervicales para la sección de edad y crecimiento, así como fotografías de la parte ventral cefálica para la sección de la morfometría geométrica.

La pesquería de esta especie se realiza por medio de lanchas de fibra de vidrio de 6 a 8 m de eslora, y de 2 a 3 metros de manga. El motor es fuera de borda de 50 a 75 caballos de fuerza. Las artes de pesca utilizadas son redes agalleras de 700 m de largo con 3.5, 4 o 4.5 y 6 pulgadas de abertura de malla. Así también, se utilizan palangres superficiales y de fondo con líneas de 500 a 750 m de largo, y con 300 a 350 anzuelos. Los palangres pueden ser cazoneros o tiburoneros de acuerdo al tamaño y al tipo de anzuelo utilizado. Los palangres cazoneros normalmente se arman con anzuelo noruego del número 4, y circular del número 12. Los palangres tiburoneros se arman con anzuelo japonés del número 3.8 y circular del número 12 o mas grandes. Particularmente en Michoacán, también se utiliza la red camaronera. Aunque en realidad la pesca de tiburón con este arte es solo accidental. Un operación típica de esta pesquería incluye el tendido de las redes agalleras en la tarde y la recuperación al día siguiente antes del medio día. Los palangres, se tienden en la tarde y se dejan trabajando unas 48 horas. Dependiendo de la abundancia de tiburones adultos o juveniles, los viajes se realizan a las 2.5 millas náuticas de la costa (cuando los juveniles abundan) o hasta las 7 millas (cuando los adultos son abundantes). En Teacapán, los viajes para la captura de adultos pueden ser aun más lejanos, llegando a veces hasta las Islas Marías. El número de embarcaciones por zona de estudio se muestra en la Tabla 1.

Trabajo de campo

Biometrías

Para medir la longitud total (LT), la longitud alternativa (LA), y la longitud precaudal (LPC) se utilizó cintas métricas de fibra de vidrio de 150cm. y 300cm. de longitud con escala mínima de un centímetro (Figura 8).

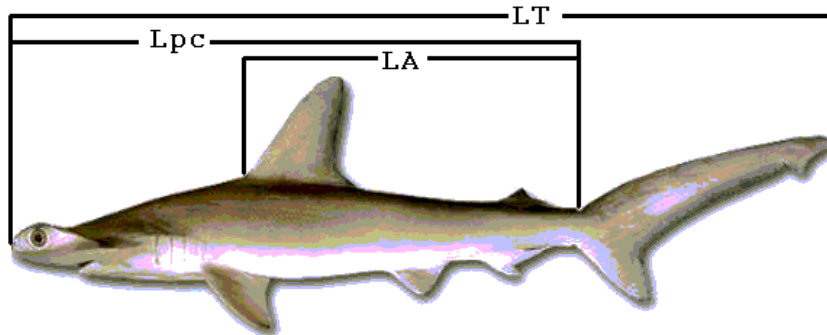


Figura 8.- Biometrías básicas del tiburón martillo (LT = longitud total, LPC = Longitud precaudal y LA = longitud alternativa).

Edad y crecimiento

Para estimar la edad y crecimiento se colectaron la cuarta y quinta vértebra de la zona post-cefálica de los ejemplares. Las vértebras se colectaron con músculo y se conservaron en formol marino al 10% dentro de frascos de PET. Las muestras biológicas se transportaron en cajas de plástico para su procesamiento en el Laboratorio de Ecología de Pesquerías del ICMYL-UNAM.

Relación Longitud-Peso

Los ejemplares fueron pesados con básculas de charola con capacidad de cinco kg y escala de 20 gr. Así también, con básculas de resorte (Ohalaus) de tres kilogramos con escala de 10 gr., básculas de resorte (Tororey) de 15, 25, 50 y 100 kg con divisiones de 500 g.

Aspectos reproductivos

Se obtuvieron datos de sexo y estado de madurez según siguiendo los criterios estipulados en la Tabla 4. Para los machos se midió la longitud del mixopterigio. Para hembras se contó el número de embriones (ó cordones umbilicales y cámaras embrionarias) así como el número de machos y hembras de estos embriones.

Tabla 4.- Estados de madurez sexual para los tiburones martillo propuestos para este trabajo.

Etapas madurez	Hembras	Machos
Recién nacido	Individuos con la inserción umbilical abierta y estómago con restos de alimento.	Individuos con la inserción umbilical abierta y estómago con restos de alimento.
Juvenil	En la mayoría de los casos los ovocitos no están maduros, el ovario presenta un aspecto granular. La glándula oviducal y el útero no se diferencia del oviducto.	Los mixopterigios más cortos que aletas pélvicas. El testículo muestra una vascularización incipiente. Los conductos eferentes rectos.
Inmaduro	La glándula oviducal muestra una forma espiral. Marcas de apareamiento no presentes (consideradas como marcas en las aletas pectorales, en el dorso y con áreas hemorrágicas en las cloacas).	Mixopterigios rígidos. Testículos bien vascularizados de color crema. Conductos eferentes con una forma espiral.
Maduro	La glándula oviducal muestra una forma acorazonada. Ovocitos en útero. Las marcas de apareamiento son evidentes. En hembras con apareamientos múltiples, las marcas de más recientes interrumpen las cicatrices más viejas.	Los mixopterigios muestran la cubierta del rhipidion bien desarrollado y sus componentes se pueden separar. Debido a la calcificación, los mixopterigios pueden ser rotados 180° en su base, en a veces los mixopterigios muestran moretones en su parte distal como señal de apareamiento. Testículos engrosados, color crema. Conductos eferentes con forma espiral. Semen visible en las conductos eferentes de los mixopterigios y en las vesículas seminales.
Preñada	Útero con embriones, en las hembras abortivas los restos placentarios está en el útero, y el útero es flácido y hemorrágico.	

Para cada individuo se midieron las siguientes longitudes: longitud precaudal (LPC); longitud furcal (LF); longitud total (LT); longitud alternativa (LA), longitud del mixopterigio (MXP); peso total (PT), peso eviscerado (PE), Longitud total de los

embriones; además del sexo del ejemplar y de los embriones cuando estén presentes, así como el número de hembras y machos de estos último.

Toma de fotografías para el análisis de la morfometría geométrica

En ambas localidades se fotografiaron a los especímenes que se desembarcaron enteros. Las fotografías constaron de una toma de la parte ventral de la cabeza y aletas pectorales, los datos para las fotografías fueron: localidad, fecha, longitud total, sexo y clave en los formatos generales de muestreo. La cámara utilizada fue una KODAD semi-manual de 35 mm La película fotográfica usada fue ASA-400 a una distancia de 50cm. usando una escala de 15cm como referencia a un lado para su posterior análisis.

Trabajo de laboratorio

Muestra de vértebras para determinar edad y crecimiento

Se utilizaron tres técnicas de observación de las bandas opacas anillos (marcas de crecimiento): al natural, teñida con cristal violeta al 0.01% y con rojo de alizarina. En los tres casos se cortaron las vértebras de manera trasversal (Figura 9), siguiendo el siguiente procedimiento:

- 1.- Remoción del músculo, el arco neural y el arco henal con un cuchillo tratando de no dañar la vértebra y separando cada una de las vértebras.
- 2.- Enjuague con agua corriente durante periodos de cinco a 15 minutos.
- 3.- Remoción del tejido conectivo con hipoclorito de sodio al 5.6 % durante 5 minutos a 12 horas según el tamaño (Bonfil *et al.*, 1993) con uno o dos cambios.
- 4.- Corte transversal con una segueta de calado manual para acero y pulidas progresivamente con lijas de agua del número 200, 300, 400, 600, 800 y 1000.
- 5.- Enjuague con agua destilada por 10 minutos y proceder a la tinción.

Para la tinción de cristal violeta se uso la técnica propuesta por (Schwartz, 1983) y modificada por Anislado-Tolentino y Robinson-Mendoza (2001):

- 1.- Tinción de 10 a 15 minutos en la solución de cristal violeta al 0.01%.
- 2.- Remoción el exceso de colorante usando isopropanol al 50% por menos de un minuto.
- 3.- Observar con un secado de 10 a 20 minutos.

Para la tinción de rojo de alizarina se uso la técnica propuesta por LaMarca (1966).

Soluciones:

Solución A.- 100 ml de Tinción de rojo de alizarina.

10 ml de solución acuosa saturada de rojo de alizarina.

90 ml de solución acuosa de Hidróxido de sodio al 0.1 %.

Solución B.- Agua oxigenada al 3 % (11 volúmenes).

Agua corriente.

Procedimiento:

- 1.- Teñir de 1 a 5 minutos en la solución A.
- 2.- Lavado con agua corriente por diez minutos.
- 3.- Diferenciación con B.
- 4.- Observar con un secado de 10 a 20 minutos.

Las imágenes de vértebras fueron capturadas en formato digital con un escáner, usando la calidad alta, aumento de 300 veces y a 300 dpi teniendo como referencia una escala de 0.1cm.

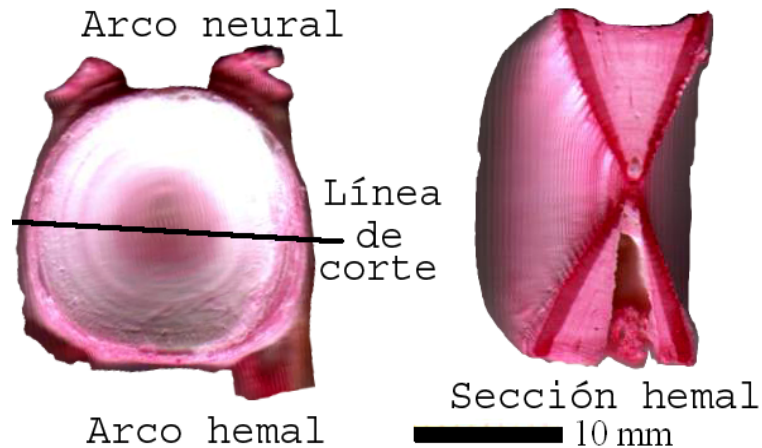


Figura 9.- Aspecto de una vértebra entera y otra preparada para la lectura de bandas opacas de crecimiento.

Trabajo de gabinete

Biometrías

Se determinó el mejor modelo para explicar la relación de la longitud total (LT) con respecto a la longitud, alternativa (LA) y a la longitud precaudal (Lpc). Así también se exploró la significancia del modelo en cuanto a sexos y localidades de acuerdo a las siguientes hipótesis nulas:

H_0 .- Las relaciones biométricas ente las longitudes no difieren entre los sexos.

H_0 .- Las relaciones biométricas entre las longitudes no difieren entre las localidades.

Para el análisis de estas hipótesis se utilizo el análisis de varianza (ANOVA) de dos vías para las pendientes y ordenadas al origen de las funciones linealizadas.

Una vez obtenidos los modelos, se utilizaron para recuperar los datos de la longitud total (LT) de los ejemplares que fueron desembarcados ya eviscerados.

Edad y crecimiento

Conteo de bandas opacas (BOs).

Se observaron y se contaron por triplicado con diferentes lectores el número de bandas opacas (BOs) de la vértebra para la determinación de la edad utilizando el programa Adobe Photoshop Ver 7.7, con el cual se incorporo una marca sobre cada BO.

Las estimaciones de edad se basan en que las BOs de crecimiento puedan ser identificadas y contados. Es importante hacer notar que puede ocurrir que las lecturas lleven implícita variabilidad entre ellas, misma que puede estar dada entre lectores, lecturas, entre estructuras para determinar la edad o entre instituciones de investigación. La variabilidad puede depender también de la variabilidad propia del individuo (Acuña *et al.*, 2001).

Para delimitar la eficiencia de las tinciones se evaluó el porcentaje de las vértebras que se pudieron leer. De manera gráfica se usó la propuesta de Goldman (2004) graficando las lecturas de los lectores 2 y 3 contra la lectura del lector 1 y trazando una recta de 45° a través del origen donde se espera que los puntos sean cercanos a dicha recta, (Campana *et al.*, 1995; Hoenig *et al.*, 1995, Evans y Hoenig, 1998). Otra técnica de evaluación es ajustar los puntos a una recta que debe de poseer valores de la pendiente cercana a uno y de ordenada cercana a cero.

Otra evaluación del las lecturas se basó aplicando la prueba isométrica de la Chi-cuadrada (McNemar, 1947) usando los valores de los lectores 2 y 3 con respecto al lector 1 (Evans y Hoenig, 1998), de acuerdo a las siguientes consideraciones:

- 1.- Se consideran dos categorías (concordancia y no concordancia) y dos eventos (lector 1 y lector 2) para evaluar un grupo (lector 1).
- 2.- La hipótesis nula (H_0) es definida en función del ajuste de un lector (lector 1) a través de dos eventos (lector 2 y 3).

3.- La concordancia se codificaran como 1 y la no concordancia como 0 de tal manera que se tendrán cuatro combinaciones, a) cuando no exista concordancia con los lectores 2 y 3 se codifica como 00 , b) cuando exista concordancia con los lectores 2 y 3 se codifica como 11 , c) cuando no exista concordancia con el lector 2 pero si con el lector 3 se codifica como 01 , d) cuando exista concordancia con el lector 2 pero no con el lector 3 se codifica como 10 .

Para establecer la precisión de las lecturas y de los métodos de realzamiento de las bandas opacas se utilizo primeramente el índice promedio de concordancia entre lecturas el índice promedio del error (IPE) de Beamish y Fournier (1981).

$$IPE = 100 \left\{ \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \left[\frac{1}{R} \sum_{i=1}^R \frac{|X_{ij} - X_j|}{X_j} \right] \right\}$$

Donde X_{ij} es el número de anillos del pez j contados por el lector i , y X_j es el promedio del número de BOs contadas en el pez j , R es el número de lectores y N es el número de vértebras analizadas.

Así mismo se estimo el promedio del coeficiente de variación entre las lecturas (CV) y el promedio del índice de precisión (D) propuesto por Chang (1982).

$$CV_j = 100 \left\{ \frac{1}{N} \sum_{j=1}^R \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^R (X_{ij} - X_j)^2}{R(R-1)}} \right\}$$

$$D_j = \frac{CV}{\sqrt{R}}$$

Medición de las bandas opacas de crecimiento.

La medición se realizó utilizando la técnica de tinción que mejor resultado dio con respecto a los análisis del conteo de anillos, para lo cual se ocupó el programa UTHSCSA ImageTool Ver. 3 alpha (Departamento de Diagnostico Científico Dental y Centro de Ciencias de la Salud de la Universidad de Texas: <http://ddsdx.uthscsa.edu/dig/itdesc.html>). Las mediciones se realizaron paralelas al margen vertebral (normalmente llamado *Corpus calcareum*, Cc) en la región dorsal derecha. En esta región se realizaron las mediciones del radio vertebral (R); r_i que es la distancia del foco (F) al borde inferior de cada BO; r_n que es la distancia del foco al borde inferior de la última BO, entendiéndose como foco al origen de la vértebra (Figura 10).

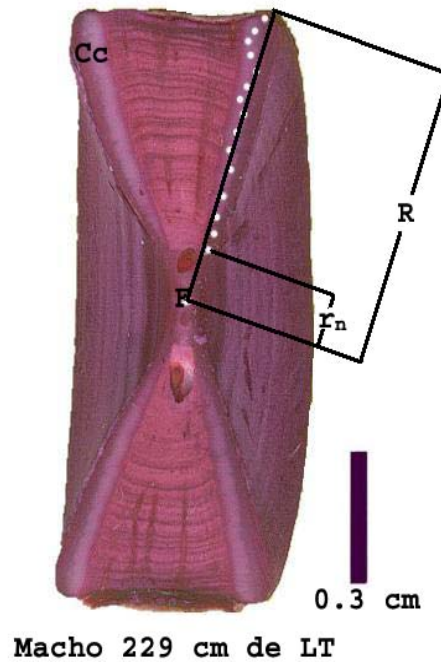


Figura 10.- Esquema de una vértebra cortada para las mediciones de anillo. Cc *Corpus calcareum*; f, foco; R, radio vertebral y r_i , distancia del foco a la banda opaca (BO) i.

Análisis del incremento marginal.

Para validar la periodicidad de la formación de las bandas opacas de crecimiento, se usó el análisis del incremento marginal (IM) propuesto por Lai y Liu (1979), que es estimado por la función:

$$IM = \frac{R - r_n}{r_n - r_{n-1}}$$

Donde IM es el incremento marginal, R es el radio vertebral, r_n y r_{n-1} son la distancia del foco vertebral a la última y penúltima BO respectivamente. La distribución de la frecuencia del IM se graficó para cada mes de muestreo. Se definió la formación de las bandas opacas cuando el promedio de esta distribución es menor que en otros meses o cuando se encuentre la mayor dispersión de los IM (Prince y Pulos, 1983).

Por otro lado y como una medida de validar el incremento marginal se utilizó la clasificación de la zona marginal propuesta de Ferreira y Vooren (1991): Pre-banda opaca marginal.- consiste en una zona amplia y poco calcificada, Banda opaca marginal.- Consistente en una zona de mayor calcificación y Post-banda opaca marginal.- Consistente en una zona estrecha de menor calcificación.

Los periodos de formación de BOs se correlacionaron con las temperaturas superficiales promedio de cada mes.

Relación isométrica del radio vertebral y la longitud total.

Para constatar si la vértebra es la adecuada para el análisis del retrocálculo se realizó el ajuste a la curva potencial de acuerdo a la siguiente función:

$$LT = aR^b$$

Donde LT es la longitud total y R es el radio vertebral, a la ordenada al origen, y b la pendiente que debe de ser igual o cercana a uno. La justificación teórica de esta relación es que cuando se cumple la isometría la función potencia generada es una ecuación *sui generis* de una recta con ordenada cero lo que indica que a cero estructura cero pez (Quiñones 2006, *Comunicación personal*). La comparación de la curva estimada con respecto a la ecuación isométrica teórica-forzada se realizó usando una modificación de la prueba de t de Student (Zar, 1984) aplicada a la linealización de esta curva:

$$|t_{(\alpha/2, 2n-4)}| = \frac{b_1 - 1}{S_{b_1 - b_2}}$$

Donde b_1 es la pendiente de la regresión:

$$\log_{10} LT = \log_{10} a + b_1 LT$$

$S_{b_1 - b_2}$ es el error estándar mancomunado de las regresiones calculada según la siguiente formula:

$$S_{b_1 - b_2} = \sqrt{2 \frac{S_{yx}^2}{\sum X^2}}$$

S_{yx}^2 es la varianza mancomunada de las dos regresiones:

$$S_{yx}^2 = \frac{SC_{residuos\ 1}}{g.l.residuos} + \frac{SC_{residuos\ 2}}{g.l.residuos}$$

SC_1 , es la suma de cuadrados de los residuos de la regresión 1 y SC_1 es la suma de cuadrados de los residuos de la regresión isométrica forzada (pendiente 1 y $\log_{10} a$ ajustada por mínimos cuadrados),

$$SC_{residuos\ 1} = \sum LT^2 - \frac{(SP_{LT,R})^2}{\sum R^2}$$

$g.l.residuos$ son los grados de libertad de los residuos (n-2) y $SP_{LT,R}$ es la suma de los productos. La prueba se corrobora con los grados de libertad mancomunados ($v = 2n - 4$) y la hipótesis de igualdad se acepta con una $P \geq 0.05$ si $t_{crítica} \leq t_{(\alpha/2, 2n-4)}$.

Retrocálculo.

El análisis retrospectivo o retrocálculo es una técnica que permite utilizar esa información para estimar longitudes corporales en edades o etapas previas de la historia de vida a través de relaciones entre mediciones realizadas en la estructura dura y las dimensiones del pez (Araya y Cubillos, 2001).

Los modelos de retrocálculo usados en este trabajo asumen que el crecimiento del pez en relación con la estructura dura a usar es proporcional (Francis, 1990). Algunos modelos lineales y no lineales de retrocálculo se basan en ese supuesto siguiendo las siguientes formulas:

- $R = a_1 + b_1LT$ 1
- $LT = a_2 + b_2R$ 2
- $R = a_3 + LT^{b_3}$ 3
- $LT = a_4R^{b_4}$ 4

Donde R es el radio de la estructura dura, LT es la longitud total del pez, a es la ordenada y b la pendiente de las ecuaciones donde el número del subíndice indica el número de la formula anteriores.

Hipótesis de la proporcionalidad de la estructura dura (SPH, Scale-proportional Hypothesis, en ingles):

$$L_i = -\frac{a_1}{b_1} + \left[L_c + \frac{a_1}{b_1} \right] \frac{r_i}{R}$$

Hipótesis de la proporcionalidad de la longitud (BPH, Body-proportional Hipótesis, en ingles):

$$L_i = \frac{a_2 + d_2 r_i}{a_2 + d_2 R} L_c$$

Modelo de Fraser-Lee:

$$L_i = a_2 + (L_c - a_2) \left(\frac{r_i}{R} \right)$$

Hipótesis de la proporcionalidad no lineal de la estructura dura (non linear SPH, en ingles):

$$L_i = \left(\frac{r_i}{R} \right)^{\frac{1}{b_3}} L_c$$

Hipótesis de la proporcionalidad no lineal del cuerpo (non Linear BPH):

$$L_i = \left(\frac{r_i}{R} \right)^{b_4} L_c$$

Donde L_i es la longitud retrocalculada al anillo i , L_c es la longitud del pez al momento de la captura.

En este estudio se propone como un método de selección del modelo de retrocálculo para el mejor ajuste, a el análisis de las variaciones individuales de cada edad estimada en función del mínimo valor de la verosimilitud de la distribución negativa log-normal (L), de acuerdo a las siguientes dos puntos (Hilborn & Mangel, 1997; Haddon, 2001):

1. – Los resultados las variaciones respecto al promedio de cada del edad retrocalculada presentan una distribución log-normal negativa debido a el error (Fukuwaka, 1996).

2. – El mínimo valor de L muestra el mejor ajuste ya que incluye a la media, desviación estándar y al tamaño de la muestra.

$$L\{Y|m, \sigma\} = \sum_{i=0}^n \left(n \left[\log(\sigma) + \frac{1}{2} \log(2\pi) \right] + \sum_{i=1}^n \frac{(Y_i - m)^2}{2\sigma^2} \right)$$

Donde L es la verosimilitud negativa de la distribución log-normal, Y_i es el valor estimado, m es el promedio de los valores estimados y σ es la desviación estándar.

Estimación de los parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy.

La ecuación de crecimiento de von Bertalanffy (1938) (ECVB) en su mínima expresión es:

$$LT = L_{\infty} (1 - e^{-K(t-t_0)}) * e^{\pm \varepsilon}$$

Donde LT es la longitud a la edad t , L_{∞} es la posible longitud máxima que el pez puede alcanzar, K es la constante metabólica o mejor conocida como constante de crecimiento, t es la edad y t_0 es la edad hipotética en la que la longitud del pez es cero, siendo este último solo un parámetro de ajuste y ε es el error estándar del ajuste.

De manera preliminar L_{∞} fue estimada por el método de Chapman (1961) y Gulland (1969) por medio de:

$$LT_{(i+1)} - LT_i = a + bLT_i$$

Donde $LT_{(i+1)}$ es la longitud total al tiempo $i+1$, a es la ordenada al origen, b es la pendiente, resumiendo se tiene que:

$$L_{\infty} = \frac{a}{b}$$

k y t_0 fueron calculados por el método de Gulland y Holt (1959), por medio de:

$$\ln \left[1 - \left(\frac{LT_i}{L_\infty} \right) \right] = \ln(a) + bt$$

Despejando:

$$K = -b \text{ y } t_0 = \frac{\ln(a)}{-b}$$

Los valores de los parámetros se refinaron usando el criterio del ajuste de la máxima verosimilitud (Haddon, 2001), de acuerdo a la siguiente función:

$$V\{L_0|\hat{L}, s\} = - \sum_{i=1}^n -\log \left[\frac{1}{s\sqrt{2\pi}} e^{-\left(\frac{L_0-\hat{L}}{2s^2}\right)^2} \right]$$

Donde V es la máxima verosimilitud, L_0 es la longitud observada y \hat{L} es la longitud ajustada por la ECVB, s es la desviación estándar de las longitudes observadas. Los valores refinados de L_∞ , K y t_0 se obtienen iterándolos hasta encontrar el valor máximo posible de V y que coincidiera con los datos biológicos de la especie.

La comparación de las curvas de crecimiento.

La comparación de curvas de crecimiento entre sexos y entre localidades se realizó usando la modificación para curvas no lineales propuesta por Chen *et al.*, (1991) para el análisis de la suma cuadrática residual (Zar, 1984), que es utilizado para la evaluar la coincidencia de dos o más regresiones (Haddon, 2001), la formula resumida es la siguiente:

$$F = \left| \frac{\frac{SCR_M - \sum SCR_i}{3(k-1)}}{\frac{\sum SCR_i}{N-3k}} \right|$$

Donde F es el valor estadístico con $3(k-1)$ y $(N-3k)$ grados de libertad, K es el número de curvas a comparar, N es e total de datos o el tamaño de muestra mancomunada, SCR_M es la

suma de cuadrados residuales de la ECVB mancomunada, $\sum SCR_i$ es la sumatoria de la suma de cuadrados residuales de las curvas a comparar. El valor obtenido de F es comparado con el valor de la tabla de F de Fisher.

Estimación del índice de crecimiento estándar ϕ'

Como criterio alternativo para comparar diferentes estimaciones de crecimiento, se utilizó el índice de crecimiento estándar (ϕ') (Munro y Pauly 1983, Pauly y Munro 1984), el cual proporciona un parámetro unificado de crecimiento y no muestra variaciones marcadas como L_∞ y k en forma individual (Defeo *et al.*, 1992, Leonce-Valencia y Defeo 1997).

$$\phi' = \log(K) + 2\log(L_\infty)$$

Relación del peso con la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy

Combinando la ecuación de la relación peso-longitud con la ECVB se obtiene de manera resumida la ecuación de crecimiento en peso y edad (Sparre y Vanema, 1997):

$$P_t = P_\infty(1 - e^{-K(t-t_0)})$$

Donde P_t es el peso en función de la edad, P_∞ es el peso infinito o peso máximo teórico que pueden alcanzar los organismos de la especie, K y t_0 son los parámetros de la ECVB para la longitud, b es la pendiente de la relación potencial del peso-longitud y que por conveniencia se acepta como tres.

La comparación de estas curvas entre sexos se realizó usando la modificación para curvas no lineales propuesta por Chen *et al.*, (1991) para el análisis de la suma cuadrática residual (Zar, 1984), que es utilizado para la evaluar la coincidencia de dos o más regresiones (Haddon, 2001).

Aspectos reproductivos

Proporción hembras – machos.

La proporción entre hembras y machos fue estimada durante cada muestreo realizado y en el total.

Madurez sexual.

La longitud en la primera madurez (L_{PMS}) se determinó a través del análisis de los estados de madurez sexual de los ejemplares muestreados. Para los machos esta longitud es muy cercana al punto de inflexión de la función logística ente la proporción de la longitud del mixopterigio (Mix) respecto a la longitud total (LT). En las hembras al punto de inflexión en la curva de tendencia de la relación de la longitud total y los estados de madurez (Guvanov, 1978). Para las hembras, se utilizó además el modelo empírico de Grimes (1987).

$$L_{PMS} = 44.73 + 0.424L_{\infty}$$

Talla al nacer.

El tamaño al nacer se determinó mediante de la longitud total de crías neonatas con la inserción umbilical fresca y totalmente abierta, distinguiéndolos de los embriones uterinos más grandes (embriones a termino o nonatos) por restos alimentarios en sus estómagos. La prueba estadística usada fue la prueba de Kolmorogov-Smirnov para la comparación de las distribuciones de dos muestras. En este caso, la de tallas de los neonatos y de la talla de los embriones terminales (Siegel, 1995). De manera gráfica se delimitó la talla de nacimiento considerando que los embriones están en la fase terminal por lo que sus tallas son las mínimas de posible nacimiento y la talla máxima de nacimiento se da cuando se sobrelapan las tallas de los nonatos y de los neonatos.

Fecundidad.

La fecundidad es considerada como el número de crías por parto (Castro, 1993). También es expresada como la relación entre la longitud total de la madre y la cantidad de embriones (Bagenal 1966, Gunderson *et al.*, 1980). Para encontrar posibles estrategias de crecimiento embrionario compensatorio se analizó la relación entre la talla de las crías y la talla de la madre.

Los diferentes números de crías por parto se analizaron con la prueba de Dixon (Kanji, 1999) para encontrar datos aberrantes:

$$r = \frac{X_2 - X_1}{X_n - X_1} \quad \text{si } 3 \leq n \leq 7$$

Para encontrar el intervalo del número de crías por parto posibles de encontrar en la población se utilizó el análisis del intervalo de tolerancia (Marques de Cantú, 1991).

Para estimar la proporción sexual de los embriones y debido a que las hembras sufren abortos por el traumatismo de la captura (Anislado, 2000), se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para la comparar las distribuciones de dos muestras, en este caso entre machos y hembras, además de aplicar la prueba de Dixon (Kanji, 1999) para excluir los valores extremos de la proporción sexual estimada de la muestra a fin de encontrar la proporción sexual estadísticamente más confiable. Así también, estimó la relación entre la longitud de los embriones terminales y la longitud de la madre.

Periodo de gestación, temporada de apareamiento y partos.

La distribución temporal de las longitudes totales y los estados de madurez fueron usadas para estimar el tiempo de gestación, la temporada de apareamientos y temporada de partos (Olsen, 1954; Springer, 1967; Castro, 1993; Crow *et al.*, 1996), correlacionándolas con el valor promedio mensual de las temperaturas superficiales del mar.

Efectividad y selectividad de captura para las diferentes artes de pesca (redes agalleras y palangres)Efectividad de las artes.

La efectividad de las artes de pesca a la especie se consideró como la proporción de los lances positivos (se considero positivo cuando al menos un tiburón martillo fue capturado) en relación del total de lances (un lance es considerado como la maniobra de tendido y levantado del arte) para cada arte de pesca. Este análisis permite delimitar que artes de pesca son los que se orientan a la captura de la especie y cuales presentan capturas incidentales. Los meses de uso de las artes de pesca durante los muestreos indican de manera indirecta la incidencia sobre el recurso.

Selectividad de las artes de pesca a la talla de captura.

La selectividad se estimó usando las pseudo-ogivas de la frecuencia relativa acumulada de las capturas (Guerra y Sánchez, 1998) de acuerdo a la siguiente función logística:

$$FRA = \frac{1}{1 + e^{a+bL'}}$$

Donde FRA es la frecuencia relativa acumulada de las tallas capturadas, L' es el pivote del intervalo de tallas, que en este caso es de cinco centímetros, a ordenada al origen (a) y la pendiente (b).

La longitud de reclutamiento (L_{pc}) es considerada como la longitud al 25% de las capturas acumuladas. La longitud promedio de captura (L_{mc}) es igual a la longitud al 50% de las capturas acumuladas, y la longitud máxima (L_{maxc}) bien representada en la captura se considera como la longitud al 75% de las capturas acumuladas. El intervalo de capturas va de la longitud al 25% hasta la longitud al 75% de las capturas acumuladas. La forma de estimar estas longitudes a partir de la función logística se resume en las siguientes funciones:

$$L_{25\%} = L_{pc} = \frac{a - \ln(3)}{-b}$$

$$L_{50\%} = L_{mc} = \frac{a}{-b}$$

$$L_{75\%} = L_{maxc} = \frac{a + \ln(3)}{-b}$$

Calculo de mortalidad e índices de explotación

Mortalidad Total (Z).

La mortalidad total se estimó a través de las curvas de captura usando el modelo de Baranov (1918). Este modelo considera a las abundancias en las capturas como un reflejo de la abundancia dentro de la población, por lo que la relación de la frecuencia absoluta (n) con las clases de edad de los organismos será:

$$n = ae^{-bt}$$

Donde n es el número de organismos, a es la ordenada al origen, $b = -Z$ y t es la edad.

Las edades se estimaron directamente de las tallas de captura con las ecuaciones de crecimiento correspondientes a hembras y machos. En la tabla de captura por edades se integraron ambos sexos. Para estimar la variación estándar de Z se estimó la varianza en la distribución normal de la curva de captura y se aplicó el modelo de re-muestreo de Monte Carlo (Haddon, 2001) a 3000 iteraciones (Efron, 1985). Debido a que la estimación de Z se

realiza a partir de una regresión, este parámetro presentara una distribución normal en sus re-muestréos (Prat Bartés *et al.*, 1998).

Mortalidad natural (M).

Tomando en cuenta la recomendación de Vetter (1988), se usaron 17 diferentes modelos para la mortalidad natural (M) que incorporan datos ambientales y de la historia de vida (Tabla 5). Modificando la propuesta de Cubillos *et al.*, (1999), se aplico el re-muestreo de Monte Carlo con 3000 iteraciones (Efron ,1985) para el promedio de los valores estimados a través de la distribución log-normal inversa (Barreto y Howland, 2006), y se delimitó el intervalo de *confianza* ($IC_{95\%}$) de la mortalidad natural a través de la relación $IC_{95\%} = e^{1.96 * \frac{S_{\ln M}}{\sqrt{n}}}$, donde $S_{\ln M}$ es la desviación estándar del logaritmo natural de la mortalidad natural (M), y n es el número de re-muestréos.

Tabla 5.- Resumen de los modelos aplicados para estimar la mortalidad por pesca (M).

Referencia	Modelo
Taylor (1960)	$M = \frac{2.996}{T_{\max.\text{teo.}}} \text{ donde } T_{\max.\text{teo.}} = \frac{2.996}{K} + t_0$
Tanaka, (1960)	$M = \frac{3}{T_{\max.\text{obs.}}}$
Alverson y Carney (1975)	$M = \frac{3 + K}{e^{0.25T_{\max.\text{teo}K}} - 1}$
Rikhter y Efanov (1976)	$M = \frac{1.52}{T_m^{0.72}} - 0.16 \text{ donde } T_m = 5.92\text{Ln}(L_\infty) - 23.25$
Pauly (1980)	$\log(M) = -0.065 - 0.287\text{Log}(L_\infty) + 0.604 \log(K) + 0.513\log(\bar{T})$
Pauly (1980)	$\log(M) = -0.2107 - 0.0824\text{Log}(PL_\infty) + 0.6757 \log(K) + 0.4687\log(\bar{T})$
Pauly (1980)	$\ln(M) = K(-0.22 - 0.30\text{Ln}(\bar{T}))$
Hoening (1983)	$\text{Ln}(M) = 1.46 - 1.01\text{Ln}(T_{\max.\text{obs.}})$
Roff (1984)	$M = \frac{3Ke^{-KT}}{1 - e^{-KT}}$
Pauly (1980) - Roff (1984)	$\text{Log}(M) = \log(3) + \log(L_\infty) + \text{Log}(K) + \log\left(1 - \left(\frac{L_{op}}{L_\infty}\right)\right) - \log(L_{op})$ donde $L_{op} = 0.66 * L_\infty$
Ralston (1987)	$M = -0.0666 + 2.52K$
Charvanov y Berrigan (1990)	$M = \frac{1.65}{T_m}$
Beverton (1992, in Froese y Polomares, 2000)	$M = K \left(\frac{3L_\infty}{L_{opt} - 3} \right)$
Jensen (1996)	$M = 1.6K$
Jensen (1996)	$M = \frac{1.65}{T_m}$
Frisk <i>et al.</i> , (2001)	$\text{Ln}(M) = 0.19 \ln(K) - 1.25$
Hewitt y Hoening (2005)	$M = \frac{4.22}{T_{\max.\text{obs.}}}$

Donde:

$T_{\max.\text{teo.}}$ es la longevidad teórica máxima que puede alcanzar la especie, como parámetro decisivo y el cual se sintetiza en las funciones:

Donde L_∞ , P_∞ (en gramos), K y t_0 son parámetros de la ECVB.

$T_{\max.\text{obs.}}$ es la edad máxima observada en la muestra.

T_m es la edad en la que el 50% de la población esta madura sexualmente o edad de primera madurez.

\bar{T} es el promedio anual de la temperatura superficial del mar en grados centígrados (°C).

L_{op} es la longitud óptima de madurez sexual.

Las comparaciones de la tasa de mortalidad natural se realizaron mediante el ANOVA de una vía para los valores re-muestreados.

Mortalidad por pesca (F).

La mortalidad por pesca (F) se estimó mediante la sustracción de la mortalidad natural de la mortalidad total (Baranov, 1918; Beverton y Holt, 1956; 1957; Gulland, 1971; Sstentongo y Larkin, 1973; Ricker, 1975; Wetherall *et al.*, 1987), aplicando el re-muestreo de Montecarlo a 3000 iteraciones mediante sus probabilidades de acuerdo a la distribución normal para la mortalidad total (Z) y la distribución log-normal para la mortalidad natural (M).

$$F = Z - M$$

Índice de explotación (E).

El índice de explotación (E) se calculó de acuerdo a la propuesta de Gulland (1971) cuya función es:

$$E = \frac{F}{Z}$$

Además se estimó la desviación estándar a través del re-muestreo de Montecarlo a 3000 iteraciones, ajustando en el caso de la mortalidad natural con la distribución log-normal y a la mortalidad por pesca y el índice de explotación con la distribución normal.

Rendimiento por recluta

Para la determinación del rendimiento por reclutamiento se utilizó el modelo de Beverton y Holt (1957) realizando los diagramas de contornos, según la función:

$$\frac{Y}{R} = P_{\infty} F e^{-M(t_c - t_r)} \sum_{j=0}^3 \Omega \left(\frac{e^{-jK(t_c - t_0)}}{F + M + jK} \right) [1 - e^{-(F+M+jK)(T_L - t_c)}]$$

Donde $\frac{Y}{R}$ es el rendimiento por recluta es decir los kilos que aporta a la pesquería cada pez que ingresa al área de pesca; P_{∞} es el peso máximo estimado; t_r es la edad de entrada al área de pesca; $\Omega = 1; -3; 3; -1; j = 0, 1, 2, 3$; t_0 y K son parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy (ECVB); y t_L es la edad máxima observada.

Análisis demográfico

Para el análisis demográfico se utilizó el modelo matricial de clases de edad para censos pre-parto (Caswell, 2001), a partir de la siguiente tabla (Tabla 6).

Tabla 6.- Esquema de la base de datos para el análisis demográfico a través de la matriz de Leslie (Leslie, 1954).

X (años)	i	l_x	m_x	P_i (pre-parto)	F_i
0		1 (constante)	m_0	---	---
1	1	e^{-Z*1}	m_1	$\frac{l_2}{l_1}$	$l_1 * m_1$
2	2	e^{-Z*2}	m_2	$\frac{l_3}{l_2}$	$l_1 * m_2$
:	:	:	:	:	:
n-1	n-1	e^{-Z*n-1}	M_{n-1}	$\frac{l_n}{l_{n-1}}$	$l_1 * m_{n-1}$
n	-	e^{-zn}	M_n	-	-

Donde X es la edad, i es el intervalo de la edad X_j a la edad X_{j+1} , l_x es la sobrevivencia a la edad X , Z es la mortalidad compuesta por la suma de la mortalidad natural (M) y la mortalidad por pesca (F), m_x es la fecundidad definida como el número de hembras producidas en cada parto por hembra, P_i es la probabilidad de sobrevivencia en el intervalo de edad i , y F_i es la fertilidad al intervalo de edad i . A partir de la Tabla 6 se genera la siguiente matriz de proyección:

$$A = \begin{bmatrix} F_1 & F_2 & \cdots & \cdots & F_i \\ P_1 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & P_2 & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \cdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & P_j & 0 \end{bmatrix}$$

Para calcular la tasa finita de crecimiento poblacional (λ), definido en la solución matricial como el valor positivo más alto de los valores característicos (eigenvalues) se iterar λ_1 de tal forma que cumpla la siguiente función:

$$1 = F_j \lambda_1^{-i} \left(\prod_{j=1}^{i-1} P_j \right) = F_1 \lambda_1^{-1} + F_2 \lambda_1^{-2} P_1 + F_3 \lambda_1^{-2} P_1 P_2 + \cdots + F_n \lambda_1^{-n} P_1 P_2 \dots P_{n-1}$$

y se calcula la tasa intrínseca de crecimiento poblacional:

$$r = \ln (\lambda_1)$$

La tasa neta reproductiva (R_0) definida como el número esperado de hijas productivas producidas por una hembra a lo largo de su vida, se estimó de acuerdo a la siguiente función matricial:

$$R_0 = \sum_{j=1}^{\infty} F_j \left(\prod_{j=1}^{i-1} P_j \right) = F_1 P_1 + F_2 P_1 P_2 + \cdots + F_n P_1 P_2 \dots P_{n-1}$$

El tiempo generacional (T), que se define como el tiempo transcurrido a partir del nacimiento de los padres al nacimiento de los hijos, se obtuvo de acuerdo a la función:

$$T = \frac{\ln R_0}{\ln \lambda}$$

La edad promedio de los padres de una cohorte (μ_1) se estimó con la siguiente función:

$$\mu_1 = \frac{\sum_{i=1}^n i F_i (\prod_{j=1}^{i-1} P_j)}{\sum_{i=1}^n F_i (\prod_{j=1}^{i-1} P_j)} = \frac{F_1 + 2F_2 P_1 + 3F_2 P_1 P_2 + \dots + n F_n P_1 P_2 \dots P_n}{R_0}$$

Para estimar el tiempo teórico de la duplicidad del tamaño poblacional (T_{x2}) se usó la función:

$$T_{x2} = \frac{\ln(2)}{r}$$

En el caso de que la T_{x2} sea negativa se usa el valor absoluto como la estimación del tiempo para una reducción poblacional al 50%.

La distribución estable (w_i) definida como la proporción de la abundancia de los ejemplares de la edad i fue estimada como el vector de los valores propios a la derecha de la matriz A de acuerdo a la siguiente secuencia de operaciones:

$$w_1 = 1 \rightarrow w_i = P_{i-1} \lambda^{-1} w_{i-1}$$

El valor reproductivo de cada grupo de edad (v_i) fue estimado de acuerdo a la siguiente secuencia de operaciones:

$$v_1 = 1 \leftarrow v_i = F_i \lambda^{-1} + v_{i+1} P_i \lambda^{-1} \leftarrow v_n = F_n \lambda^{-1}$$

De manera resumida la función matricial es:

$$v_i = \sum_{i=1}^n F_i \lambda^{i-j-1} \left(\prod_{h=i}^{j=1} P_h \right)$$

Se usó la elasticidad, definida como la medida del cambio proporcional en la tasa de crecimiento poblacional debidos a cambios en los elementos de la matriz de proyección, de acuerdo a las siguientes funciones:

En el caso de la sobrevivencia:

$$e_{P_x} = \frac{P_x}{\lambda} S_{P_x}$$

En el caso de la fertilidad:

$$e_{F_x} = \frac{F_x}{\lambda} S_{F_x}$$

Donde S_{P_x} y S_{F_x} son los valores de sensibilidad a la sobrevivencia y a la fertilidad respectivamente y que tienen la formula:

$$S_{P_x} = \lambda \frac{P_{x+1}}{P_x} + \frac{F_{x+1}}{P_x v_{x+2}}$$

$$S_{F_x} = \frac{\lambda}{P_x}$$

La sumatoria de estas elasticidades deberá se ser uno.

Para observar el efecto neto de la mortalidad se simuló el crecimiento poblacional a través de un intervalo de tiempo igual a la duración de una cohorte, iniciando con un individuo en la edad 0 para un escenario sin mortalidad por pesca de acuerdo a la matriz de proyección siguiente:

$$An_{t+1} = An_t = \begin{bmatrix} F_1 & F_2 & \cdots & \cdots & F_i \\ P_1 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & P_2 & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \cdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & P_j & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}$$

Donde An es el tamaño de la población.

Puntos de Referencia Biológico-Precautorios (PRB-P)

Para obtener diferentes escenarios para la regulación basado en las propuestas de los puntos de referencia biológico-precautorios (PRB-P) se revisaron recíprocamente como afecta un PRB-P aplicado al rendimiento por recluta a los parámetros demográficos y viceversa, de tal forma que los escenarios para la regulación fueron:

- 1.- $F_{act-tpc_{act}}$: Escenario actual de pesca.
- 2.- F_{MRS} (Beverton y Holt, 1957): Máximo rendimiento sostenible (MRS) determinado como el punto de inflexión de la curva eumétrica (Curva de los máximos rendimientos por recluta en la gráfica de isolíneas de rendimiento).
- 3.- $F_{0.1}$ (Gulland y Boerema, 1973; Anthony, 1982): Estrictamente se define como el esfuerzo menor al máximo rendimiento sostenible (MRS), permitiendo estar abajo del umbral de incertidumbre que este provoca (Deriso, 1987). Éste PRB se basa en obtener una recta con un ángulo del 10% de la recta perpendicular a la parte ascendente la curva de la relación Y/R y F , la recta de ángulo 10% debe de interceptar la curva $Y/R - F$. Se uso como constante la edad de primera captura actual y como variable a F .
- 4.- NOM-029-Pesc-2006: Estratégicamente la norma oficial mexicana 029 de pesca (SAGARPA, 2007), pretende que la pesquería nacional de elasmobranquios presente un escenario donde la edad de primera captura mínima sea de un año y que la actual mortalidad de pesca (F) se reduzca a un 50%.
- 5.- $F_{0.5t}$: Máximo rendimiento sostenible demográfico a una edad de primera captura actual y constante.

- 6.- $F_{=M}$.- F a la tasa intrínseca de delimitación (Au y Smith, 1997), a una edad de primera captura actual y constante.
- 7.- F_{Crit} .- Mortalidad por pesca crítica, cuando la tasa intrínseca de crecimiento poblacional es 0 y la tasa neta reproductiva (R_0) es 1 (Simfendorfer, 1998), a una edad de primera captura actual y constante.
- 8.- F_{ex-com} .- Mortalidad por pesca en la extinción comercial, cuando la tasa neta reproductiva es 0.
- 9.- $F_{act-tpc_{tpms}}$.- Mortalidad por pesca actual y edad de primera captura a la edad de primera madurez sexual.

Se exploró determinísticamente a las isolíneas de la tasa intrínseca decrecimiento poblacional (r) y de la tasa neta reproductiva (R_0) a través de diferentes escenarios de primera captura y de mortalidad por pesca, para proponer un intervalo de mortalidad por pesca y edad de primera captura posibles de ser implementados de acuerdo a las características de las pesquerías de las áreas estudiadas.

Análisis de la morfometría geométrica

Para este análisis los organismos muestreados fueron codificados por área de estudio (Golfo de California, área del sur de Sinaloa y Pacífico Tropical Mexicano, área de Michoacán). Los análisis se hicieron por individuo sin diferenciar hembras o machos. El primer análisis desarrollado fue el análisis de componentes principales (ACP), que indica de manera simple, basado en correlaciones lineales de las morfometrías, si existe separación al no tomar en cuenta a las regiones de muestreo y que se estandariza con los valores propios de cada morfometría. El segundo análisis, conocido como análisis de discriminantes (AD) fue usado como una comprobación del primero, y se basa en la relación de las morfometrías estandarizada con una morfometría principal (variable de estandarización) y considera las regiones estudiadas para dar un porcentaje de separación de grupos.

Las mediciones se basaron en trazar una red morfométrica en la parte ventral de la cabeza de los organismos a partir de las fotografías tomadas en las localidades de desembarco

(Figura 11; Tabla 7). Las fotografías fueron digitalizadas como archivo TIFF a 300 dpi y las medidas fueron tomadas con el programa UTHSCSA ImageTool Ver. 3 alpha (Departamento de Diagnostico Científico Dental y Centro de Ciencias de la Salud de la Universidad de Texas: <http://ddsdx.uthscsa.edu/dig/itdesc.html>).

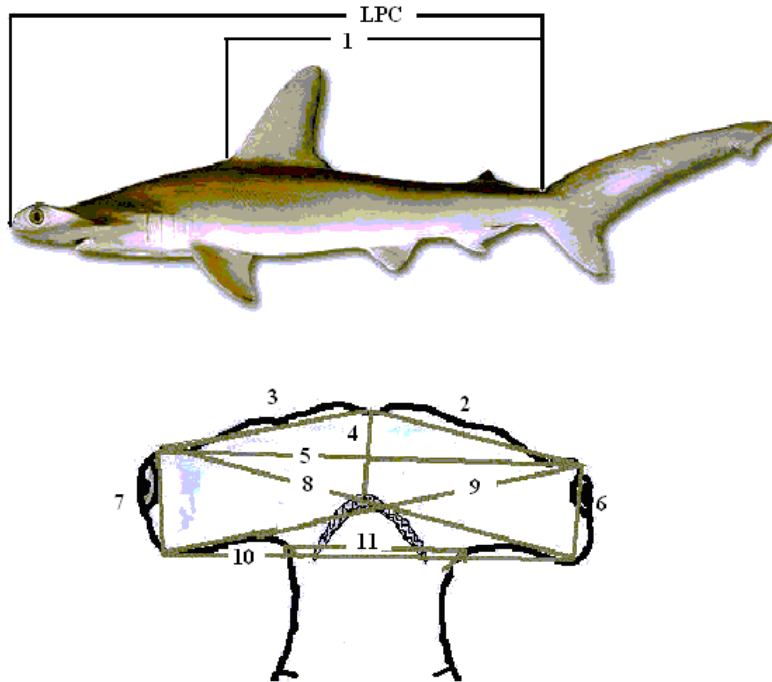


Figura 11.- Morfometrías geométricas tomadas a los ejemplares.

Tabla 7- Caracteres morfométricos para tiburones propuestos para este estudio.

Código	Carácter morfométrico
LPC	Longitud precaudal (medida de estandarización).
M1	Longitud alternativa.
M2	Distancia izquierda de la muesca cefálica al borde anterior de la aleta cefálica.
M3	Distancia derecha, de la muesca cefálica al borde anterior de la aleta cefálica.
M4	Longitud del hocico, de la muesca cefálica a la mandíbula superior.
M5	Distancia intercefálica anterior.
M6	Anchura izquierda de la aleta cefálica.
M7	Anchura derecha de la aleta cefálica.
M8	Distancia diagonal del margen antero-izquierdo de la aleta cefálica al margen postero-derecho de la aleta cefálica.
M9	Distancia del margen antero-derecho de la aleta cefálica al margen postero-izquierdo de la aleta cefálica.
M10	Distancia intercefálica posterior.
M11	Distancia intercervical anterior.

Análisis de los componentes principales.

El análisis de los componentes principales (ACP) es el método que permite exponer los efectos relativos de las más importantes fuentes de variación derivado de los principales factores. Los puntos son graficados en el espacio con cada carácter que lo representa en un eje y lo alinea en los ángulos de todos los otros ejes. El objetivo es describir una matriz de datos para reducir las dimensiones de la base original. Esto encuentra combinaciones lineales no-correlacionadas de las variables originales con una varianza máxima. El ACP esta diseñado para datos continuos y para proporcionar un buen resumen de las varianzas y covarianzas de los datos. Este análisis no es apropiado si se descubren relaciones no lineales (Pieluo, 1984).

Para tal efecto se estandarizaron los datos de cada variable incluyendo la variable de la longitud precaudal (LPC) y usando la correlación de Pearson para la matriz de clasificación (Ludwing y Reynolds, 1988).

$$MS = \frac{M_{obs} - \bar{M}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{\infty} (M_{obs} - \bar{M})^2}}$$

Donde Ms es la morfometría estandarizada, M_{obs} es la morfometría observada y \bar{M} es el promedio de la morfometría.

El seguimiento de este análisis se realizó de acuerdo a lo descrito por Ludwing y Reynolds, (1988).

Análisis de discriminantes.

Las medidas morfométricas fueron estandarizadas con la propuesta de Elliot *et al.*, (1995) usando la siguiente función:

$$Ms = M_0 \left(\frac{\overline{LPC}}{LPC} \right)$$

Donde Ms es la morfometría estandarizada, M_0 es la morfometría original del cada individuo, \overline{LPC} es la longitud precaudal promedio de toda la muestra, LT_0 es la longitud precaudal original del cada individuo y b es la pendiente de la relación potencial de M_0 con respecto a la LPC del toda la muestra.

El análisis de discriminantes se analizó de acuerdo a la propuesta de Ruiz-Campos *et al.*, (2003), obteniendo para cada morfometría los valores de lambda de Wilks (para el nivel de significancia, $P < 0.05$) y la Tolerancia, definida como $1-R^2$, donde R^2 es el coeficiente de determinación entre la variable i y el resto de las variables explicativas que figuran en el modelo.

Por otro lado se estimó el coeficiente estandarizado de cada variable canónica de tal forma que los valores más altos (positivos y negativos) indicaron el efecto que causan en la clasificación de los grupos, y se establecen bajo el análisis el porcentaje de cada grupo dentro de su clasificación.

De manera grafica se comprobaron los resultados a través de la relación espacial de las variables canónicas englobando a los individuos analizados dentro de cada grupo clasificado por el análisis. Se exploraron las morfometrías que marcaron las diferencias para observar los comportamientos individuales con la LPC.

RESULTADOS

A través de once muestreos de cinco días efectivos por localidad realizados de enero de 2003 a febrero de 2005, se colectaron 70 individuos (25 hembras y 45 machos) para el área de Michoacán y 532 individuos (266 hembras y 266 machos) para el área del sur de Sinaloa.

Para el análisis de biometrías y de edad y crecimiento, y debido al reducido número de ejemplares capturados en Michoacán, se retoman los datos y análisis publicados por Anislado-Tolentino y Robinson-Mendoza (2001) donde se analizaron 50 machos y 51 hembras. Así entonces el total de tiburones analizados para el área de Michoacán en la presente tesis fueron 171, de los cuales 95 fueron machos y 76 hembras.

Biometrías

Los análisis de comparación de las regresiones lineales presentaron diferencias significativas cuando se combinan machos y hembras entre la relación de la longitud total (LT) con respecto a la longitud precaudal (LPC) para cada región oceanográfica. Cuando el análisis se realiza por sexo para cada región, los resultados no presentan diferencias significativas (Tabla 8). Para la relación de la LT y la longitud alternativa (LA) combinando ambos sexos los resultados también no se encontraron diferencias significativas (Tabla 8).

Tabla 8.- Resumen estadístico de las comparaciones de las regresiones lineales para las biometrías de *Sphyrna lewini* para las dos áreas de estudio. P es el valor de significancia, a es la ordenada al origen y b es la pendiente.

Relación	Hipótesis nula	P		Decisión
		a	b	
	No hay diferencia entre las localidades con sexos combinados.	0.02	0.01	Rechazo
LPC vs. Michoacán.	No hay diferencia entre los sexos para Michoacán.	0.2	0.13	Aceptación
LT vs. Sinaloa.	No hay diferencia entre los sexos para Sinaloa.	0.04	0.96	Aceptación con ajuste a la a
LA vs. LT	No hay diferencia entre las localidades con sexos combinados.	0.1	0.04	Aceptación

Las regresiones lineales de la longitud total con respecto a la longitud precaudal para cada localidad se observan en la Figura 12.

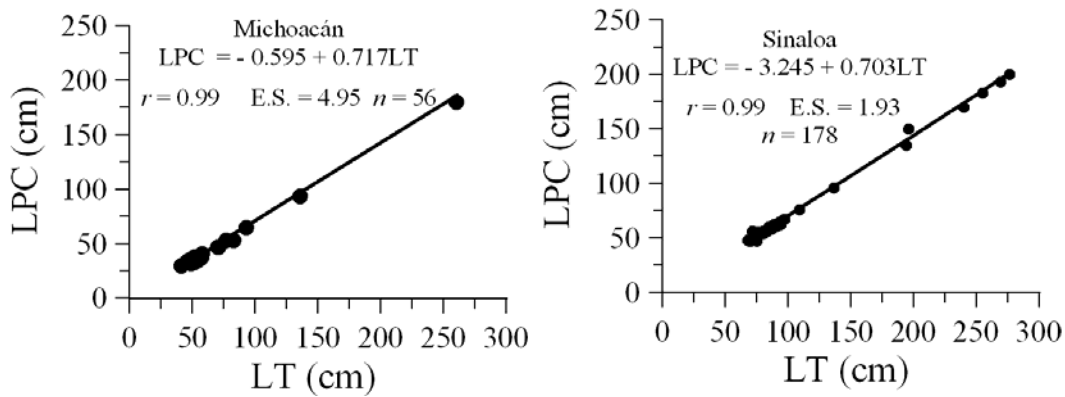


Figura 12- Relaciones lineales de la longitud total (LT) entre la longitud precaudal (LPC).

La regresión lineal de la relación de la longitud total con respecto a la longitud alternativa para ambas localidades con sexos combinados es presentada en la Figura 13.

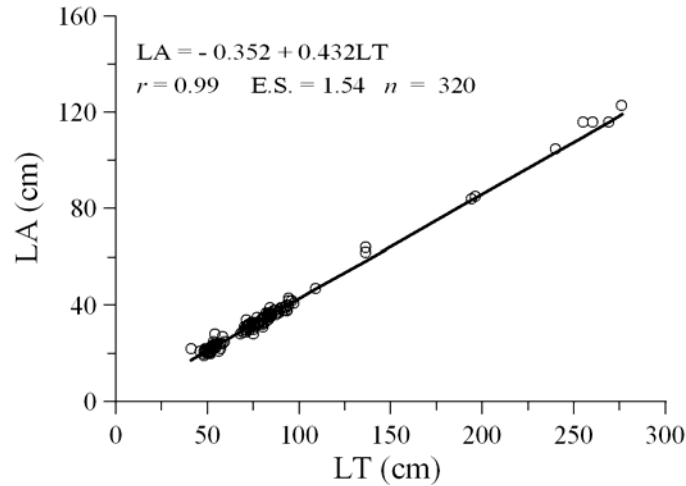


Figura 13.- Relación lineal de la longitud total (LT) entre la longitud alternativa (LA) para la combinación de sexos y localidades.

Calculo de LT a partir de la relación LA vs. LT

Una vez obtenida la relación LA-LT, se calculó la LT para los organismos que se muestrearon descabezados (Tabla 9 y 10).

Tabla 9.- Promedio de la longitud total por mes de los ejemplares muestreos en el área de Michoacán. s = desviación estándar, n = numero de tiburones.

Mes	Hembra				Machos			
	\overline{LT} (cm.)	Intervalo (cm.)	s	n	\overline{LT} (cm)	Intervalo (cm)	s	n
Ene-Feb-03	N. A.	N. A.	N. A.	0	N. A.	N. A.	N. A.	0
Abr-03	58	50 a 71	6.6	4	56	N. A.	N. A.	1
Jun-03	74	48 a 270	41.8	11	89	44 a 260	46.9	13
Nov-03	N. A.	N. A.	N. A.	0	76	71 a 80	4.2	3
Feb-04	N. A.	N. A.	N. A.	0	83	74 a 91	8.5	2
Abr-04	N.A.	N. A.	N.A.	0	47.5	47	0	2
May-04	73	73	N.A.	2	N.A.	N.A.	N.A.	0
Ago-04	N.A.	N.A.	N.A.	0	N.A.	N.A.	N.A.	0
Sep-04	53	49 a 57	3.2	6	54.4	49 a 70	5.12	22
Nov-04	46	46	N.A.	2	46	46	N.A.	2
Feb-05	N.A.	N.A.	N.A.	0	N.A.	N.A.	N.A.	0
Total				25	Total			45

Tabla 10.- Promedio de la longitud total por mes de los ejemplares muestreos en el área del sur de Sinaloa. s = desviación estándar, n = numero de tiburones.

Mes	Hembra				Macho			
	\overline{LT} (cm.)	Intervalo (cm)	s	n	\overline{LT} (cm.)	Intervalo (cm)	s	n
Ene-Feb-03	87	82-94	3	10	80	77 a 90	3.3	8
Abr-03	89	82 a 97	4.1	5	98	80 a 134	15.3	5
Jun-03	272	256 a 288	8.	6	192.6	46 a 281	60.6	19
Nov-03	72	55 a 82	3.9	34	76	68 a 87	3.6	45
Feb-04	85	82 a 89	3.5	2	79	70 a 88	9.2	2
Abr-04	97	66 a 140	18.1	9	93	66 a 140	10	8
May-04	N.A.	N.A.	N.A.	0	N.A.	N.A.	N.A.	0
Ago-04	61	45 a 78	6.9	181	64	47 a 107	11.36	148
Sep-04	N.A.	N.A.	N.A.	0	N.A.	N.A.	N.A.	0
Nov-04	83	70 a 93	7	18	84.5	75 a 93	6.1	29
Feb-05	115	115	N.A.	1	88	83 a 93	7.07	2
Total				266				266

De manera general, se observa una mayor cantidad de organismos capturados en el área del sur de Sinaloa (Figura 14) que en el área de Michoacán (Figura 15), así como una dominancia de organismos menores de un metro de LT para ambas localidades. Los meses de enero, febrero y noviembre muestran comportamientos de captura contrarios en ambas localidades. Para el área del sur de Sinaloa hay abundancia de organismos mientras que para el área de Michoacán casi no hubo capturas.

Para ambas localidades de muestreo, el mes de junio fue el más diverso en las tallas capturadas. Así mismo, en este mes se muestrearon hembras preñadas a termino y los machos con semen en la vesícula seminal. En el área del sur de Sinaloa, los neonatos se presentaron en dos épocas del año (junio y noviembre). Sin embargo, el mayor número de neonatos se encuentra durante el mes de noviembre. Para el área de Michoacán, los neonatos aparecen desde abril para aumentar su presencia en junio.

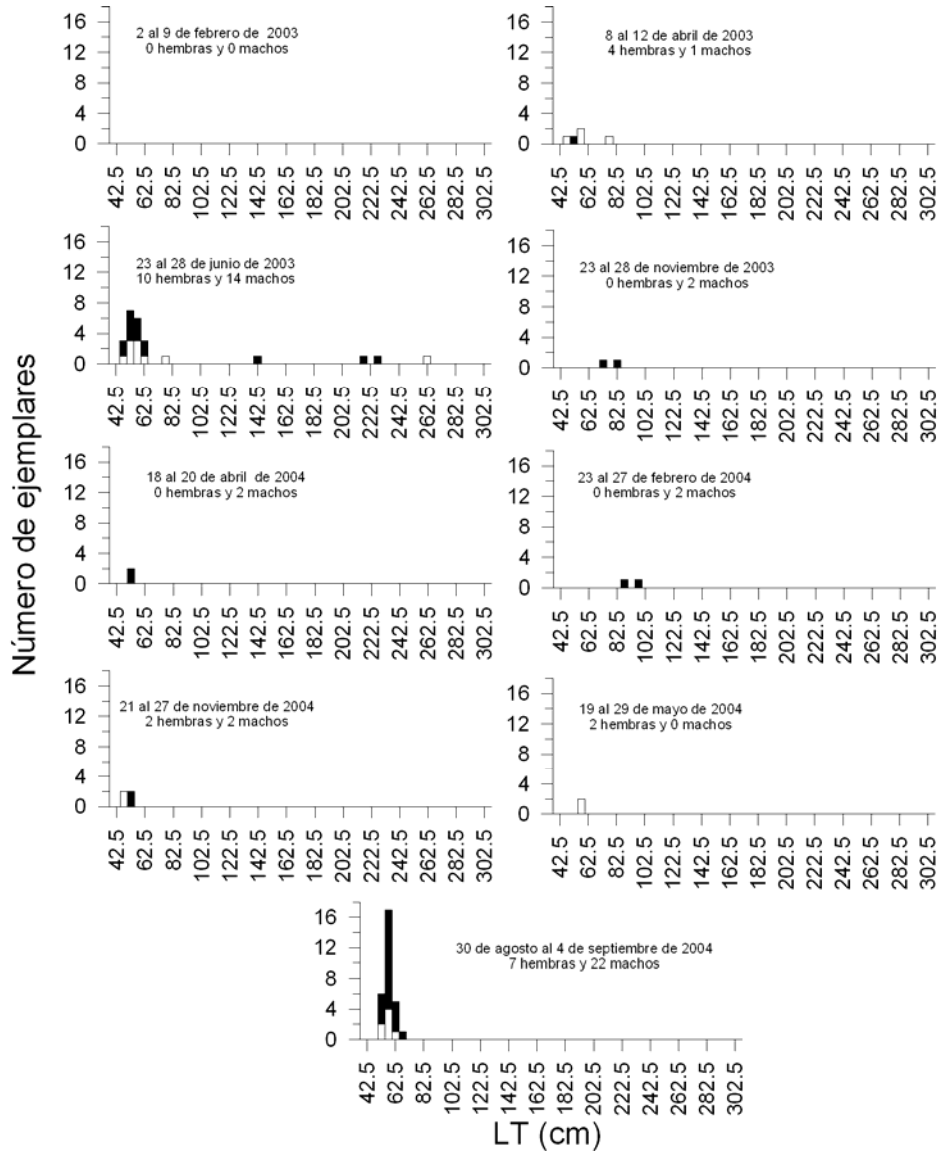


Figura 14.- Distribución de la abundancia en longitud total (LT) del tiburón martillo para el área de Michoacán. Los bloques blancos representan a las hembras y los negros a los machos.

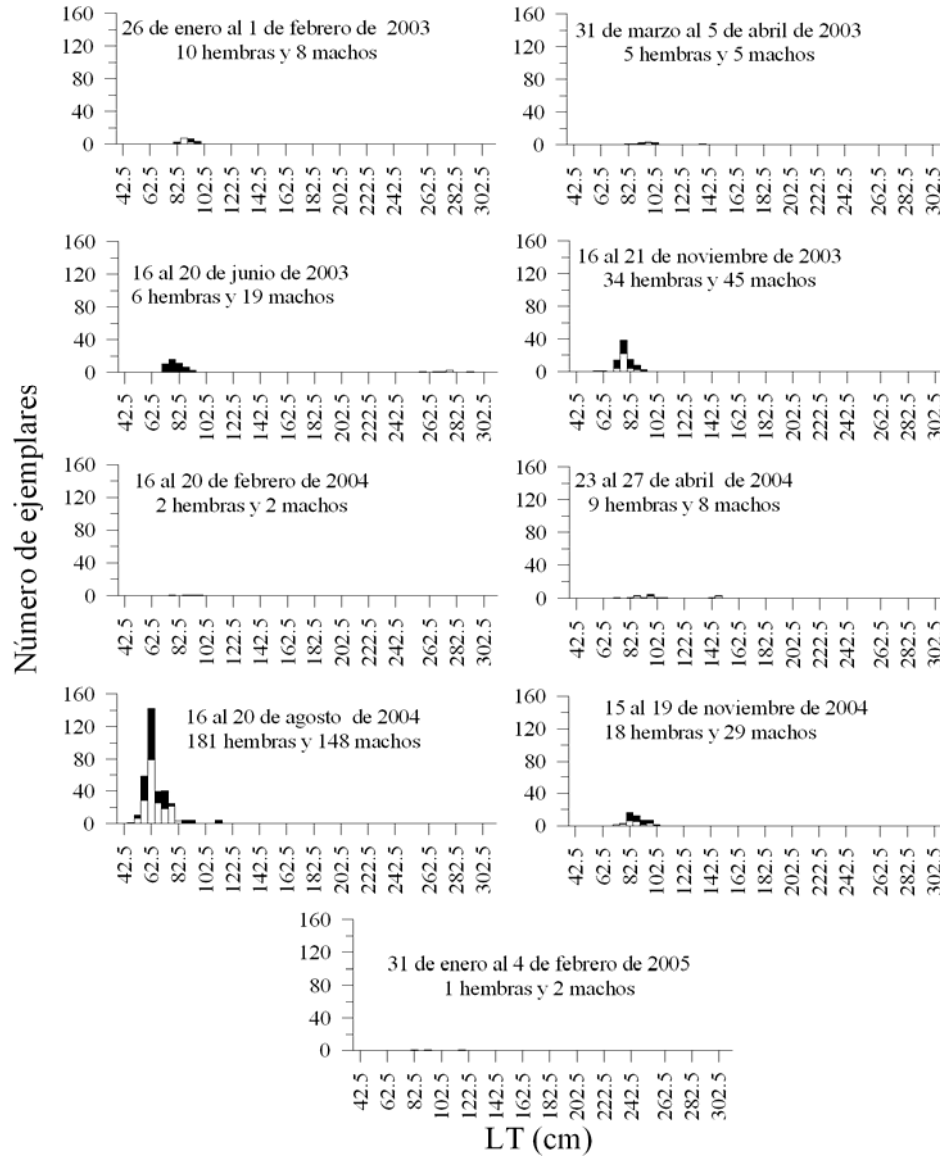


Figura 15.- Distribución de la abundancia en longitud total (LT) del tiburón martillo para el área del sur de Sinaloa.

Por otro lado, las abundancias totales del muestreo total en el área de Michoacán (Figura 16) muestran una mayor captura de neonatos que en el área del sur de Sinaloa (Figura 17). En Teacapán hubo una mayor captura de organismos mayores de 62cm. de longitud total.

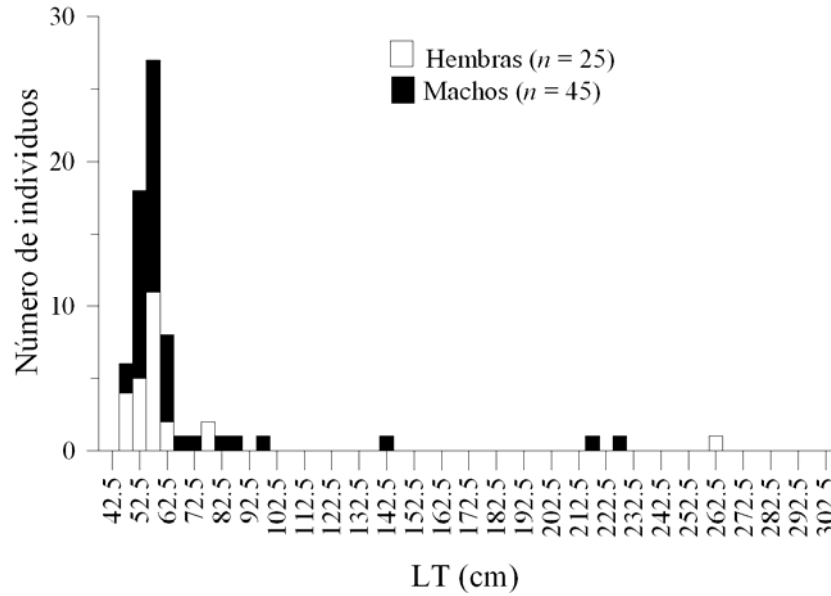


Figura 16.- Distribución de las tallas en la muestra total de tiburón martillo colectados en el área de Michoacán.

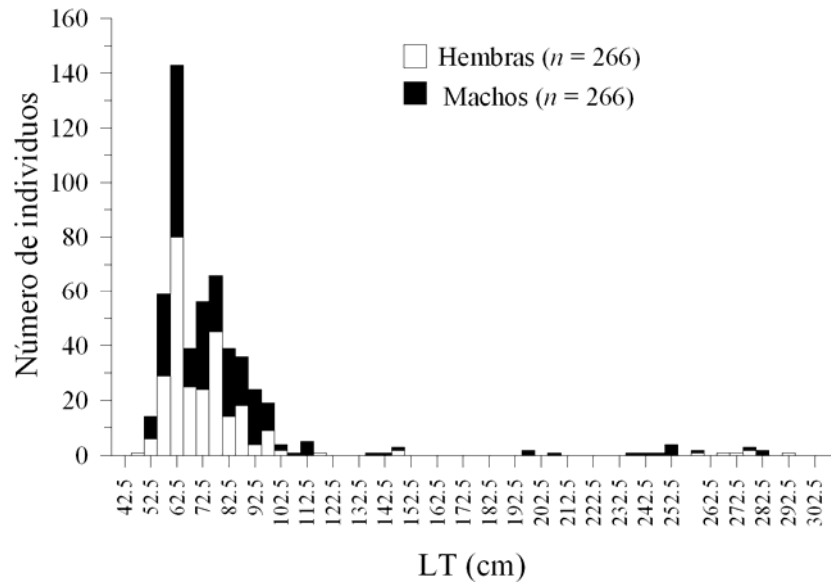


Figura 17.- Distribución de las tallas en la muestra total de tiburón martillo colectados en el área del sur de Sinaloa.

Edad y crecimiento

Para el área de Michoacán se obtuvieron 10 vértebras de hembras (50 a 260cm. de longitud total) y 11 de machos (49 a 96cm. de longitud total), debido a escaso tamaño de muestra se utilizó las vértebras de la colección del autor, que fueron tomadas de 51 hembras (45 a 335cm. LT) y 50 machos (45 a 244cm LT) colectadas durante los años de 1992 a 1998, se tomaron dos vértebras de cada uno de estos ejemplares. Por otro lado, en el área del sur de Sinaloa se colectaron 44 vértebras de hembras (52cm. a 276cm. de longitud total) y 65 de machos (47 a 245cm. de longitud total).

Conteo de bandas opacas

Las bandas opacas fueron observadas mejor con la tinción de Rojo de Alizarina S, mientras que con el cristal violeta al 0.01% las bandas opacas fueron más difusas (Figura 18). Los conteos entre los tres lectores mostraron inconsistencias ya que el número de vértebras que los lectores pudieron concluir como aceptables para el conteo, difiere considerablemente con la vértebra al natural (115, 108 y 129), y con la vértebra teñida con cristal violeta (121, 110 y 99). Mientras que con el Rojo de Alizarina S los tres lectores coincidieron en el número de vértebras contadas (130).

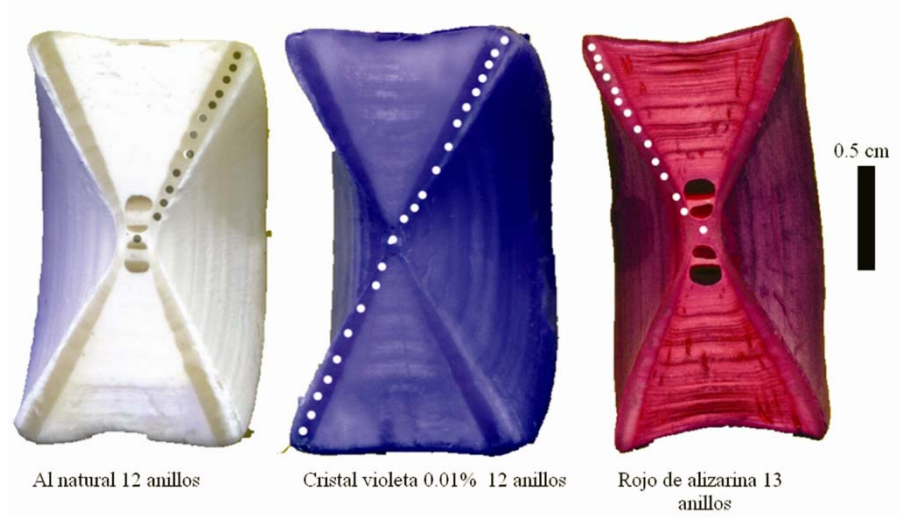


Figura 18.- Vista de los cortes vertebrales con las distintas técnicas de realce de las bandas opacas, las vértebras pertenecieron a una hembra de 120cm. de longitud total.

El análisis gráfico de las lecturas mostró que las lecturas con las tres técnicas de tinción se comportan de manera casi isométrica, sin embargo es la tinción de Rojo de Alizarina S la que da resultados más isométricos. La regresión del Rojo de Alizarina S presenta los valores de la ordenada al origen más cercana al cero y de su pendiente más cercana al uno (Figura 19).

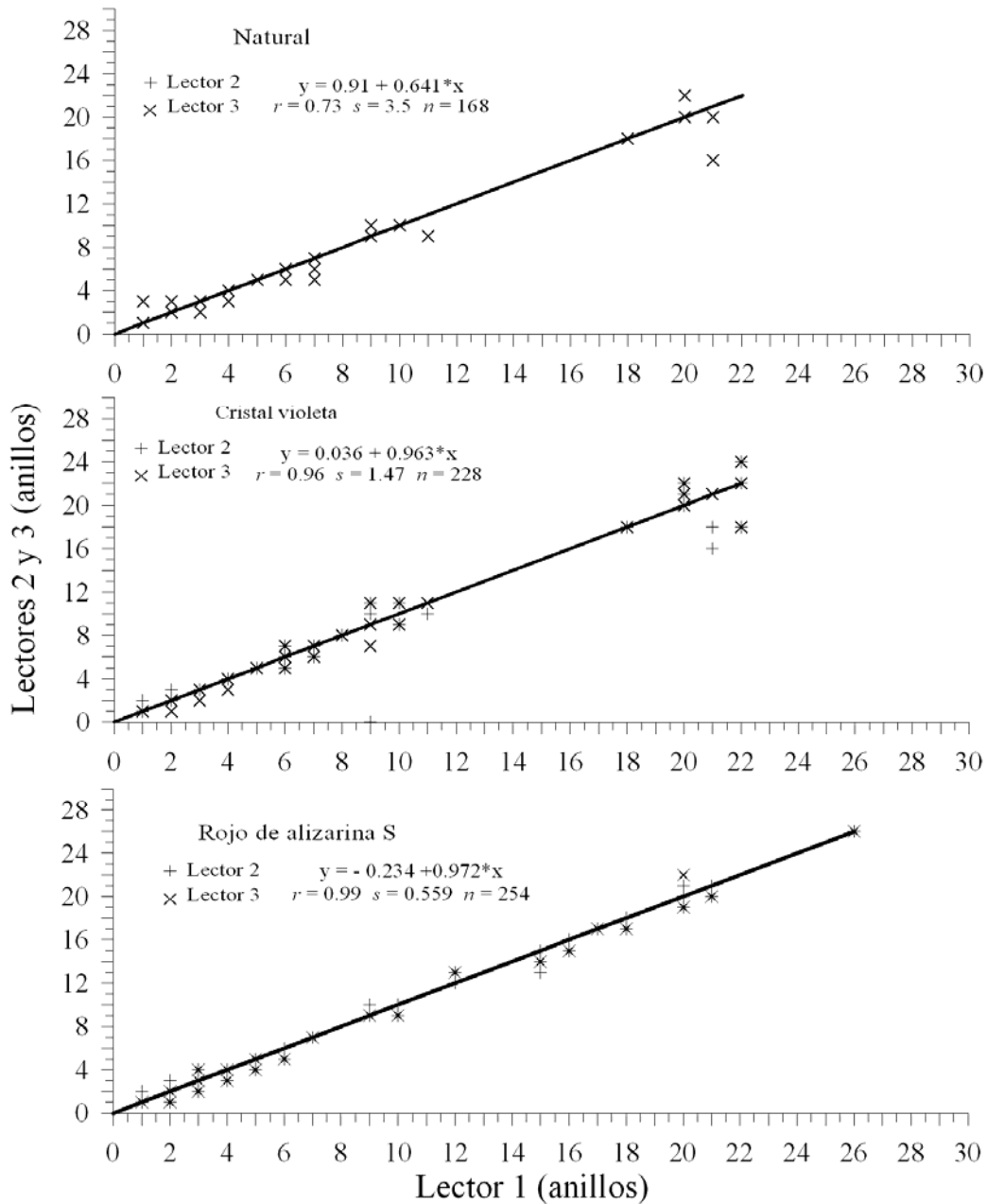


Figura 19.- Gráficos de las lecturas de las bandas opacas por tinciones, n es el número de pares de datos con respecto al lector 1.

La prueba isométrica de χ^2 define a la tinción de Rojo de Alizarina S como la de mayor concordancia en las lecturas ($\chi^2 = 2.6$ con $P = 0.1$). Así también, los valores del índice promedio de concordancia, índice promedio de error, coeficiente de variación y el índice de

precisión fueron los más bajos para el Rojo de Alizarina S (Tabla 11). Los análisis subsecuentes en el retrocálculo se basaron en las mediciones realizadas con las vértebras teñidas con Rojo de Alizarina S.

Tabla 11.- Resultado de los análisis estadísticos en la lectura de bandas opacas en el borde vertebral de las muestras, *n* es el número de vértebras incluidas en el análisis.

Tinción	n	Lecturas efectivas por el lector 1	χ^2 isometría	IPC (%)	IPE	CV	D
Natural	130	115	4.5	65	16.9	24.8	14.3
Cristal Violeta	130	121	9.7	88.3	10.1	16.5	9.5
Rojo de Alizarina S	130	130	2.6	98.4	7	9.2	5.2

Medición de las bandas opacas de crecimiento

Las mediciones de las distancias del foco a la banda opaca *i* (r_i) de las vértebras de los tiburones colectados en el área de Michoacán mostraron que no existen diferencias significativas ($P = 0.4$) entre estas distancias entre sexos (Figura 20). Sin embargo, una hembra de 260cm. de longitud total colectada en el área de Michoacán, presentó 20 bandas opacas de crecimiento y las distancias de sus bandas opacas discrepa ampliamente de los otros organismos analizadas. De tal manera que en su última banda opaca la distancia fue de 1.4cm., este ejemplar se descarto en el análisis del retrocálculo.

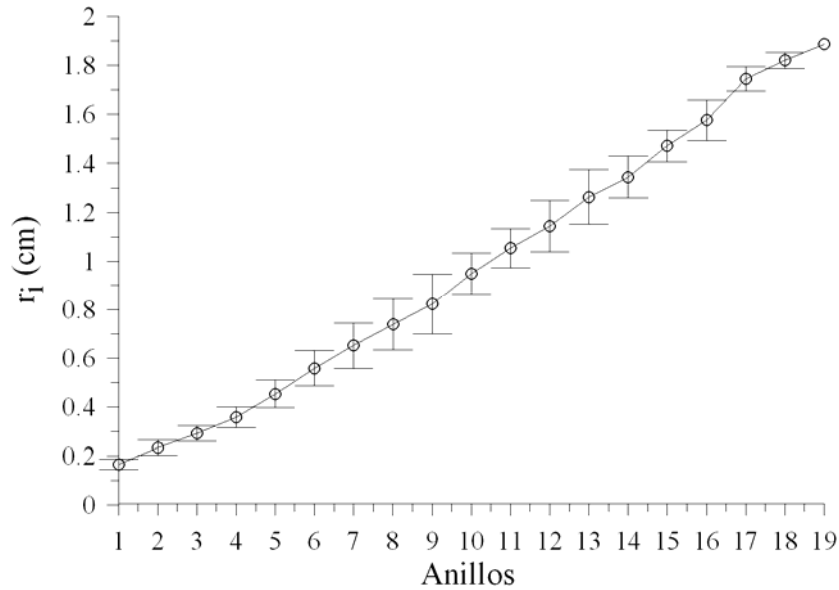


Figura 20.- Distancias del foco a la banda opaca i con respecto al número de bandas opacas para los ejemplares de Michoacán.

Respecto al área del Sur de Sinaloa, las medidas de las bandas opacas presentaron diferencias significativas ($P = 8 \times 10^{-7}$) y de manera gráfica se puede observar que las vértebras de los tiburones machos son más grandes que las hembras (Figura 21), es de notar que las hembras se observa un incremento significativo después de las bandas opaca 18 en una hembra de 276cm. de LT.

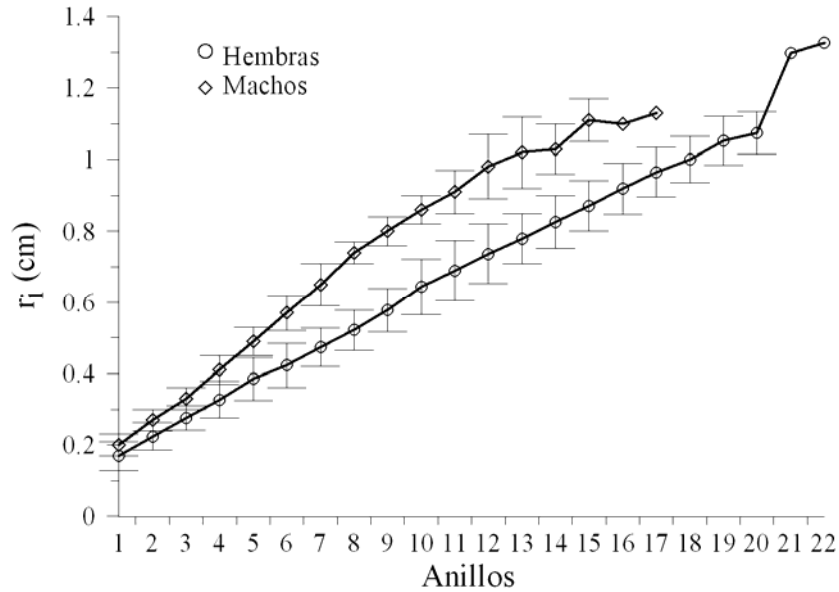


Figura 21.- Distancias del foco a la banda opaca i con respecto al número de bandas opaca para los ejemplares de Sinaloa.

Análisis del incremento marginal

De manera general se observó que los embriones y los neonatos con la inserción umbilical fresca (aun sangrante) no presentaron bandas opacas alguna pero se evidenció un cambio en el ángulo del *corpus calcareum* o ángulo pre-nacimiento, una vez que los neonatos presentan la inserción umbilical con inicio de cicatrización, se denota la aparición de la primera banda opaca (Figura 22).

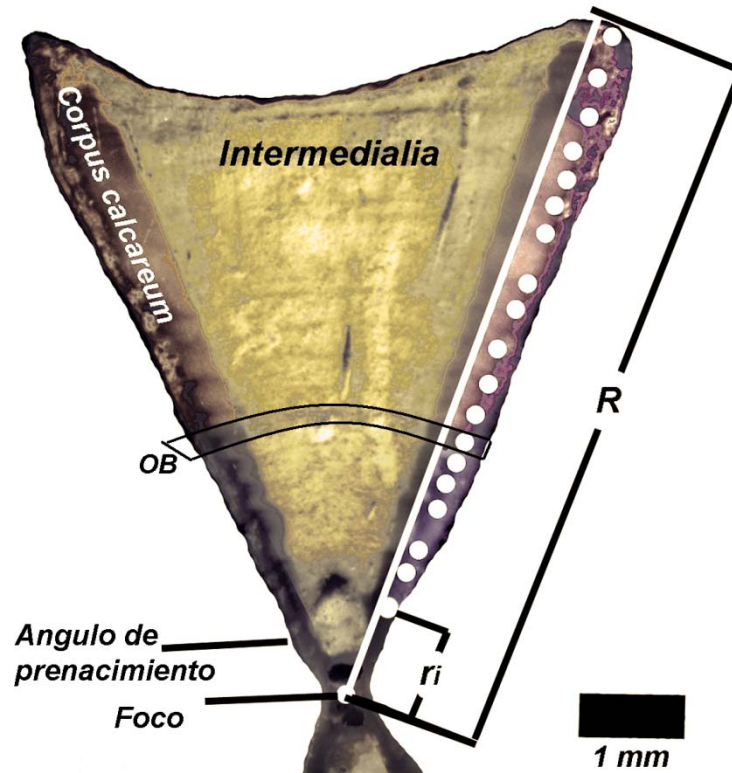


Figura 22.- Vista del corte de una vertebra teñida con Rojo de Alizarina acuoso. OB, banda opaca; R, radio vertebral, r_i , es la distancia del foco a la banda opaca i .

Para los organismos del área de Michoacán debido al tamaño de muestra se aceptaron las observaciones realizadas por Anislado-Tolentino y Robinson-Mendoza (2001), donde se expresa que la primera banda opaca se forma inmediatamente después de nacer y subsecuentemente se forman dos bandas opacas anuales, una en el periodo de junio-julio y otra en el periodo de noviembre-diciembre.

Para el sur de Sinaloa, e promedio del incremento marginal, presento sus valores mínimos durante los meses de septiembre y agosto, dando la apariencia de la formación de una banda opaca anual en el mes de septiembre (Figura 23).

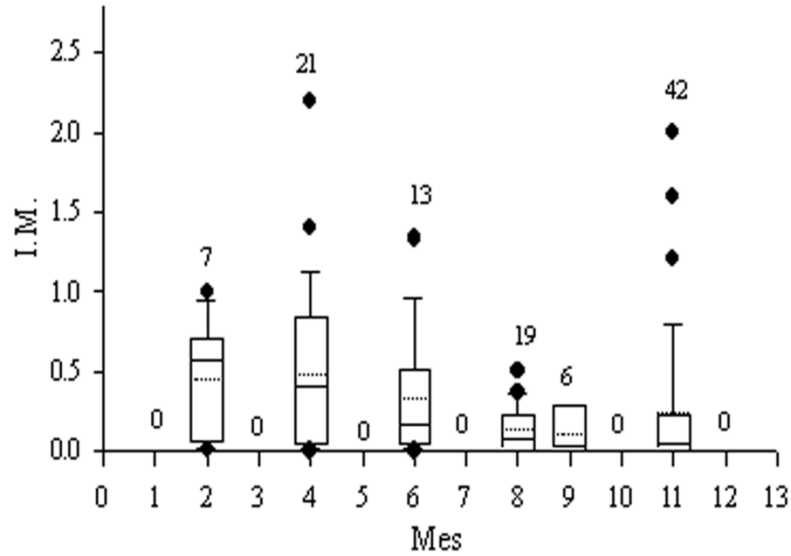


Figura 23.- Incremento marginal (IM) mensual de los ejemplares del sur de Sinaloa, las cajas representan los cuartiles; la línea a la mediana; la línea punteada a la media, los “bigotes” el rango de ± 0.15 de los cuartiles y los puntos a los datos extremos.

Sin embargo, analizando la distribución de los tipos de bandas opacas marginales (Figura 24), se delimitan los meses de aparición de las bandas opacas, aun con la ausencia de los muestreos de julio y diciembre se acepta la formación de dos bandas opacas anuales, uno en los meses de julio y agosto y otro en los meses de noviembre y diciembre. La temperatura superficial del mar (TSM) presenta su pico máximo durante el mes de agosto (29°C) coincidiendo con la formación de una banda opaca, mientras que al descenso de esta temperatura durante el mes de noviembre coincide con la formación de una segunda banda opaca, sin embargo es la mínima precipitación pluvial de noviembre y diciembre (15 y 17 mm/m^2 respectivamente) la que influencia la formación de la segunda banda opaca anual.

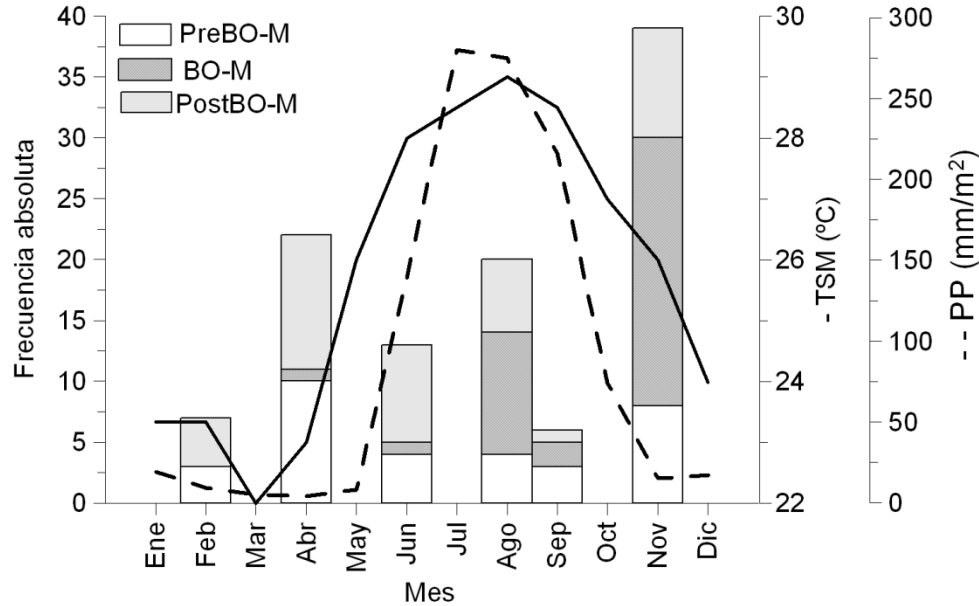


Figura 24.- Distribución mensual de los tipos de bandas opacas marginales en las vértebras de los ejemplares capturados en el sur de Sinaloa. PreBO-M, prebanda opaca-marginal; BO-M, banda opaca marginal; PostBO-M, Postbanda opaca marginal; TSM, temperatura superficial del mar; PP, precipitación pluvial.

Con la observación de las vértebras de los embriones y de los neonatos se deduce que se forma una banda opaca antes de nacer e inmediatamente después de nacer se forma la primera banda opaca de crecimiento en la vida libre, con lo que al primer año de vida los tiburones tendrán tres bandas opacas y al cumplir los dos años cinco bandas opacas y se acumularán dos bandas opacas por cada año de vida.

Relación isométrica entre la longitud total (LT) y el radio vertebral (R)

La relación entre la longitud total (LT) y el radio vertebral (R) para ambas aéreas de estudio no presentaron diferencias significativas con el patrón teórico isométrico, tanto en las hembras como en los machos (Tabla 12), por lo las vértebras son consideradas como adecuadas para el análisis de retrocálculo. Donde se encontraron diferencias significativas fue entre sexos, tanto para Michoacán ($P = 0.002$) como para el Sur de Sinaloa ($P = 8 \times 10^{-5}$).

Tabla 12.- Resumen estadístico de la comparación de isometría de la relación de la longitud total y el radio vertebral (R) y la longitud total (LT), a es la ordenada al origen, b es la pendiente, ϵ es el error estándar, R^2 es el coeficiente de determinación, n el tamaño de muestra, P es el nivel de significancia de la prueba de isometría, todo para una función potencial.

Area	Sexo	a	b	ϵ	R^2	n	P a la isometría
Sur de Sinaloa	Hembras	236.1	0.9	10.6	0.98	46	0.82
	Machos	218.2	0.89	8.5	0.938	65	0.74
Michoacán	Hembras	185.3	0.764	12.7	0.965	63	0.5
	Machos	180.7	0.72	10.4	0.947	58	0.3

Retrocálculo

Para este apartado se realizaron los retrocálculo para sexos separados debido a las diferencias encontradas en las relaciones isométricas de validación de la vertebra como estructura dura adecuada para este análisis. De tal manera que se encontraron valores mayores al 95% de explicación de las curvas de regresión para todas los ajustes realizados entre el radio vertebral y la longitud total, y viceversa (Tabla 13).

Tabla 13- Regresiones del radio vertebral y la longitud total para los tiburones martillo de Michoacán, a es la ordenada al origen, b es la pendiente, R^2 es el coeficiente de determinación, ϵ es el error estándar del modelo y n es el número de datos.

Área de estudio	Sexo	Relación	Tipo de ajuste	a	b	ϵ	R^2	n
Sur de Sinaloa	Hembras	R vs LT	Potencial	2.4×10^{-3}	1.1	0.1	0.97	46
			Lineal	-0.5	0.004	0.1	0.97	46
		LT vs R	Potencial	236.1	0.9	10.6	0.98	46
			Lineal	13.6	221.5	10.9	0.97	46
	Machos	R vs LT	Potencial	2.6×10^{-3}	1.1	0.04	0.97	65
			Lineal	-0.05	0.005	0.04	0.97	65
		LT vs R	Potencial	218.2	0.89	8.5	0.94	65
			Lineal	13.2	204.9	8.6	0.97	46
Michoacán	Hembras	R vs LT	Potencial	1.1×10^{-3}	1.3	0.08	0.97	63
			Lineal	-0.16	0.007	0.09	0.96	63
		LT vs R	Potencial	185.3	0.76	12.7	0.96	63
			Lineal	27.2	148.9	13.9	0.96	63
	Machos	R vs LT	Potencial	6.7×10^{-4}	1.4	0.07	0.95	58
			Lineal	-0.17	0.006	0.08	0.93	58
		LT vs R	Potencial	180.7	0.72	10.4	0.95	58
			Lineal	29.6	144	12.3	0.93	58

A través del mínimo valor de la verosimilitud de la distribución negativa log-normal (L) se obtuvo la siguiente tabla (Tabla 14), mostrando diferencias entre los modelos de retrocálculo entre las áreas de estudio.

Tabla 14.- Resumen de los estadísticos de los modelos de retrocálculo para los tiburones de Michoacán. *L* es el mínimo valor de la verosimilitud de la distribución negativa log-normal, en negrita los valores mínimos.

Sexo	Modelo	L	
		Michoacán	Sur de Sinaloa
Hembras	Fraser-Lee	4031	3006
	BPH lineal	4249	3210
	BPH no lineal	2324	3298
	SPH lineal	4183	3342
	SPH no lineal	4139	3299
Machos	Fraser-Lee	2867	4971
	BPH lineal	3077	5004
	BPH no lineal	2928	5099
	SPH lineal	2827	5567
	SPH no lineal	2885	5193

Para la hembras colectadas en Michoacán se encontró que una hembra de 335cm de LT, presento 18 bandas opacas, mostrando el fenómeno de sobre-posición de anillos (Rosa-Lee, 1921), sin embargo los valores retrocalculados a partir de la banda opaca 16 exceden más de dos desviaciones estándar, por lo que se excluyeron dichos valores y se conservaron los retrocalculados hasta la banda opaca 15. El incremento en longitud observado durante el primer año es de 53%, para el segundo año 46% y para el tercero 31% (Tabla 15).

Tabla 15.- Resultados del análisis de retrocálculo por el método de BPH- no lineal para las hembras de *Sphyrna lewini* en Michoacán, las longitudes están en cm y el orden en mínimo, promedio y máximo. *n* es el número de vértebras con el número de banda opacas indicado y *s* es la desviación estándar. * indica hasta donde se usaron las medidas retrocalculadas del ejemplar en cuestión.

Edad	Banda opaca	LT observada (cm)	n	s	LT retrocalculada (cm)	n	s
0+	1	48 – 52 - 54	22	2	31 – 46 - 67	62	7
0.5	2	49 – 68 - 93	12	15	38 – 61 - 89	40	12
1	3	53 – 71 - 91	13	12	47 – 71 - 91	28	10
1.5	4	78 – 86 - 102	7	8	74 - 87 - 99	15	8
2	5	101	-	-	97 – 103 - 113	8	6
2.5	6	-	-	-	113 – 121 - 133	7	8
3	7	-	-	-	119 – 135 - 148	7	9
3.5	8	-	-	-	127 – 150 - 165	7	13
4	9	136	-	-	132 – 162 - 176	7	15
4.5	10	-	-	-	170 – 180 - 194	6	11
5	11	-	-	-	185 – 191 - 204	6	9
5.5	12	223	1	-	192 – 203 - 215	6	10
6	13	-	-	-	210 – 215 - 230	5	8
6.5	14	-	-	-	220 – 227 - 239	5	10
7	15	238 (335*)	2	-	229 – 236 – 250	4	9
7.5	16	-	-	-	243 – 251 - 264	3	11
8	17	-	-	-	257 – 265 - 273	2	11
8.5	18	287	1	-	266 – 275 - 283	2	12
9	19	286	1	-	276	1	-

Para los machos de Michoacán, las longitudes obtenidas con el retrocálculo (Tabla 16) muestran que durante el primer año de vida los machos aumentan un 57.6 %, para el segundo año 39.4 %.

Tabla 16.- Resultados del análisis de retrocálculo por el método de SPH lineal para los machos de *Sphyrna lewini* en Michoacán las longitudes están en cm y el orden en mínimo, promedio y máximo. *n* es el número de vértebras con el número de bandas opacas indicado y *s* es la desviación estándar.

Edad	banda opaca	LT observada (cm)	s	n	LT retrocalculada (cm)	s	n
0	1	45 – 52 - 57	3	30	41 – 51 - 67	5	59
0.5	2	51 – 68 – 99	16	10	49 – 66 - 89	10	29
1	3	64 – 83 - 96	10	11	60 – 76 - 91	9	19
1.5	4	82 – 89 - 100	9	4	72 – 84 - 98	9	8
2	5	-	-	-	80 – 95 - 114	16	4
2.5	6	-	-	-	94 – 111 - 135	20	4
3	7	-	-	-	104 – 125 - 160	26	4
3.5	8	-	-	-	116 – 139 - 181	30	4
4	9	-	-	-	125 – 151 - 191	29	4
4.5	10	208	-	1	146 – 167 - 199	26	4
5	11	-	-	-	157 – 169 - 175	10	3
5.5	12	-	-	-	165 – 182 - 199	17	3
6	13	-	-	-	177 – 195 - 210	17	3
6.5	14	-	-	-	184 – 204 - 218	17	3
7	15	236 – 240 - 244.3	6	2	208 – 225 - 238	16	3
7.5	16	227	-	1	223	10	1

En el caso de los tiburones martillos colectados en el Sur de Sinaloa, la Tabla 17 muestra que las hembras aumentan hasta un 50% de su talla en el primer año, mientras que para el segundo año aumentan un 32% y en el tercero 21%.

Tabla 17- Resumen del retrocálculo Fraser-Lee para las hembras de los tiburones martillo colectados en Teacapán, Sinaloa. Las longitudes están en cm y el orden en mínimo, promedio y máximo. *n* es el número de vértebras con el número de bandas opacas indicado y *s* es la desviación estándar.

Banda opaca	Edad	Longitud observada	n	s	Longitud retrocalculada	n	s
1	0+	52 – 58 - 63	7	4.4	38 -50 - 74	44	8.3
2		54 - 74 - 85	8	10.4	50 - 63 -84	37	8.5
3	1	68 - 80 - 94	14	7.8	61 - 75 - 92	29	7.7
4		85 - 90 -94	6	3.7	70 - 86 - 106	15	8.9
5	2	98 - 106 - 115	2	12.3	81 - 99 - 116	9	11
6		-	-	-	94 – 108 - 126	7	11
7	3	-	-	-	107 - 120 - 133	7	9.3
8		-	-	-	116 - 131 - 145	7	10.8
9	4	139	1	-	129 - 143 - 161	7	12.4
10		-	-	-	140 - 158 - 183	6	17.2
11	5	-	-	-	147 - 168 - 193	6	17.3
12		-	-	-	156 – 179 - 200	6	18
13	6	-	-	-	170 - 189 - 210	6	15.2
14		-	-	-	178 - 199 - 227	6	18.5
15	7	-	-	-	188 - 210 -238	6	19
16		-	-	-	196 - 220 - 247	6	19
17	8	270	1	-	204- 231 - 263	6	20.7
18		-	-	-	211 - 235 - 248	5	15
19	9	261	1	-	224 - 246 - 256	5	14
20		255 - 265 - 270	3	8.4	230 - 252 - 266	4	16
21	10	-	-	-	265	1	-
22		276	1	-	271	1	-

Los valores estimados en el retrocálculo para los machos del sur de Sinaloa (Tabla 18) muestran que los machos aumentan hasta un 51% de su talla en el primer año, mientras que para el segundo año aumentan un 41%, y para el tercero 27%. Para la edad 0+ la talla se encuentra en los límites de los observados para los neonatos (50cm).

Tabla 18.- Resumen del retrocálculo Fraser-Lee para los machos del tiburón martillo colectados en Teacapán, Sinaloa. Las longitudes están en cm y el orden en mínimo, promedio y máximo. n es el número de vértebras con el número de bandas opacas indicado y s es la desviación estándar.

Banda opaca	Edad	LT observada (cm)	n	s	LT retrocalculada (cm)	n	s
1	0+	48 - 58 - 74	12	9.1	43 - 54 - 66	65	5.4
2		60 - 76 - 85	18	5.3	60 - 69 - 85	65	6
3	1	79 - 90 - 109	22	7.4	73 - 82 - 102	13	6.3
4		90 - 95 - 105	5	6	87 - 97 - 110	13	7.9
5	2	136 - 137 - 139	2	2	103 - 116 - 136	8	9.7
6		-	-	-	118 - 131 - 157	6	13.3
7	3	143	1	-	133 - 148 - 175	6	14.6
8		-	-	-	152 - 165 - 181	5	10.5
9	4	-	-	-	171 - 177 - 195	5	9.8
10		-	-	-	179 - 190 - 208	5	11
11	5	-	-	-	190 - 201 - 219	5	11.2
12		-	-	-	198 - 214 - 231	5	14.5
13	6	240 - 244 - 249	2	6	204 - 224 - 242	5	15.9
14		229	1	-	214 - 224 - 231	3	8.9
15	7	249	1	-	224 - 232 - 241	2	12
16		-	-	-	232	1	-
17	8	246	1	-	238	1	-

Estimación de los parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy

Las curvas de crecimiento obtenidas (Tabla 19; Figura 25) presentaron diferencias significativas entre los sexos, tanto para Michoacán ($P = 3 \times 10^{-5}$), como para el sur de Sinaloa ($P = 9 \times 10^{-10}$). De igual manera, se encontraron diferencias significativas entre las áreas tanto en hembras ($P = 9 \times 10^{-5}$), como en machos ($P = 1.2 \times 10^{-6}$). Por otro lado, el índice de crecimiento estándar (Φ') presentó un promedio de 4.2 ($s = 0.04$) lo que demuestra un buen ajuste de las cuatro curvas.

Tabla 19.- Parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy estimadas en este trabajo para *Sphyrna lewini*.

Área	Sexo	L_{∞} (cm)	K (años ⁻¹)	t_0	ϵ	R ²	P	Φ'
Michoacán	Hembras	358.5 ± 11.8	0.13 ± 0.02	-0.96 ± 0.33	1.02	0.96	0.01	4.2
	Machos	336 ± 28	0.12 ± 0.004	-1.1 ± 0.1	1.09	0.98	0.03	4.1
Sinaloa	Hembras	376 ± 18	0.1 ± 0.001	-1.16 ± 0.006	1.05	0.98	0.035	4.1
	Machos	364 ± 12	0.123 ± 0.005	-1.18 ± 0.025	1.03	0.99	0.003	4.2

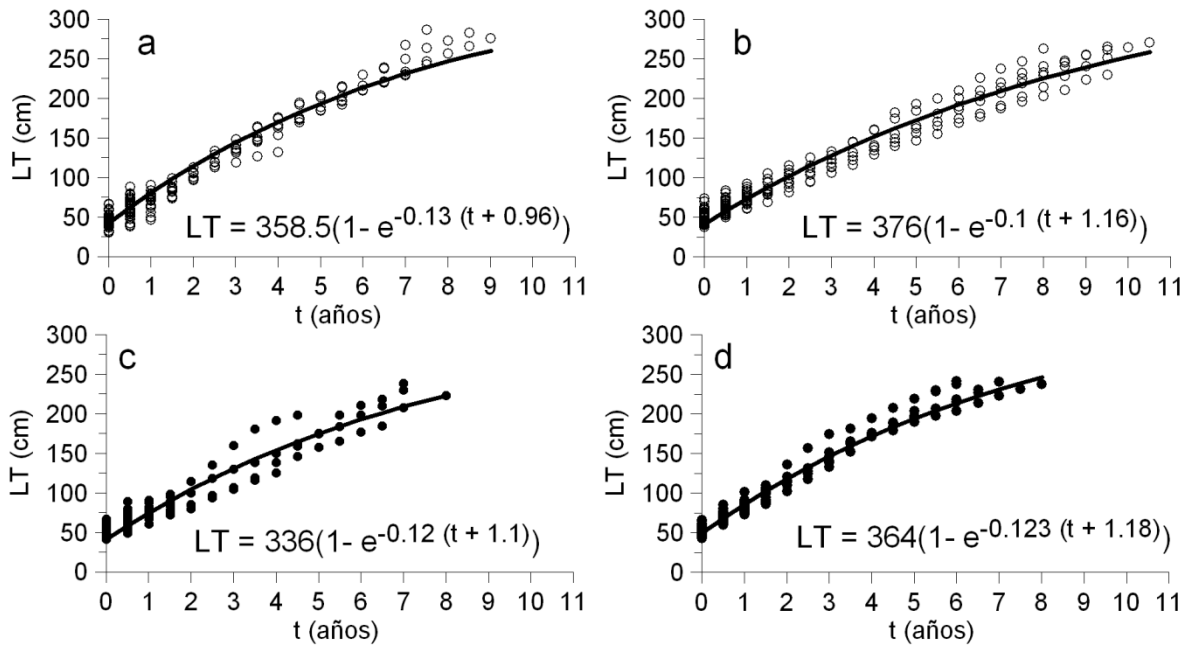


Figura 25.- Curvas de crecimiento para *Sphyrna lewini*, a.- hembras del área de Michoacán; b.- hembras del área del Sur de Sinaloa; c.- machos del área de Michoacán y d.- machos del área del sur de Sinaloa.

De acuerdo a los resultados obtenidos, la edad de los ejemplares de mayor longitud total colectados para este trabajo sería de 20 años (335cm de LT) para las hembras y de 11.5 años (260cm de LT) para los machos del área de Michoacán, mientras que para los tiburones del sur de Sinaloa serían de 13.5 años (288cm de LT) para las hembras y de 11 años para los machos.

Relación peso-longitud

Para el área de Michoacán (Figura 26a), no se encontraron diferencias significativas entre los sexos ($P = 0.26$), presentando una curva netamente isométrica ($P = 0.5$), mientras que para el área del sur de Sinaloa (Figura 26b y c), se encontraron diferencias significativas entre los sexos ($P = 1 \times 10^{-6}$), y ambas curvas son isométricas ($P = 0.6$ en hembras y $P = 0.65$ en machos). Las diferencias entre las curvas por áreas fueron significativas ($P = 1 \times 10^{-40}$) presentando un mayor incremento en peso en los ejemplares del área de Michoacán.

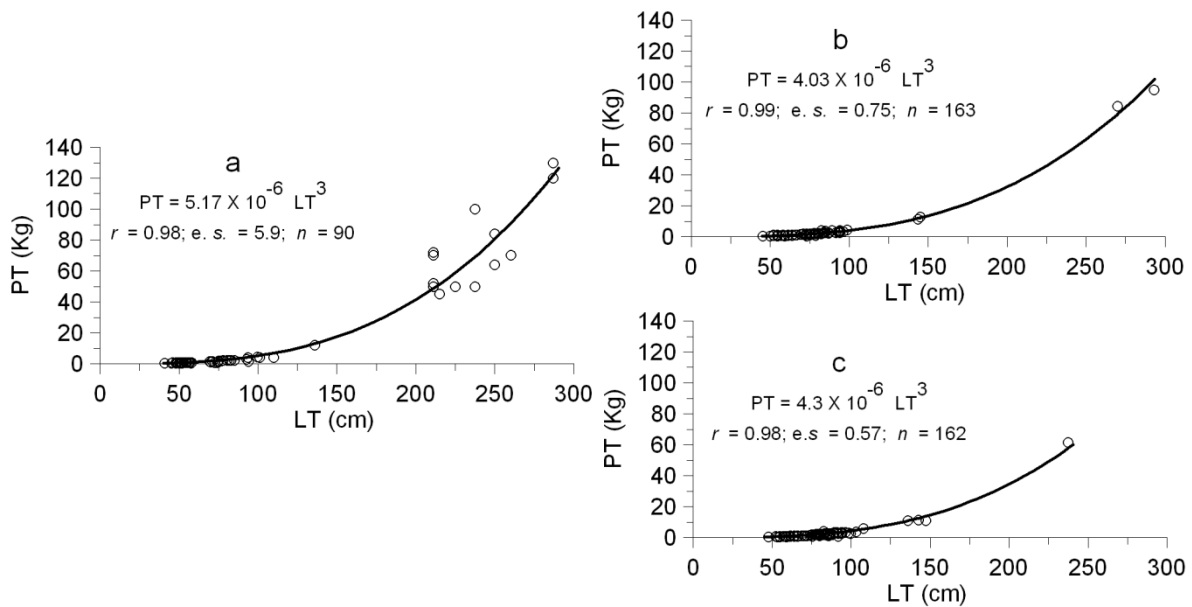


Figura 26.- Curvas de peso-longitud para el tiburón martillo *Sphyrna lewini*. a, ejemplares de ambos sexos del área de Michoacán; b, ejemplares hembras del área del Sur de Sinaloa y c, ejemplares machos del Sur de Sinaloa.

Relación del peso total con la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy.

Para el caso del área de Michoacán, las curvas resultantes presentaron diferencias significativas entre machos y hembras ($P = 4 \times 10^{-6}$), siendo más pesadas la hembras (Figura 27a) que los machos (Figura 27c). Para el área del sur de Sinaloa se presentaron de también diferencias significativas entre los sexos ($P = 1 \times 10^{-5}$), siendo las hembras más

pesadas que los machos (Figura 27b y d). Por otro lado las hembras de ambas localidades presentaron diferencias significativas ($P = 1 \times 10^{-7}$) al igual que los machos ($P = 7 \times 10^{-8}$).

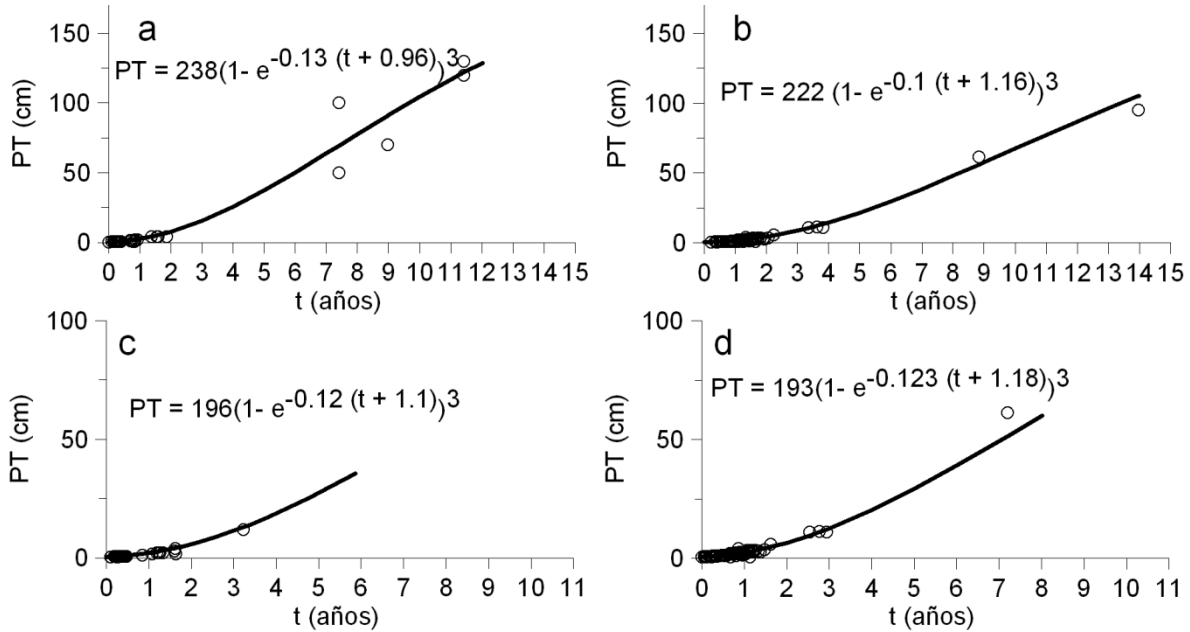


Figura 27.- Curvas de peso-edad para el tiburón martillo *Sphyrna lewini*. a, ejemplares hembras del área de Michoacán; b, ejemplares hembras del área del Sur de Sinaloa; c, ejemplares machos del área de Michoacán, y d ejemplares macho del área del Sur de Sinaloa. Las graficas de hembras y machos difieren en las escala.

Aspectos reproductivos

Proporción de sexos

De manera general, los machos superan en número a las hembras durante el mes de junio (Tabla 20), que es el mes donde aparecen las señales de apareamiento como son las marcas de cortejo en las hembras y los moretones en el mixopterigio y la presencia macroscópica de semen en los machos.

Tabla 20.- Proporción sexual de machos: hembras para ambas localidades de muestreo por mes de colecta y prueba de χ^2 de Yates para confrontación con una proporción 1:1. (S.C. sin captura, N.A. no aplica).

Mes	Área del sur de Sinaloa		Área de Michoacán	
	Proporción sexual	$P(\chi^2 \text{ Yates})$	Proporción sexual	$P(\chi^2 \text{ Yates})$
Enero-Febrero 2003	0.8:1	0.7	S. C.	N.A.
Abril 2003	1:1	0.8	0.3:1	0*
Junio 2003	3.2:1	0*	1.2:1	0.4
Noviembre 2003	1.3:1	0.21	S.C..	N.A.
Febrero 2004	1:1	0.8	0:2	0*
Abril 2004	1.1:1	0.6	0:2	0*
Mayo 2004	S.C.	N.A.	2:0	0*
Agosto-Septiembre 2004	1.2:1	0.4	0.31:1	0*
Noviembre 2004	0.62:1	0.03*	1:1	0.8
Enero 2005	S.C	N. A	0.5:1	0.003*
TOTAL	1:1	0.8	1:1	0.8

Las proporciones sexuales en el área del sur de Sinaloa son muy similares a la proporción 1:1 excepto durante la época de apareamiento (junio 2003), donde los machos abundaron sobre las hembras y en noviembre de 2004 donde abundaron las hembras en la pesca de redes agalleras de 6 pulgadas de abertura de malla, mostrando un comportamiento más costero. Por otro lado en el stock del área de Michoacán se encontraron diferencias significativas entre la proporción de sexos en casi todos los muestreos. Dominando los machos sobre las hembras, excepto noviembre de 2004 donde hubo una cerca de 1:1.

Para los embriones en ambas localidades se encontró un promedio de 24 a 34 crías en proporción de 1.2:1 machos hembras, sin que difiera de teórico de 1:1 ($P = 0.4$).

Talla de madurez sexual

La talla de madurez sexual de tiburones hembras en los muestreos del área de Michoacán, no se pudo determinar de manera directa debido a que solo se encontró una hembra madura de 260cm. de LT con 11 embriones machos y 9 embriones hembras, más 15 cámaras

placentarias vacías. Sin embargo la talla de madurez sexual estimada por medio del modelo de Grimes (1987) fue de 201cm, que de acuerdo con la ecuación de crecimiento propuesta en este trabajo se estima una edad estimada de 5.5 años.

Para el área del sur de Sinaloa, las hembras grávidas se encontraron dentro de un intervalo de 255 a 276cm. de LT. No se encontraron hembras con indicios de óvulos maduros pero si de hembras preñadas, por lo que se siguió la línea de tendencia de los promedios en longitud de los estados de madurez observando una longitud teórica de 205cm (Figura 28). Por otro lado, la estimación de esta longitud con el modelo de Grimes (1987) fue de 204cm. con una edad aproximada de 7 años calculada con la ecuación de crecimiento propuesta en este trabajo.

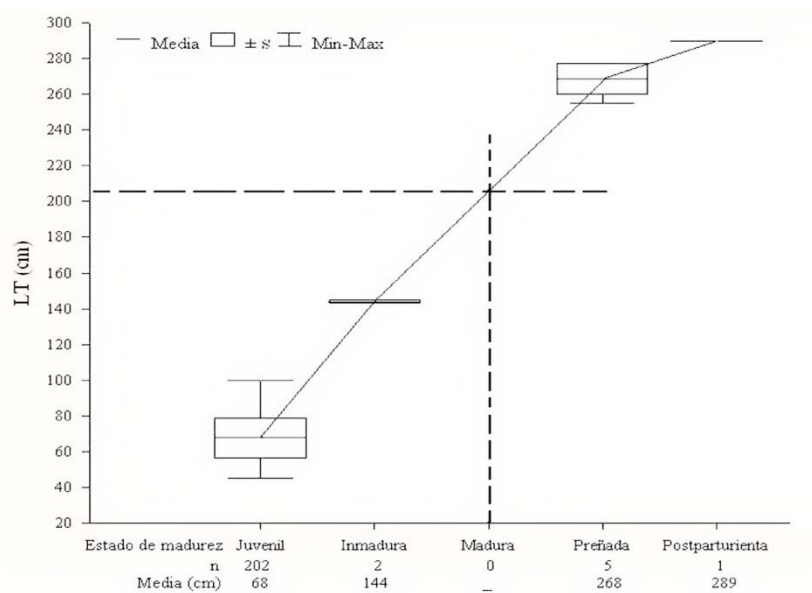


Figura 28.- Línea de tendencia del promedio de las tallas en los estados de madurez sexual para las hembras del área del sur de Sinaloa.

Para los machos del área de Michoacán, se observó que la talla de máxima dispersión de la proporción del mixopterigio (Figura 29) se encuentra en los 175cm. donde se ubico al macho maduro más pequeño con una edad estimada de 5 años.

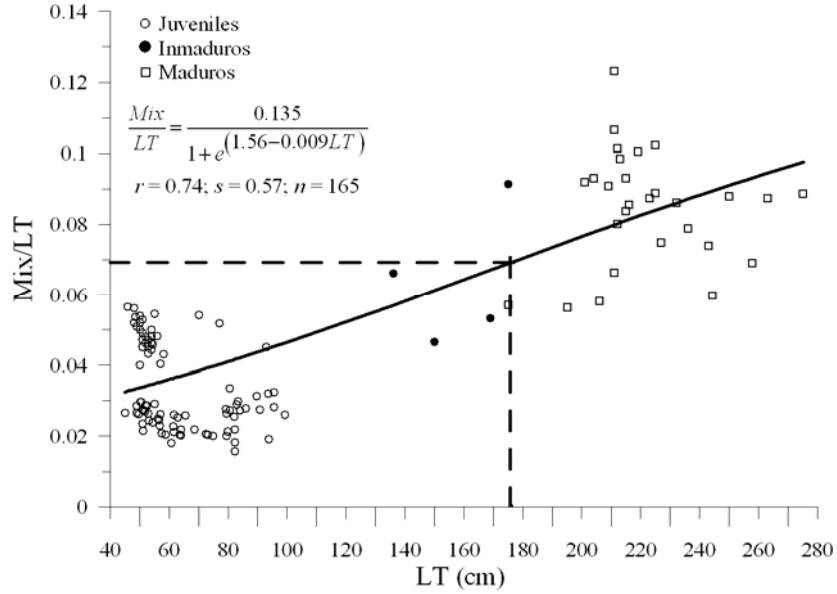


Figura 29.- Relación de la proporción del mixopterígeno (Mix/LT) con la longitud total (LT) para los machos colectados en el área de Michoacán.

Para los machos del área del sur de Sinaloa, se encontró que existe un intervalo de tallas de machos inmaduros de 136 a 143, y de un intervalo de organismos maduros de 194 a 268cm. Con base en la curva logística de la relación de la proporción del mixopterígeno y LT, se estimó una longitud de primera madurez de 170cm, con una edad de 4 años (Figura 30).

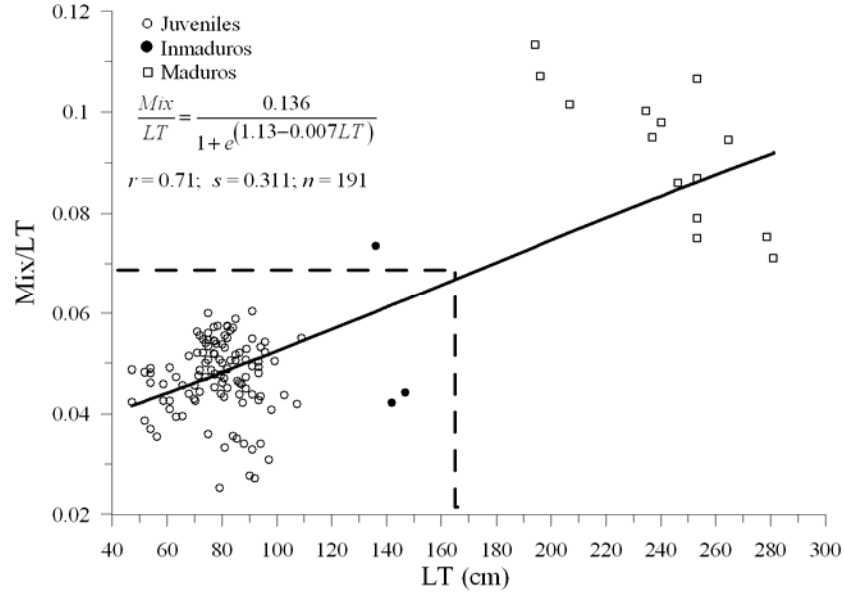


Figura 30.- Relación de la proporción del mixopterígeno (Mix/LT) con la longitud total (LT) para los machos colectados en el área del sur de Sinaloa.

Las tallas estimadas de madurez sexual para este trabajo para ambas áreas de estudio no difieren significativamente (χ^2 Yates = 0.07, $P = 0.8$), de la misma manera no se encontraron diferencias significativas entre las edades de primera madurez sexual (χ^2 Yates = 1, $P = 0.32$).

Talla al nacer

En ambas áreas de estudio no se observaron embriones en desarrollo, los embriones observados en el área de Michoacán se encontraban en el intervalo de los 45cm. a los 51cm. (5 hembras y 11 machos), mientras que para el área del sur de Sinaloa el intervalo fue de 46 a 53cm. de longitud total (70 hembras y 74 machos). Para ambas áreas de estudio se consideró que estos embriones se encontraban en fase terminal, esto es, casi a punto de nacer.

Para el área de Michoacán y por medio del análisis de 4 hembras y 5 machos neonatos, se estimó que la talla de nacimiento es entre 49 y 54cm de LT, mientras que para el área del

sur de Sinaloa el intervalo de tallas de los neonatos fue de 49 a 56cm. de longitud total (4 hembras y 4 machos).

No hubo diferencias significativas entre distribución de las tallas de neonatos y embriones terminales hembras en el área de Michoacán ($K-S = 0.989$, $DN = 0.75$, $P = 0.3$). Las tallas de nacimiento determinadas por el intervalo de sobre-lapamiento de las tallas fue de 46 a 50cm. en las hembras. Por otro lado, para el área del sur de Sinaloa, no se encontraron diferencias significativas entre las tallas de neonatos y embriones terminales ($K-S = 1.18$, $DN = 0.75$, $P = 0.16$) El intervalo de talla para el nacimiento estimado fue de 48 a 54cm. de LT.

La distribución de tallas de los ejemplares macho del área de Michoacán, presentó diferencias significativas entre neonatos y embriones terminales ($K-S = 1.36$, $DS = 1$, $P = 0.047$), se observa como una continuidad las tallas de 45 a 51cm entre los embriones terminales y los neonatos. Las LT de los machos neonatos del área del sur de Sinaloa presentaron una distribución muy similar a los embriones terminales machos ($K-S = 0.8$, $DN = 0.418$, $P = 0.56$). El intervalo estimado de nacimiento fue de 47 a 50cm. de longitud total

Las tallas de nacimiento no difieren entre las áreas (χ^2 de Yates, $P = 0.939$), por lo que se considero un intervalo de 45 a 54cm. de longitud total.

Fecundidad

Para el área de Michoacán, no se pudo estimar la fecundidad debido a que solo se colectó una hembra de 260cm. de LT con 11 embriones machos y 9 hembras más 15 cámaras placentarias vacías. Se acepta la relación propuesta por Anislado, (2000), donde se proporciona la siguiente función lineal entre el número de crías y la longitud total de la madre (LT): Número de crías = $-11.52 + 0.166 LT$.

Para el área del sur de Sinaloa, solo cinco hembras preñadas fueron colectadas en esta localidad, y eran individuos con marcas de apareamiento repetitivas por lo que no se pudo establecer la relación de longitud de la madre y la longitud o número de crías (Tabla 21).

Tabla 21.- Datos de las hembras preñada colectadas en Sinaloa.

LT de la madre	Embriones totales	Número de embriones		Cámaras placentarias vacías	Proporción sexual	\overline{LT} de embriones	
		Hembras	Machos			Hembras	Machos
255	37	17	17	3	1:1	46	45
255	36	17	17	2	1:1	49	45
269	33	16	8	9	2:1*	52	50
269	37	6	18	13	1:3*	53	50
276	33	14	14	5	1:1	53	50

Debido a este comportamiento, se analizó entonces el número total de los embriones a través de la prueba de Dixon (Kanji, 1999) para la identificación de datos aberrantes, no encontrando diferencias significativas ($P > 0.05$) con respecto al promedio ($\bar{X} = 35$ embriones, $s = 2.05$). A través del análisis de los límites de tolerancia se estimó que el intervalo del número de crías es de 22 a 48 crías por parto con una confiabilidad del 95% para un 99% de la población, lo que puede indicar de manera indirecta un incremento del número de embriones conforme aumenta la talla de la madre. Interpolando los datos encontrados con la hipótesis de que la longitud de primera madurez de las hembras (205cm.) tendrá el número mínimo de embriones por parto (22 crías) se encuentra una tendencia lineal entre la longitud total y el número de crías (Figura 31).

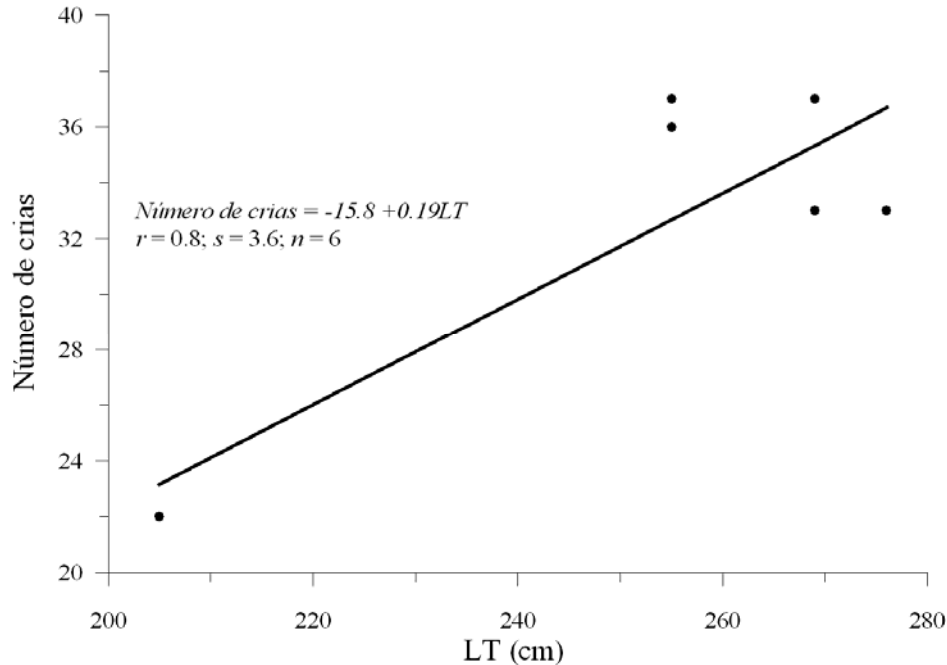


Figura 31.- Relación hipotética del número de crías y la LT de la madre para los tiburones martillo hembras del área del Sur de Sinaloa.

Periodo de gestación, temporada de apareamiento y parto

Para el área de Michoacán, y con un número de muestra de 70 animales de los cuales la mayoría (más del 70 %) fueron juveniles no fue posible determinar los periodos de gestación y temporadas de apareamiento y parto.

Para el área del sur de Sinaloa y por medio de la distribución temporal de los estados de maduras, incluyendo a los neonatos (Figura 32, $n = 532$), se observó que las hembras preñadas aparecen en el mes de junio, mientras que los neonatos presentan su pico de abundancia durante agosto y los machos maduros durante el mes de julio. Indirectamente se puede calcular que el periodo de gestación es de 10 a 11 meses, ya que la temporada de apareamientos se da mayormente en el mes de junio cuando se encuentran los machos con moretones en el mixopterigio y la temporada de partos durante el mes de agosto, por lo que existe un desfase temporal de las temporadas de apareamiento y parto de dos meses aproximadamente.

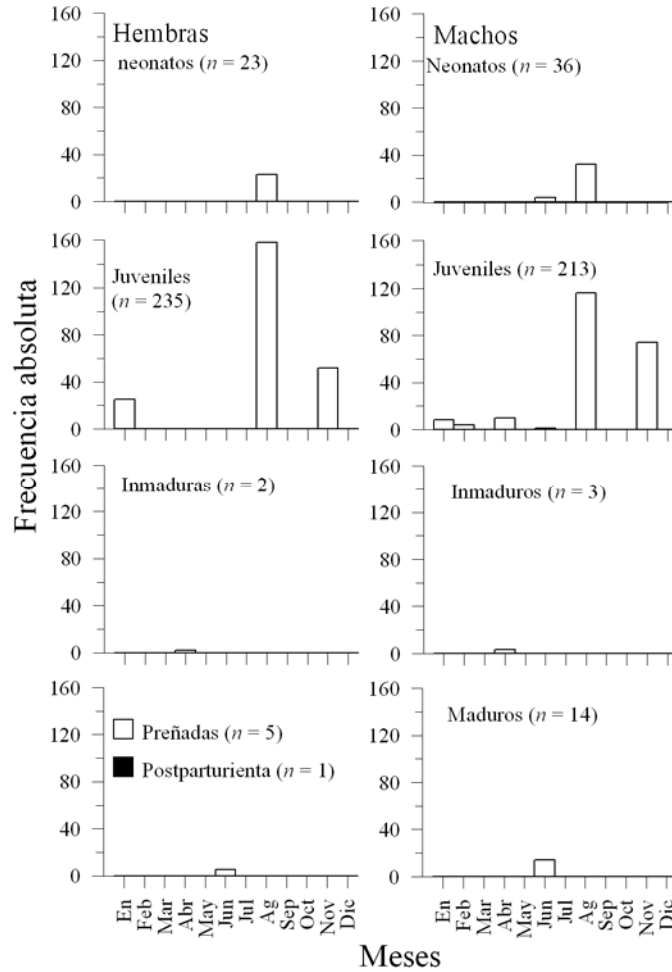


Figura 32.- Distribución mensual de los estados de madurez sexual para los tiburones martillo colectados en área del sur de Sinaloa.

Efectividad y selectividad de captura por las diferentes artes de pesca

Efectividad de las artes

Para el área de Michoacán, de siete artes de pesca que capturaron tiburón martillo durante los muestreos (*i.e.* redes agalleras de 3.5', 4.5', 6', palangre cazonero, palangre tiburonero, palangre de superficie y red camaronera), la red de 6' de abertura de malla es la de mayor efectividad (68%) seguida por el palangre cazonero (22%, Figura 33). Si bien, la red de arrastre camaronera presenta una pesca incidental de tiburón martillo, está es significativa

durante el total de la temporada de pesca del camarón debido al aumento en el número de barcos que ingresa a la zona de pesca ribereña (20 a 40 brazas).

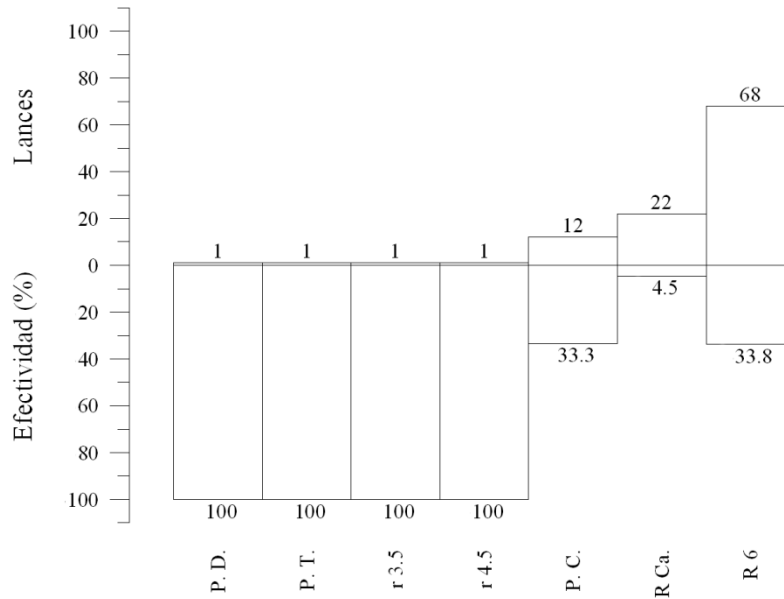


Figura 33.- Comparación del número de lances y efectividad de los artes de pesca que capturan tiburón martillo en el área de Michoacán. P.D., Palangre a la deriva; P.T., palangre tiburonero; P. C., palangre cazonero; r 3.5, red de 3.5'; R 4.5, red 4.5'; R 6, red de 6' y R Ca., red camaronera.

Para el área del sur de Sinaloa, son seis artes de pesca las que capturan tiburón martillo. Las más usadas son el palangre cazonero y las redes de 3.5' y 4' de abertura de malla (Figura 34). La aparente mayor efectividad del palangre tiburonero se debe a que al tener pocos lances y en su mayoría positivos sobre-estima el esfuerzo aplicado a la población del tiburón martillo explotada. Las mayores efectividades se dan en las redes de 3.5' y en las de 4' de abertura de malla, mientras que la captura con el palangre a la deriva se orienta al dorado (*Corypahena hippurus*) justo en el momento en que aparece la etapa juvenil del tiburón martillo denominada "chicotera", ambas especies se alimentan superficialmente de las mismas presas.

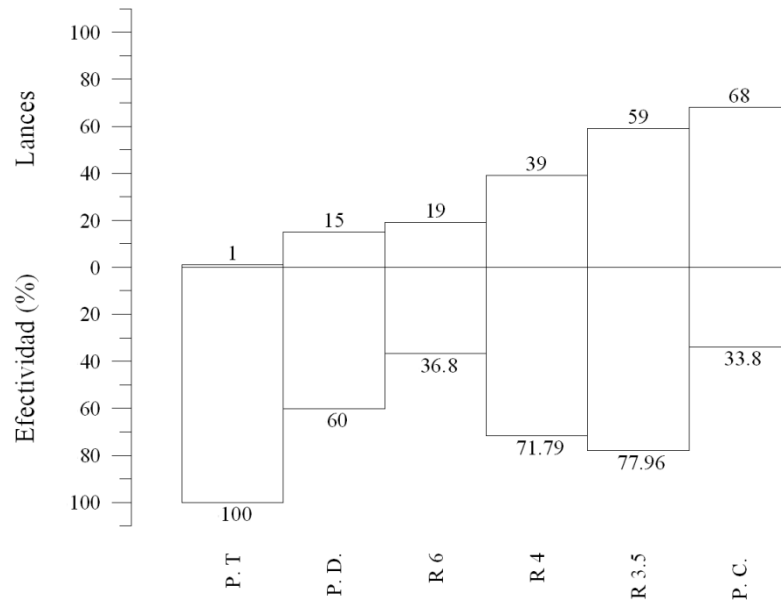


Figura 34.- Comparación del número de laces y efectividad de los artes de pesca que capturan tiburón martillo en el área del sur de Sinaloa. P.D., Palangre a la deriva; P.T., palangre tiburonero; P. C., palangre cazonero; r 3.5, red de 3.5'; R 4, red 4'; y R 6, red de 6'.

Selectividad de las artes de pesca a la talla de captura

En el área de Michoacán, y debido al escaso tamaño de muestra en las redes de 3.5 pulgadas de abertura de malla y camaronera, así como para el palangre tiburonero ($n = 2$ para cada una de las artes) y en el caso del palangre a la deriva con una $n = 1$, estas se sumaron junto con las capturas realizadas con el palangre cazonero y de las redes de 4.5 y 6 pulgadas de abertura de malla, ya que las tres últimas no presentaron diferencias significativas entre las tallas capturadas ($P = 0.6$). El resultado de las pseudo-ojivas de las tallas capturadas indica que el intervalo de tallas de las capturas fue de 45 a 59cm ($\overline{LT} = 55cm$), la longitud máxima observada fue de 281cm de LT.

En el caso del área del sur de Sinaloa, se encontraron diferencias significativas entre las tallas capturadas por las redes agalleras (3.5, 4.5 y 6 pulgadas de abertura de malla) con relación a los palangres ($P < 0.0001$) El resultado indica que el intervalo de tallas de las capturas con las redes es de 45 a 84cm $\overline{LT} = 55cm$ la longitud máxima observada fue de

102 cm de LT, mientras que para los palangres el intervalo de talla fue de 49 a 159cm de LT (LT media = 102cm) con una longitud máxima observada de 288cm.

Mortalidad e índice de explotación

Mortalidad total (Z)

El valor de Z para ambas áreas presento diferencias significativas ($P = 6 \times 10^{-35}$). Para el área de Michoacán, la mortalidad total (Z) estimada fue de 1.25 años^{-1} ($s = 0.09 \text{ años}^{-1}$), mientras que para el área del sur de Sinaloa fue de 1.4 años^{-1} ($s = 0.006 \text{ años}^{-1}$) (Figura 35).

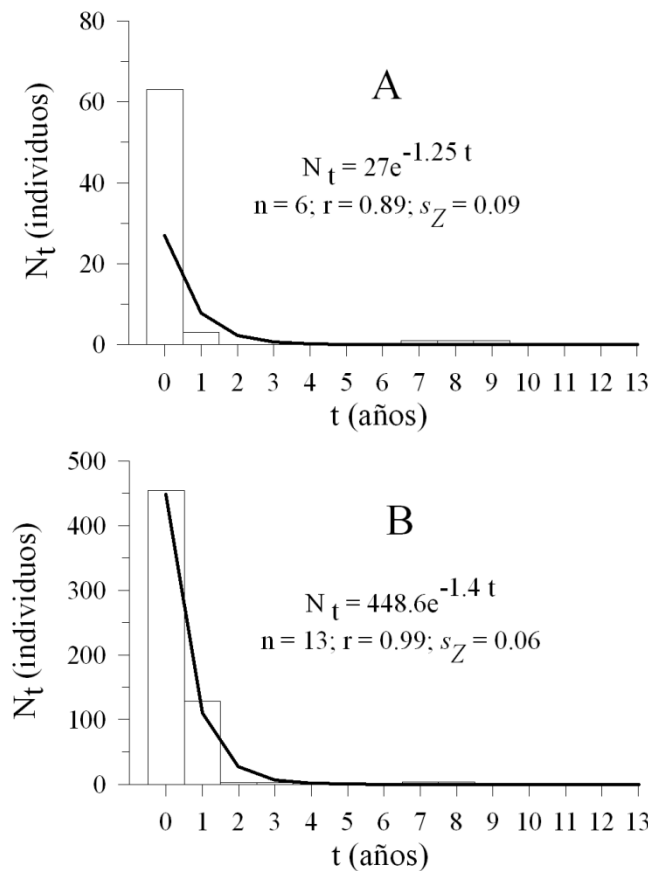


Figura 35.- Curvas de edad-captura para estimar la mortalidad total en el tiburón martillo. A, área de Michoacán y b, área del sur de Sinaloa.

Mortalidad natural (M)

Para este análisis los parámetros de entrada a los modelos empíricos fueron separados por sexos (Tabla 22).

Tabla 22.- Parámetros de entrada para los diferentes modelos de estimación de la mortalidad natural para *S. lewini*.

Parámetros	Área de Michoacán		Área del sur de Sinaloa	
	Hembras	Machos	Hembras	Machos
L_{inf}	358.5	336	376	364
K	0.13	0.12	0.1	0.123
To	-0.96	-1.1	-1.16	-1.18
Winf (gramos)	237000	196000	222000	193000
B	3	3	3	3
Tm	5.4	5.0	6.7	3.9
Tmaxobs	11.7	14.0	11.5	10.8
Tmax	22.1	23.9	28.8	23.2
Top	7.4	7.9	9.6	7.6
Lop	236.3	221.8	248.2	240.2
\bar{T}	27.5	27.5	25.5	25.5

Las M re-muestreadas para hembras y machos de las áreas de Michoacán y sur de Sinaloa no mostraron diferencias significativas ($P = 0.13$) por lo que el promedio obtenido de M fue de 0.215 años^{-1} con un intervalo de confianza de $\pm 0.039 \text{ años}^{-1}$ ($\overline{\ln(M)} = -1.54$ con una $S_{Ln(M)} = 0.32$) (Figura 36).

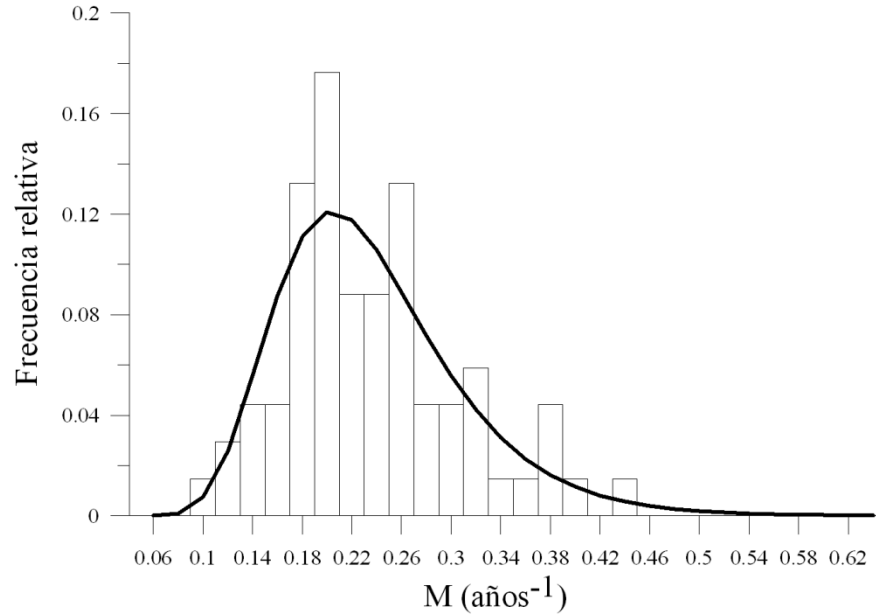


Figura 36.- Curva del ajuste de Monte Carlo para la mortalidad natural para el tiburón martillo en área de Michoacán y área del sur de Sinaloa.

Mortalidad por Pesca (F)

La mortalidad por pesca presentó diferencias significativas entre ambas áreas de estudio ($P = 3.4 \times 10^{-22}$), para el área de Michoacán la mortalidad por pesca (F) estimada fue de 0.99 años⁻¹ ($s = 0.12$) mientras que para el área del sur de Sinaloa fue de 1.13 años⁻¹ ($s = 0.1$).

Índice de explotación (E)

El índice de explotación entre las localidades no presentó diferencias significativas ($P = 0.31$), por lo que el valor promedio de E fue de 0.77 años⁻¹ ($s = 0.1$).

Rendimiento por recluta

Los análisis de rendimiento por recluta (Y/R) fueron divididos por sexos, los parámetros de entrada para el modelo de rendimiento por recluta se resumen en la Tabla 23.

Tabla 23.- Parámetros de entrada para el análisis del rendimiento por recluta para los tiburones martillo capturado en Michoacán. Y sur de Sinaloa L_{∞} , k , t_0 y P_{∞} son parámetros de las ecuaciones de crecimiento, L_r es la longitud de reclutamiento, t_{pc} es la edad de reclutamiento, M es mortalidad natural y F es la mortalidad por pesca.

Parámetro de entrada	Área de Michoacán,		Área del sur de Sinaloa	
	Hembras	Machos	Hembras	Machos
L_{∞} (cm.)	358	336	376	364
k (años ⁻¹)	0.13	0.12	0.1	0.123
t_0 (años)	-0.96	-1.1	-1.16	-1.18
P_{∞} (Kg)	237	196	222	193
L_r (cm)	47.5	47.5	47.5	47.5
t_r (años)	0.19	0.17	0.19	0
L_{pc} (cm)	50	50	50	50
t_{pc} (años)	0.26	0.24	0.27	0.2
M (años ⁻¹)	0.215 ($\overline{\ln(M)} = -1.54$; $S_{\overline{\ln(M)}} = 0.32$)			
F (años ⁻¹)	0.99 (0.12)		1.13 (0.102)	

Los rendimientos por recluta estimados para el área de Michoacán mostraron diferencias significativas ($P = 0$) con el escenario actual de pesca, las hembras presentaron un Y/R de 2.5 Kg por recluta ($\overline{\ln(\frac{Y}{R})} = 0.91$; $s_{\overline{\ln(\frac{Y}{R})}} = 0.12$) y para los machos de 2.0 Kg por recluta ($\overline{\ln(\frac{Y}{R})} = 0.67$; $s_{\overline{\ln(\frac{Y}{R})}} = 0.11$). Para el Caso del área del sur de Sinaloa, se encontraron diferencias significativas ($P = 0$) entre hembras con un Y/R de 1.3 Kg por recluta ($\overline{\ln(\frac{Y}{R})} = 0.27$; $s_{\overline{\ln(\frac{Y}{R})}} = 0.09$) y machos con un Y/R de 2.0 Kg por recluta ($\overline{\ln(\frac{Y}{R})} = 0.68$; $s_{\overline{\ln(\frac{Y}{R})}} = 0.08$).

Por medio de los contornos de producción se observa que el stock del área de Michoacán es más productivo que el stock del área del sur de Sinaloa (Figura 37), y que la asíntota de las curvas eurimétricas se encuentra en las edades de primera madures sexual de cada stock.

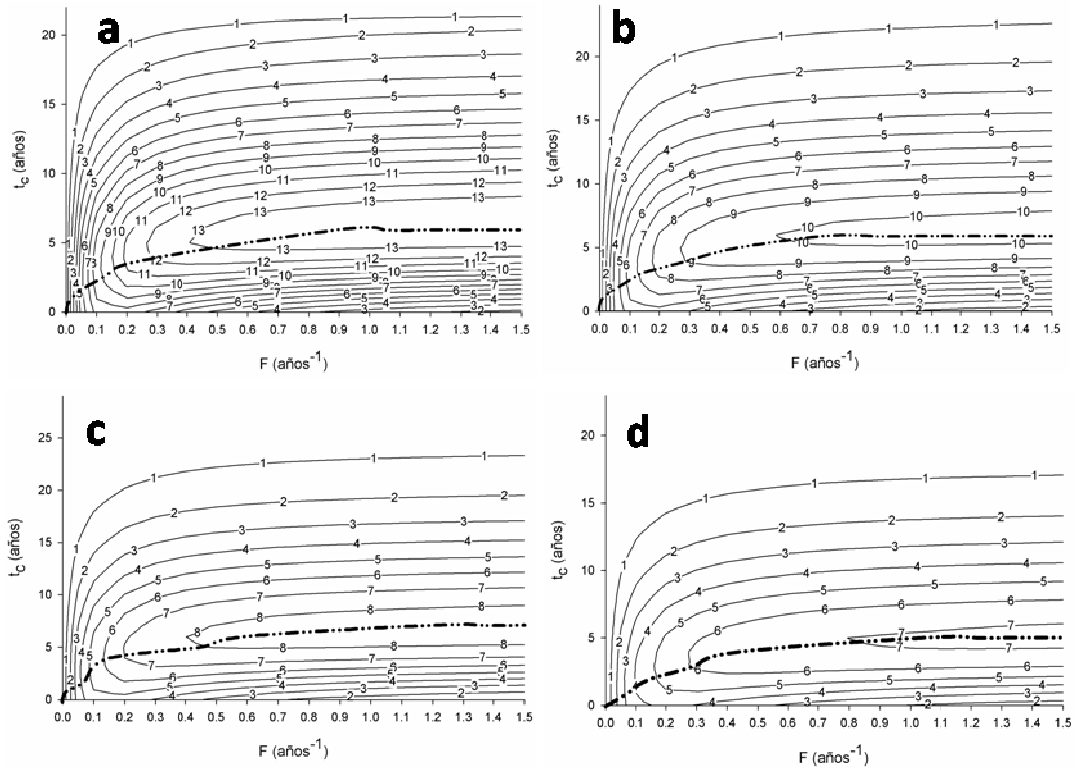


Figura 37.- Contornos de rendimiento por recluta para *S. lewini*. a, hembras del área de Michoacán; b, machos del área de Michoacán; c, hembras del área del sur de Sinaloa, d, machos del área del sur de Sinaloa. Línea discontinua representan las líneas eurimétricas.

Análisis demográfico

En este capítulo se comparan simultáneamente los resultados estimados para ambas localidades. Los parámetros de entrada se resumen en la Tabla 24.

Tabla 24- Parámetros de entrada para el análisis demográfico de *Sphyrna lewini*. L_{∞} , k , t_0 y son parámetros de las ecuaciones de crecimiento, L_{pm} es la longitud de primera madurez sexual, E_{pm} es la edad de primera madurez sexual, M es la mortalidad natural, s es la desviación estándar.

Parámetro	Área de Michoacán	Área del sur de Sinaloa
L_{∞} (años)	358.5	376
k (años ⁻¹)	0.13	0.1
t_0 (años)	-0.96	-1.146
Longevidad (años)	22	29
L_{pm} (cm.)	201	204
E_{pm} (años)	5.5	6.7
Fecundidad (hijas por madres)	$F = (-11.520 + 0.166LT)/2$	$F = (-15.790 + 0.19LT)/2$
M (años ⁻¹)	0.215 ± 0.039 ($\ln(M) = -1.54$; $s_{\ln(M)} = 0.32$)	

Los parámetros demográficos de los stocks presentan diferencias significativas (Tabla 25). Los resultados muestran un mayor crecimiento poblacional en el stock del área de Michoacán, así como una mayor fecundidad (R_0). El tiempo generacional (T) y la edad promedio de los padres (μ_1) es menor por un año en el stock del área de Michoacán, Incluyendo a el tiempo de duplicación del tamaño poblacional (T_{x2}) todos los parámetros demográficos difiere significativamente para ambos stocks.

Tabla 25.- Resumen de los parámetros demográficos para los stocks de *Sphyrna lewini* analizados en este trabajo. s es la desviación estándar. El asterisco significa que su s es log-normal.

Parámetros	Área Michoacán	Área del Sur de Sinaloa	P
	Promedio (s)	Promedio (s)	
λ	1.44 (0.1)	1.35 (0.09)	0.007
r	0.365 (0.07)	0.3 (0.07)	0.02
R_0^*	22.4 (0.66)	19.4 (0.88)	1.7×10^{-25}
T	8.6 (0.34)	10 (0.45)	0.001
μ_1	10.4 (1.02)	12 (1.43)	1.7×10^{-7}
T_{x2}^*	1.9 (0.16)	2.3 (0.21)	3×10^{-10}
e_f	13.3	11.34	
e_n	53.1	56.70	
e_j	20.3	20.62	
e_a	13.3	11.34	

De manera general, las elasticidades estimadas ostentan para ambas localidades, los valores más altos en los juveniles de ambas regiones, estadísticamente no existen diferencias significativas entre la distribución de las elasticidades entre ambas regiones oceanográficas ($P = 0.82$).

Distribución estable (W)

La distribución estable no mostró diferencias significativas entre ambos stocks hasta los 21-22 años (Figura 38). ($P = 0.99$).

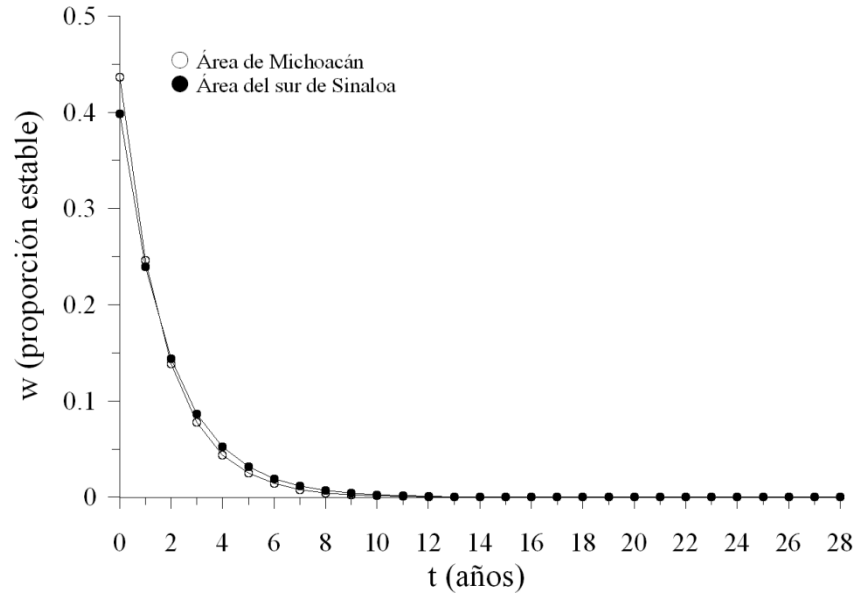


Figura 38.- Grafico de la distribución estable (W) a través de una cohorte de *Sphyrna lewini*.

Valor reproductivo (V)

El valor reproductivo presentó diferencias significativas ($P = 0.5 \times 10^{-6}$), siendo siempre mayor en Michoacán (Figura 39).

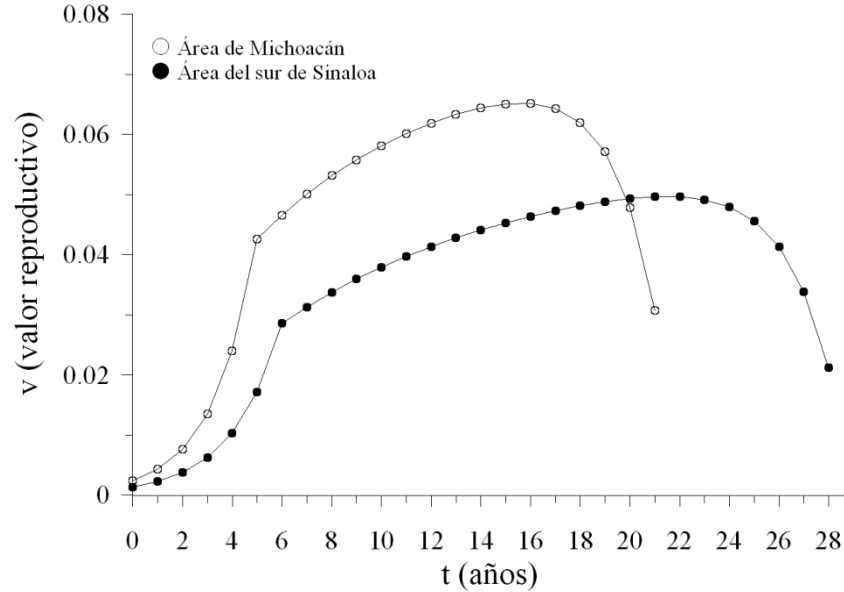


Figura 39.- Valor reproductivo (V) para *Sphyrna lewini*.

Crecimiento poblacional

El crecimiento poblacional fue analizado a través de sus logaritmos naturales en un periodo de tiempo igual a la longevidad que cada stock analizado (Figura 40). Se observó que hasta antes de la edad de primera madurez sexual del stock del área del sur de Sinaloa (seis años) no existen diferencias significativas ($P = 0.33$) para ambos stocks dada la dominancia de la mortalidad en la curva de crecimiento poblacional, sin embargo una vez que se alcanza la madurez se incrementa el tamaño poblacional para el stock del área de Michoacán en pulsos que son evidentes durante periodos iguales a la edad de primera madurez sexual lo que muestra que de los siete años en adelante los dos stocks difieren significativamente ($P = 3 \times 10^{-5}$).

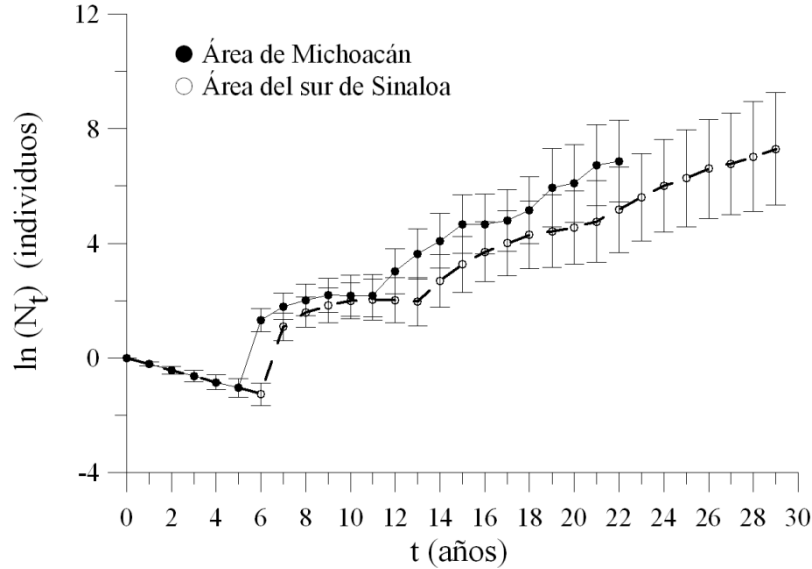


Figura 40.- Crecimiento poblacional teórico para *Sphyrna lewini* a través de un intervalo de tiempo igual a la longevidad estimada de cada stock.

Puntos de Referencia Biológico-Precautorios (PRB-P)

Los escenarios analizados (Tablas 26 y 27) muestran que el recurso está sobre-explotado, de tal forma que los stocks de ambas áreas estudiadas se ven reducidos a un 50% de su densidad poblacional aproximadamente cada año. Por otro lado el escenario denominado NOM-029-Pesc-2006 puede asegurar rendimientos por recluta bastante atractivos (7 kg/recluta para el área de Michoacán y 4 para el área del sur de Sinaloa) sin embargo continúa reduciéndose la población.

El PRB-P que permitirá una mayor mortalidad por pesca ($F=0.215$) es F_M , que proporciona uno de los mayores rendimientos por recluta (7.4 kg/recluta para el área de Michoacán y 4.5 para el área del sur de Sinaloa) y permitiendo que la población pueda recuperarse al duplicarse cada 5.6 años para el área de Michoacán y 9 años para el área del sur de Sinaloa (Tablas 26 y 27).

Tabla 26.- Simulación de los puntos de referencia biológico-precautorios para el stock de *S. lewini* del área de Michoacán.

Escenario de pesca	t_{pc}	$F (S_F)$	$r (s)$	$R_0 (S_{lnRo})$	$T_{x2} (S_{ln T_{x2} })$	$Y/R (S_Y/R)$
$F_{act-tpc_{act}}$	0	0.99 (0.117)	-0.625 (0.196)	0.015 (0.776)	-1.11 (0.186)	2.5 (0.12)
F_{MRS}	3	0.125 (0.015)	0.246 (0.017)	6.8 (0.145)	1.03 (0.07)	9.54 (0.08)
$F_{0.1}$	0	0.1 (0.012)	0.29 (0.1)	8.5 (0.13)	2.6 (0.55)	7.4 (0.07)
NOM-029-Pesc-2006	1	0.5 (0.059)	-1.27 (0.117)	0.405 (0.41)	-6.2 (2.97)	7.05 (0.06)
$F_{0.5r}$	0	0.187 (0.022)	0.183 (0.141)	0.015 (0.77)	3.7 (0.13)	7.6 (0.05)
$F=M$	0	0.215 (0.039)	0.123 (0.16)	2.499 (0.14)	5.6 (0.152)	7.4 (0.06)
F_{Crit}	0	0.37 (0.043)	≈ 0 (0.044)	1 (0.32)	∞	5.8 (0.08)
$F_{ext-com}$	0	3.6 (0.421)	-3.229 (0.42)	≈ 0 (6.53)	-0.2 (0.129)	0.8 (0.07)
$F_{act-tpc_{ipms}}$	6	0.99 (0.117)	-0.619 (0.12)	0.0149 (0.776)	-1.1 (0.182)	13.9 (0.06)

Tabla 27.- Simulación de los puntos de referencia biológico-precautorios para el stock de *S. lewini* del área del sur de Sinaloa.

Escenario de pesca	t_{pc}	$F (s)$	$r (s)$	$R_0 (S_{lnRo})$	$T_{x2} (S_{ln T_{x2} })$	Y/R
$F_{act-tpc_{act}}$	0	1.13 (0.102)	-0.837 (0.104)	0.0014 (0.737)	-0.825 (0.119)	1.31 (0.09)
F_{MRS}	3.5	0.115 (0.012)	0.178 (0.1)	5.2 (0.17)	3.56 (0.5)	5.9 (0.08)
$F_{0.1}$	0	0.1 (0.012)	0.194 (0.1)	5.9 (1)	3.4 (0.46)	4.6 (0.07)
NOM-029-Pesc	1	0.565 (0.051)	-0.277 (0.051)	0.103 (0.405)	-2.504 (0.184)	3.87 (0.06)
$F_{0.5r}$	0	0.143 (0.013)	0.15 (0.015)	4.04 (0.152)	4.6 (0.102)	4.77 (0.06)
$F=M$	0	0.215 (0.039)	0.078 (0.017)	2.02 (0.157)	8.77 (0.211)	4.45 (0.07)
F_{Crit}	0	0.294 (0.027)	0 (0.03)	1 (0.245)	4.6 (1.52)	3.94 (0.06)
$F_{ext-com}$	0	3 (0.9)	-2.7 (0.275)	≈ 0 (0.246)	-4.6 (0.102)	0.57 (0.16)
$F_{act-tpc_{ipms}}$	7	1.13 (0.102)	-0.838 (0.102)	0.0014 (0.765)	-0.828 (0.123)	8.51 (0.07)

A través de las isóneas de la tasa intrínseca de crecimiento poblacional (Figuras 41), se observa que los intervalos de mortalidad por pesca (F) - edad de primera captura (tpc) donde se puede mantener un crecimiento poblacional se encuentran entre la combinación de una F de cero a 0.3 con edad de primera captura de cero hasta la edad de primera madurez sexual, y en la combinación de F de 0 al ∞ siempre que se capture a edades de captura mayores a la edad de primera madurez sexual.

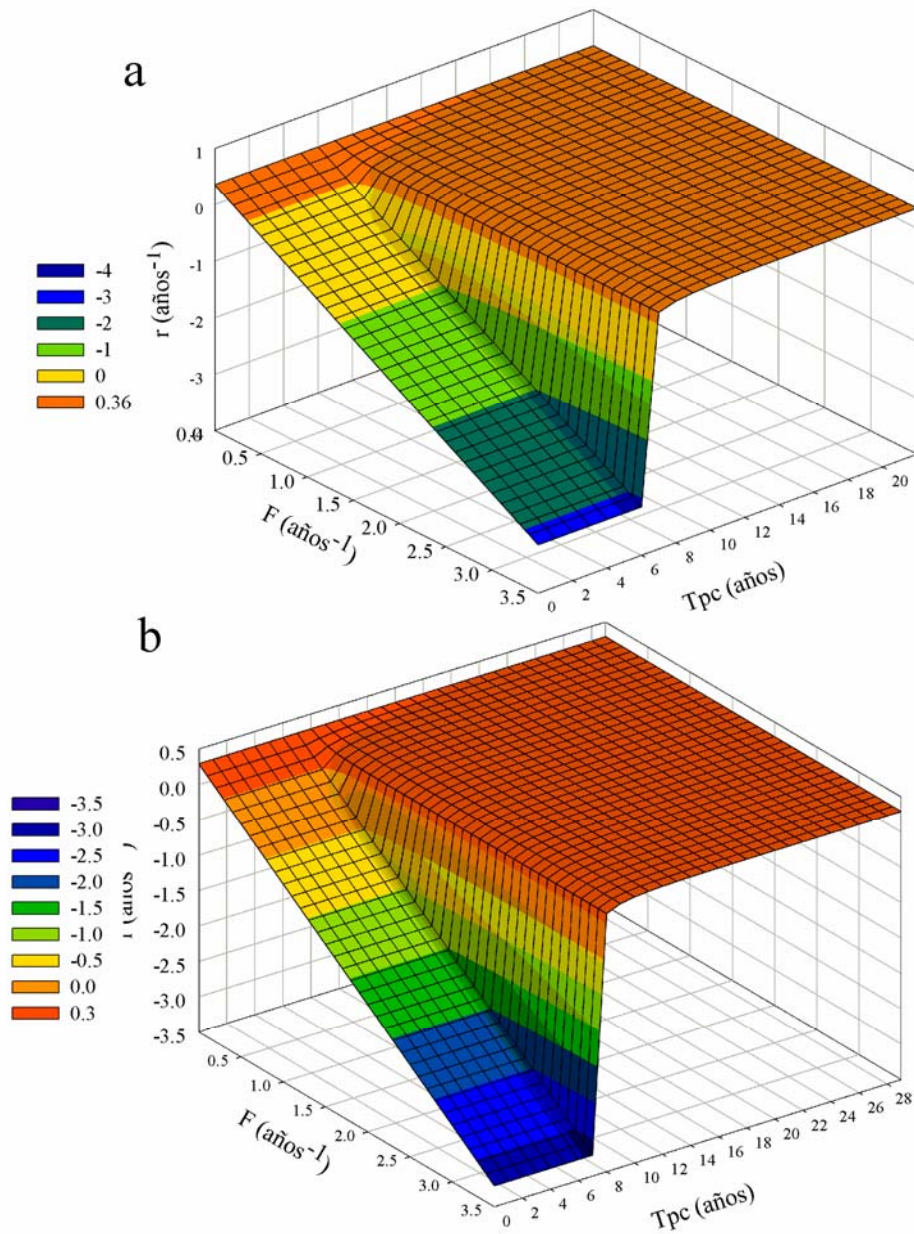


Figura 41.- Valores de la tasa intrínseca de crecimiento poblacional (r) a distintos escenarios de mortalidad por pesca (F) y de edad de primera captura (t_{pc}) a, área de Michoacán y b área del sur de Sinaloa.

Analizando las isolíneas de la tasa neta reproductiva (R_0), muestra como estrategias prohibitivas para la pesca la combinación de mortalidades de pesca mayores a 0.5 años^{-1} con edades de cero a siete años, y de las más viables que permita cubrir el mercado de

cazón es la pesca de organismos inmaduros a mortalidades de pesca menores a 0.5 años^{-1} (Figura 42).

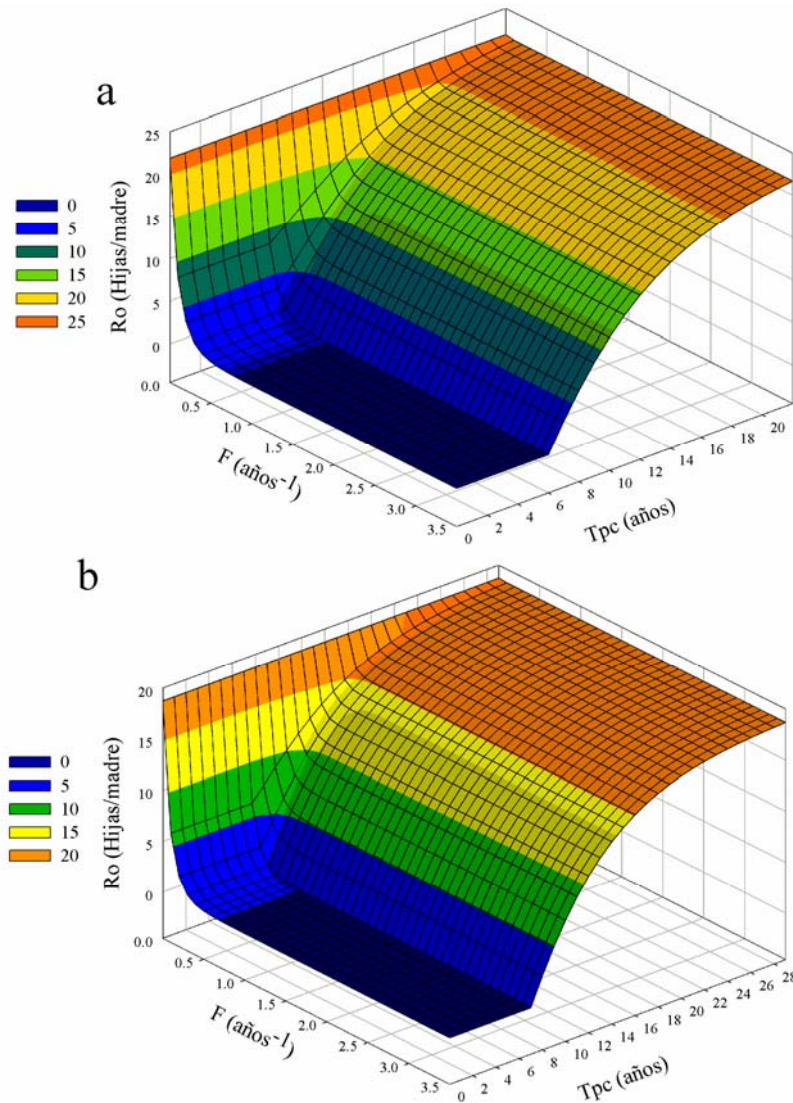


Figura 42.- Valores de la tasa neta reproductiva (R_0) a distintos escenarios de mortalidad por pesca (F) y de edad de primera captura (t_{pc}) a, área de Michoacán y b área del sur de Sinaloa.

Análisis de la morfometría geométrica

Análisis de Componentes principales

Los valores de la matriz de correlación muestran que el componente principal 1 es el que aporta la mayor variabilidad entre los grupos (98.5%), seguido por el componente principal

2 (0.67%) (Tabla 28). Así mismo, las pendientes de las funciones de los componentes principales muestran que para el primer componente, la variabilidad es causada las morfometrías M5 (Distancia intercefálica anterior, pendiente = -1), M7 (Anchura derecha de la aleta cefálica, pendiente = -1), M8 (Distancia diagonal del margen antero-izquierdo de la aleta cefálica al margen postero-derecho de la aleta cefálica, pendiente = -1), M10 (Distancia intercefálica posterior, pendiente = -1) y M11 (Distancia intercervical anterior, pendiente = -1), mientras que para el componente principal 2 las morfometrías que aportan la variabilidad son Lpc (longitud precaudal, pendiente = -0.13), M1 (Longitud alternativa, pendiente = -0.14), M3 (Distancia derecha, de la muesca cefálica al borde anterior de la aleta cefálica, pendiente = 0.11) y M9 (Distancia del margen antero-derecho de la aleta cefálica al margen postero-izquierdo de la aleta cefálica, pendiente = 0.10).

Tabla 28.- Valores de las pendientes de los componentes principales de las morfometrías.

Morfometría	C.P. 1	C.P. 2
Lpc	-0.99	-0.13
M1	-0.99	-0.14
M2	-0.99	0.08
M3	-0.99	0.11
M4	-0.99	-0.08
M5	-1.00	-0.05
M6	-0.99	0.04
M7	-1.00	0.03
M8	-1.00	0.02
M9	-0.99	0.10
M10	-1.00	0.02
M11	-1.00	0.00
Valor propio	11.82	0.08
Varianza porcentual	98.50	0.67

La predicción en la clasificación de los tiburones dentro de las dos áreas fue de 77 % para los individuos del área de Michoacán y de 65 % para los individuos del sur de Sinaloa. Lo anterior da un 80 % de separación para los stocks de tiburón martillo, estudiados en este trabajo (Figura 43).

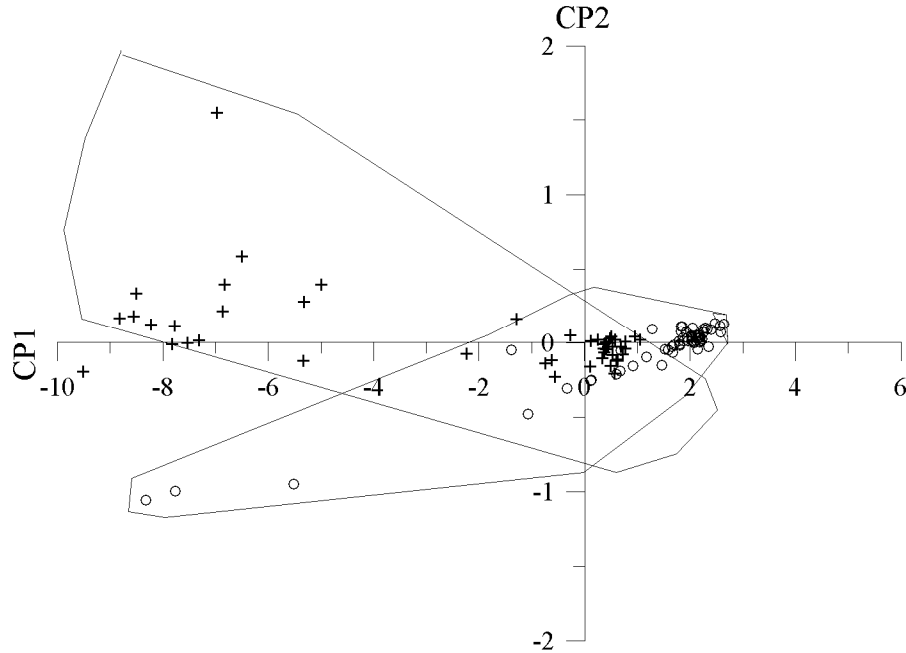


Figura 43.- Distribución de los valores de los componentes principales, los círculos abiertos representan a los individuos del área de Michoacán y las cruces a los individuos del área del Sur de Sinaloa.

Análisis de discriminantes

A partir del análisis de discriminantes se excluyeron las morfometrías M4 (Longitud del hocico, de la muesca cefálica a la mandíbula superior) y M7 (Anchura derecha de la aleta cefálica) debido a que la tolerancia redundante ($T = 0.06$ y 0.6 respectivamente).

De acuerdo a la lambda de Wilks, las morfometrías que demostraron una alta influencia en la discriminación de los stocks de tiburón martillo fueron la morfometría M10 (Distancia intercefálica posterior con lambda 0.345) y M11 (Distancia intercervical anterior con lambda de 0.243). Siendo M10 la morfometría con el mayor coeficiente de variación ($CV = 16.7\%$) (Tabla 29).

Tabla 29.- Valores de significancia estadística para cada morfometría de *Sphyrna lewini* usada en el análisis de discriminantes.

Morfometrías	λ de Wilk	λ parcial	F	p	T.	R ²	CV
M10	0.380	0.405	167.228	0.000	0.214	0.786	16.700
M11	0.244	0.633	66.221	0.000	0.149	0.851	8.230
M5	0.181	0.850	20.156	0.000	0.283	0.717	5.800
M9	0.173	0.891	13.885	0.000	0.295	0.705	8.200
M6	0.173	0.892	13.810	0.000	0.348	0.652	7.000
M1	0.168	0.919	10.045	0.002	0.835	0.165	4.100
M3	0.167	0.920	9.876	0.002	0.139	0.861	11.000
M2	0.166	0.928	8.826	0.004	0.146	0.854	10.170
M8	0.166	0.929	8.649	0.004	0.103	0.897	8.800

Lambda Wilks: 0.15 F (11,114)= 69.6 P<0.0000

El análisis proporcionó únicamente una raíz discriminante, los valores canónicos (valores propios) de dicha raíz consideran un 100% de separación (Tabla 30), y muestran que las morfometrías que ejercen mayor influencia en la separación de los grupos fueron M10 (Distancia intercefálica posterior, Y1 = -1.811) y M11 (Distancia intercervical anterior, Y1 = 1.7).

Tabla 30.- Valores canónico para morfometría de *Sphyrna lewini* usada en el análisis de discriminantes.

Morfometría	Valor canónico 1 (Y)
M10	-1.811
M11	1.710
M8	-0.898
M3	0.824
M5	-0.792
M2	0.762
M9	-0.660
M6	0.606
M1	-0.339
Valor Propio	5.5
Proporción acumulada	1.0

Debido a que solo se obtuvo un valor canónico de discriminación se presentaron analizaron las distribuciones de los valores de las raíces canónicas por casos (Figura 44).

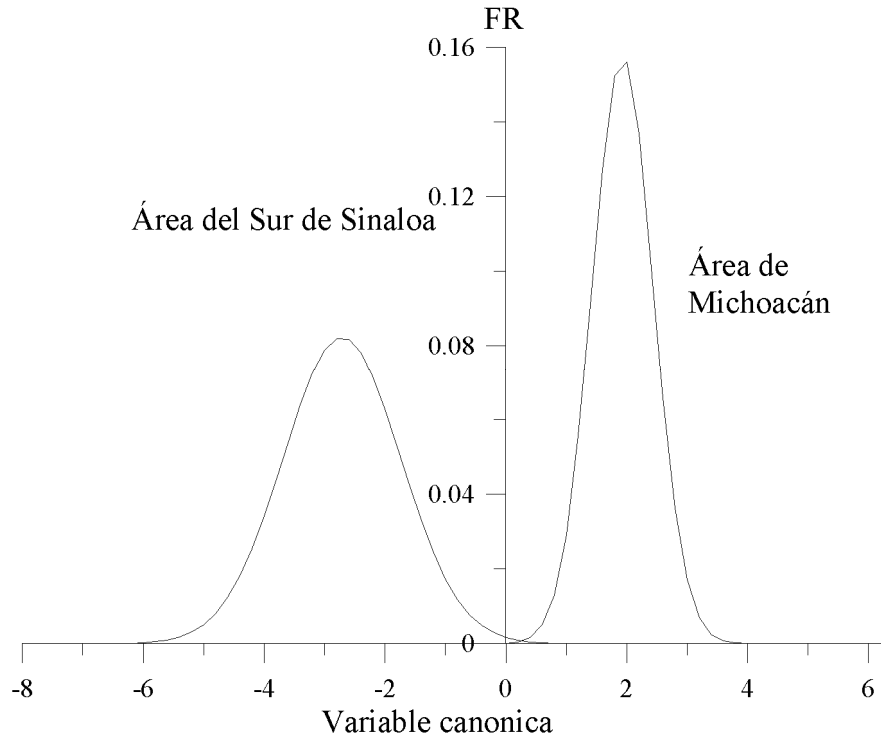


Figura 44.- Grafica de la distribución de los valores de la raíz canónica para *S. lewini* en las dos regiones de estudio.

Las morfometrías M10 y M11 analizadas de manera individual respecto a la longitud precaudal (variable de estandarización) muestran que conforme maduran los individuos del stock del área de Michoacán esta morfometrías son mayores comparadas con la de los individuos del área del sur de Sinaloa ($P < 0.0001$) (Figura 45).

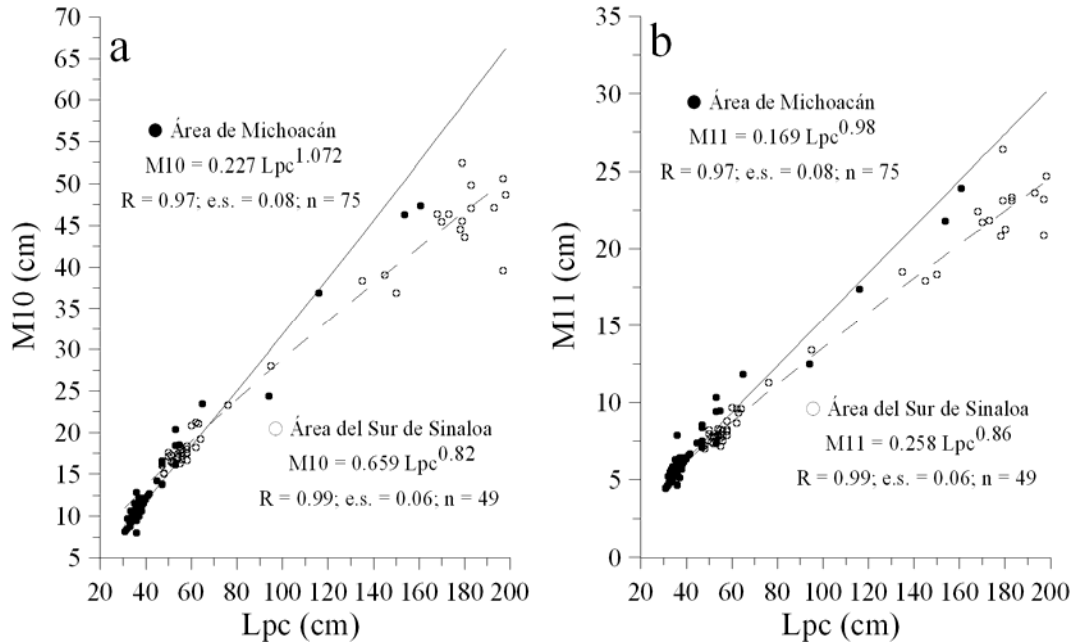


Figura 45.- Relación de las morfometrías 10 y 11 entre la longitud precaudal (Lpc). a, M10 (Distancia intercefálica posterior) y b, M11 (Distancia intercervical anterior).

La predicción en la clasificación de los individuos dentro de las dos áreas de estudio fue de 97.3% para los individuos del área de Michoacán y de 100% para los individuos del área de Sinaloa. Lo anterior da un 98.4% de separación entre las áreas de estudio para la especie.

DISCUSIÓN

El presente trabajo proporciona datos que permiten definir la existencia de clinas poblacionales en ambas áreas de estudio, mismas que evidencian que existen barreras que separan estas áreas como provincias oceanográficas y resaltan la importancia de la realización de estudios regionales que permitan conocer más la biología de las especies de tiburones de México, mismos que pueden servir en los planes de manejo y conservación. Además da una propuesta de regulación pesquera a través de ajustes en la mortalidad por pesca y edad de captura.

Por otro lado, en el presente estudio una de las problemáticas iniciales fue la toma de datos de las pesquerías comerciales debido a las inherentes limitaciones técnicas. La primera limitación se basa en la conservación del producto, si el organismo capturado pasa demasiado tiempo antes de ser enhielado es necesario desanjarlo y eviscerarlo para evitar el amoniácado de la carne por los procesos de descomposición inmediata, este procedimiento hace que se pierda la toma de la longitud total y del peso, así como la valoración de los estados de madurez gonádica. La segunda limitación se da cuando el animal es desembarcado entero y por lo tanto el proceso para la conservación es más rápido. En ambos casos la pérdida de medidas morfométricas y del peso exacto es inevitable. Por lo que se debe tomar fotos de estructuras que operacionalmente sustituyan a todo el cuerpo, pero que conserven parte sustancial del principio biológico de ser un punto de referencia precautorio (Roff Derek, *Com. Pers.* 2002).

Edad y crecimiento

Incremento marginal

La periodicidad semi-anual de aparición de bandas opacas fue similar en ambas áreas dentro de este estudio, coincidiendo con los reportes de Chen *et al.*, (1990), Andrade (1996), y Anislado-Tolentino y Robinson-Mendoza (2001). Sin embargo, los trabajos de de Branstetter (1987) de Schwartz (1983), Rigetty y Castro, (1990) y Piercy *et al.*, (2007)

reportan una banda opaca anual para la misma especie. En algunos estudios, la formación de bandas opacas de crecimiento a través del incremento marginal ha sido estimada anual para la mayoría de las especies de tiburones estudiadas (Schwartz, 1983; Sminkey y Musick, 1995; Conrath *et al.*, 2002). Sin embargo, Campana (2001) realiza una crítica al análisis del Incremento Marginal este tipo de análisis y recomienda un ciclo de dos años que cubran todos los meses del año para validar los resultados, lo que incrementaría los recursos logísticos para el muestreo.

Por otro lado, para este trabajo la periodicidad de los bandas opacas de los tiburones colectados en el área del sur de Sinaloa fue estimada por medio del grado de calcificación del borde vertebral, ya que se encontraron variaciones importantes en los valores del Incremento Marginal que daban la apariencia de una periodicidad anual de formación de las bandas opacas, contrastando con lo expuesto por Officer *et al.*, (1996) quienes durante su estudio de las fuentes de variación en el conteo de bandas opacas de crecimiento en las vértebras del cazón de goma (*Galeorhinus galeus*) encontraron que una de las principales causas de la invalidación del análisis del incremento marginal es la variación entre las distancias del foco de la vértebra a cada banda opaca, el uso en este estudio de la clasificación de la calcificación del borde vertebral se apoya en que no depende de mediciones de longitud y si de las características de la velocidad de depositación del calcio en la vertebra (Yudin y Cailliet, 1990; Ferreira y Vooren, 1991; Officer *et al.*, 1996; Ribot *et al.*, 2005).

La primera banda opaca se forma inmediatamente después de nacer, y se confirmó a través de la revisión de embriones terminales y neonatos, la marca de nacimiento se observó como un cambio de ángulo a lo largo del *corpus calcareum*. Es posible que esta banda opaca se forme si el alimento al ser ingerido promueve un retardo momentáneo del crecimiento, lo suficiente largo para que el nuevo individuo se adecue al medio (Phillips, 1969).

Los posibles factores que influyen en la formación de las bandas opacas semi-anualmente son para la banda opaca de verano, el comportamiento reproductivo, tanto de parto como de apareamiento mismo que implica un alto gasto energético (Wourms, *et al.*, 1988). En los

tiburones inmaduros, la banda opaca de verano puede ser originada por el incremento en el alimento (Yudin y Cailliet, 1990). Por otra parte, la aparición de una banda opaca en invierno puede ser a que el tiburón martillo se mueve junto con el agua cálida. La variación en la temperatura del agua presente en el verano (27 °C para el área de Michoacán y 29 °C para el área sur de Sinaloa) decrece considerablemente durante el invierno (22 °C para el área de Michoacán y 24 °C para el área del sur de Sinaloa). Los movimientos migratorios han sido también reportados para este mismo tiburón en el Golfo de California (Klimley y Brown, 1983). El movimiento del tiburón en aguas cálidas puede causar un retardo en la tasa energética del crecimiento y por otro lado incrementa el gasto energético para la alimentación y regulación de la temperatura (Carey *et al.*, 1982; Yudin y Cailliet, 1990).

Retrocálculo

A pesar de que el análisis de retrocálculo es una de las herramientas ampliamente usado en la estimación de los grupos de edad en los peces, esta se ha enfocado principalmente en los peces óseos (Francis, 1990), en realidad son pocos los trabajos que se han desarrollado con el grupo de los peces cartilaginos, y aun más, no se ha explorado suficientemente una manera de validar este análisis, aun que en los peces óseos existen propuestas de nuevos métodos y algoritmos, sin embargo para los peces óseos solo Fukuwaka (1996) propone la verosimilitud log-normal de suma de cuadrados de las longitudes obtenidas de los diferentes análisis de retrocálculo usados. Para los elasmobranquios, la mayoría de estudios con retrocálculo usan el método de Fraser-Lee (Natanson *et al.*, 2002; Carlson *et al.*, 2003; Santana & Lessa, 2004). En algunos otros trabajos se ha usado el método de Dalh-Lea (Branstetter *et al.*, 1987; Wintner, 2000; Wintner y Cliff, 1999) y solo Goldman y Musick (2006) evaluaron cuatro métodos de retrocálculo para el tiburón atunero (*Lamna distropis*) usando como valor de validez el coeficiente de variación de las curvas de crecimiento. En este trabajo se consideran las propuestas de Fukuwaka (1996) y de Goldman y Musick (2006) y de acuerdo a las propiedades de las distribuciones de las longitudes retrocalculadas se decidió el uso de la verosimilitud del inverso del log-normal de las mismas longitudes retrocalculadas debido a que es la medida más confiable de la variación de los datos, ya que aquí se reduce la incertidumbre con el uso del tamaño del tamaño de

muestra, por lo que la propuesta derivada de este estudio es conveniente evaluar la validez del mismo retrocálculo.

Ecuación de Crecimiento

De los trabajos sobre edad y crecimiento realizados para *Sphyrna lewini*, solo cuatro han separado las curvas de crecimiento en sexos (Chen *et al.*, 1990, Andrade, 1996 y Anislado-Tolentino y Robinson-Mendoza, 2001, Piercy *et al.*, 2007), mientras que cinco han proporcionado las curvas para sexos mancomunados (Holden, 1974; Branstetter, 1987; Righthy y Castro, 1990 y Tapiero *et al.*, 1996) (Tabla 31).

Se puede observar que el valor más bajo de la tasa de crecimiento (K) fue propuesto por Holden (1974) y Branstetter (1987), una revisión crítica sobre los problemas intrínsecos y extrínsecos del trabajo de Holden (1974) pueden ser revisados en los estudios realizados por Castro y Wourms, (1993), Pratt y Casey (1990), Anislado-Tolentino y Robinson-Mendoza, (2001). Por otro lado, Branstetter (1987) no realizó muestreos durante las estaciones crítica como son el verano (época de apareamientos) e invierno y por lo tanto asume un anillo anual. Chen *et al.*, (1990) proporciono el valor más alto de K para las aguas taiwanesas, zona donde la especie es capturada de manera intensiva. Es probable que la población taiwanesa de *S. lewini* presente mecanismos de auto regulación similares a lo observado por Sminkey y Musick (1995) en el tiburón aletas de cartón (*Carcharhinus plumbeus*). Con respecto al trabajo realizado por Piercy *et al.*, (2007) presenta una K para las hembras muy similar a lo encontrado en este trabajo para las hembras del área del sur de Sinaloa y en el caso de los machos a los machos de ambas áreas estudiadas así como con las hembras del área de Michoacán, aun cuando este autor encontró la formación anual de las bandas opacas.

Con respecto a longitud máxima teórica, los trabajos de Righetty y Castro (1990) y de Tapeiro *et al.*, (1996) poseen valores que están por debajo de los 300cm de longitud total, este valor define una subestimación a la tendencia de las tallas reportadas por Compagno (1984) por lo que su veracidad es relativamente baja, mientras que en el trabajo de Andrade

(1996) se encontró que la talla propuesta de 390cm de LT debido a que las muestras provinieron de la pesca de altura y muy probablemente existió una mala identificación de las especies de Sphyrnidos capturados lo que provoca que al ajustar la ECVB la constante de crecimiento se subestime.

Tabla 31.- Resumen sobre los trabajos en edad y crecimiento realizados para *Sphyrna lewini*.

Autor	Localidad	Sexos	Método aplicado	Periodicidad de anillos	L_{∞}	t_0	K	Φ'
Holden, 1974	Inglaterra	Ambos	Empírica	N. A.	309	-1	0.054	3.71
Branstetter, 1987	Atlántico, Carolina, USA	Ambos	Vértebras	Anual	329	-2.2	0.073	3.89
Chen <i>et al.</i> , 1990	Noreste de Taiwán	Hembras		Semi-anual	320	-0.413	0.249	4.41
		Machos		Semi-anual	321	-0.746	0.222	4.36
Rigetty y Castro, 1990	Sinaloa, México	Ambos	Vértebras	Anual	256.41	-1.0029	0.1847	4.08
Andrade, 1996	Pacífico mexicano	Ambos	Vértebras	Semi-anual	380	-0.851	0.2137	4.07
		Hembras			390	-0.722	0.082	4.09
		Machos			389	-0.682	0.083	4.1
Tapiero <i>et al.</i> , 1996	Pacífico colombiano	Ambos	Longitudes	N. A.	294.06	-0.5045	0.1795	4.19
Anislado-Tolentino y Robinson-Mendoza, 2001	Michoacán	Hembras	Vértebras	Semi-anual	353.3	-0.633	0.153	4.28
		Machos		Semi-anual	336.4	-1.091	0.131	4.17
Piercy <i>et al.</i> , (2007)	Nor-oeste del Atlántico y Golfo de México	Hembras	Vértebras	Anual	302	-2.02	0.09	3.9
		Machos			278	-1.62	0.13	4
Presente estudio	Michoacán	Hembras	Vértebras	Semi-anual	358.5	-0.96	0.13	4.2
		Machos		Semi-anual	336	-1.1	0.12	4.2
	Sinaloa	Hembras		Semi-anual	376	-1.16	0.1	4.2
		Machos		Semi-anual	364	-1.18	0.123	4.2

Retomando el supuesto de Taylor (1958, 1960), quien afirma que en las latitudes más lejanas al Ecuador las especies son más grandes y con tasas de crecimiento más pequeñas que las que se encuentran en las regiones más cercanas al ecuador, este supuesto se cumple para la especie en el presente estudio.

Un paso delante de los análisis propuestos fue comparar a las curvas de crecimiento estimadas en este estudio con lo reportado por otros autores para *S. lewini* (Tabla 31) con un análisis gráfico de la auximetría (Pauly y Munro, 1984) con lo que se encontró que la gráfica separa a dos regiones: Océano Pacífico y Océano Atlántico y excluye al trabajo de Rigetty y Castro, 1990 por su bajo valor de L_{∞} y al trabajo de Holden (1974) por su bajo valor en K (Figura 46).

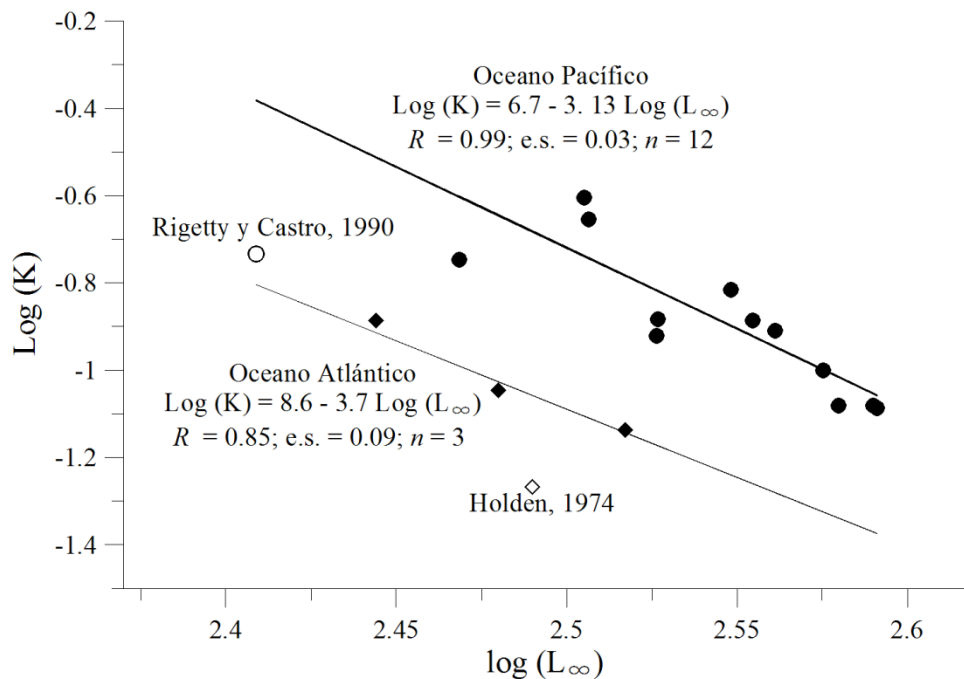


Figura 46.- Gráfica auximétrica para *Sphyrna lewini*.

Índice de crecimiento estándar (ϕ')

La ϕ' (Tabla 31) presento un intervalo de 3.78 a 4.45 con un promedio de 4.12 y una desviación estándar de 0.34, pone de manifiesto que el presente trabajo proporciona

parámetros robustos para la ecuación de crecimiento de la especie para las regiones oceanográficas estudiadas a la curva propuesta por Holden (1974). Así mismo es de suponer que las diferencias encontradas en los trabajos analizados son probablemente debidas a las clinas geográficas de los stocks analizados como ya ha sido documentado por Abercrombie *et al.*, (2005), Duncan *et al.*, (2006), Castillo-Olguín (2005), y Quattro *et al.*, (2006).

Relación entre peso total y longitud total

En este punto se compararon las diferentes ecuaciones (Tabla 32) a través de una tabulación de 50cm a 300cm de longitud total. La relación peso-longitud de esta especie investigada en otras regiones, difieren todas y cada una de ellas, para el caso de los sexos mancomunados ($P=0.001$ y C.V. de 16 a 18% por peso-longitud), donde el trabajo de Kohler *et al.*, (1996) muestra valores de peso por arriba de los estimado para este trabajo en el área de Michoacán, donde a su vez los pesos son mayores que las de los otros trabajos (Tabla 32).

En el caso de las hembras, las diferencias se acrecientan ($P=3.9 \times 10^{-4}$ y C.V. de 27 a 45% por peso-Longitud), muy probablemente esto sea reflejo del factor de atracción en el ajuste de las curvas a determinado intervalo de talla, o al ingreso de datos de hembras preñadas o abortivas, sin descartar las diferencias geográficas.

Para los machos, solo las curvas estimadas por Manjarres *et al.*, (1983) para la costa de Mazatlán, Sinaloa y por Zarate Rustrian (2002) para la costa del Golfo de Tehuantepec salen de la tendencia el primero sobreestima hasta un 25% los valores en cada estimación, mientras que el segundo subestima hasta un 20%. Las demás curvas estimadas para los machos solo difieren a los 50cm de longitud (0.5 Kg con C.V. de 22%), excluyendo esta talla no se encuentran diferencias significativas ($P=0.16$, con un C.V. de 5 a 12 % por cada peso-longitud).

Tabla 32.- Resumen de los trabajos sobre la relación Peso-Longitud realizados para *Sphyrna lewini*.

Autor	Localidad	sexo	a	b
Clarke, 1971	Hawai	Ambos	2.76×10^{-6}	3.07
Manjarres <i>et al.</i> , 1983	Mazatlán, Sinaloa	Hembras	1.90×10^{-6}	3.1559
		Machos	1.4×10^{-6}	3.3028
Branstetter, 1987	Noreste del Golfo de México	Ambos	1.26×10^{-5}	2.81
Chen <i>et al.</i> , 1990	Noreste de Taiwán	Hembras	2.82×10^{-6}	3.129
		Machos	1.35×10^{-6}	3.252
Rigetly y Castro, 1990	Mazatlán, Sinaloa	Ambos	4.49×10^{-6}	3.003
		Hembras	3.37×10^{-6}	3.07
		Machos	2.53×10^{-6}	3.1289
Kohler <i>et al.</i> , 1996	Noreste del Golfo de México	Ambos	7.77×10^{-6}	3.0669
Perez y Vanegas, 1997	Mazatlán, Sinaloa	Ambos	5×10^{-6}	2.9454
		Hembras	8×10^{-6}	2.8323
		Machos	2×10^{-6}	3.1626
Anislado-Tolentino y Robinson-Mendoza, 2001	Michoacán	Hembras	2×10^{-5}	2.8
		Machos	1.05×10^{-5}	2.87
Sarabia y Velásquez, 2002	Mazatlán, Sinaloa	Ambos	5.00×10^{-6}	2.9454
		Hembras	8.00×10^{-6}	2.8323
		Machos	2.00×10^{-6}	3.1626
Zarate Rustrian J. 2002	Golfo de Tehuantepec	Ambos	1.83×10^{-6}	3.134
		Hembras	1.80×10^{-6}	3.135
		Machos	1.85×10^{-6}	3.134
Presente estudio	Área de Michoacán	Ambos	5.17×10^{-6}	3
	Área del sur de Sinaloa	Hembras	4.03×10^{-6}	3
		Machos	4.3×10^{-6}	3

Relación del peso con la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy

De los P_{∞} propuestos para esta especie (Tabla 33), se encontró un coeficiente de variación del 11%, lo que indica que es aceptable decir que el promedio de este valor es de 261 kg con una desviación estándar de 31 Kg, sin embargo para los machos el valor extremo esta

dado por la propuesta de Andrade (1996), excluyendo este valor el coeficiente de variación es de 9% con un promedio de 184 kg y una desviación de 16.5 kg.

Tabla 33.- Resumen de los reportes de P_{∞} estimados para *Sphyrna lewini*.

Autor	Localidad	Sexo	P_{∞} (Kg)
Chen <i>et al.</i> , 1990	Noreste de Taiwán	Hembras	296.56
		Machos	159.88
Andrade, 1996	Pacífico mexicano	Ambos	249.2
		Hembras	282.1
		Machos	249.5
Anislado-Tolentino y Robinson-Mendoza, 2001	Michoacán	Hembras	269.2
		Machos	187
Presente estudio	Área de Michoacán	Hembras	238
		Machos	196
	Área del sur de Sinaloa	Hembras	222
		Machos	193

Aspectos reproductivos

Proporción de sexos

Los estudios realizados en la proporción sexual del tiburón martillo, *S. lewini*, demuestra que esta varía de acuerdo al área donde se capturen. Las hembras son más abundantes en las áreas oceánicas, mientras que los machos dominan en la zona costera (Por ejemplo Klimley y Nelson, 1984; Klimley, 1987; Chen *et al.*, 1988; Lessa *et al.*, 1998). En este estudio, las hembras en la pesca del área del sur de Sinaloa, abundaron solo en Junio de 2003 cuando la pesca se realizó cerca de la Isla Isabel, una zona más oceánica, mientras que los machos abundaron durante noviembre de 2004 debido que la pesca fue más costera y se enfocó a la sierra (*Scomberomurus sierra*), al karateca (*Arius platypogon*) y a la berrugata (*Microlepidotus brevipinnis*).

Madurez sexual

Para las hembras, los reportes de la longitud de madurez sexual van de los 200 a los 309cm de LT (Tabla 34), analizando las tendencias el promedio de esta longitud es de 235cm con una desviación estándar de 34cm, por lo que excluye a las tallas mayores de 269cm, los reportes de Bass *et al.*, (1975), Castro (1993) y Crown *et al.*, (1996), mientras que las tallas estimadas en este estudio se encuentran dentro del intervalo propuesto (201 a 269cm de LT).

Tabla 34.- Resumen de los reportes sobre aspectos reproductivos para *Sphyrna lewini*. Tallas en centímetros.

Talla de nacimiento	Talla de madurez	Fecundidad	Temporada de apareamiento	Periodo de gestación (meses)	Temporada de parto	Área	Autor
38 (A)	240 (H); 180 (M)	-	-	12	-	Inglaterra	Holden, 1974
45 (A)	307 (H); 180 (M)	-	-	-	Verano	KwaZulu-Natal, Sudáfrica	Bass <i>et al.</i> , 1975
38.2 (A)	221 (H); 140 (M)	-	-	-	-	Florida, USA	Dodrill, 1977
38 a 45 (A)	180 (M)	-	-	-	Verano	Florida, USA	Castro, 1983
45 a 50 (A)	250 (H); 180 (M)	-	-	-	-	Golfo de México, USA	Branstetter, 1987
-	217 (B)	-	-	-	-	Golfo de California, México	Klimley, 1987
47 (A)	210 (H); 198 (M)	12 a 38	Julio a Octubre	10	Mayo a Julio	Noreste de Taiwán	Chen <i>et al.</i> , 1988
38 a 45 (A)	274 (H); 140 (M)	20	-	-	-	Florida, USA	Castro, 1993
-	200 (H)	13 a 23	-	-	-	Australia	Last y Stevens, 1994
44.7 (M)	309 (H); 213 (M)	31	-	-	-	Hawai, USA	Crow <i>et al.</i> , 1996
-	220 (H); 180 (M)	4 a 42	-	-	-	Golfo de México, México	Castillo Géniz y Márquez, 1996
41 (F); 43 (M)	232 (H); 173 (M)	19 a 32	-	11	Mayo a Septiembre	Golfo de California, México	Torres Huerta, 1999
35 a 75 (A)	215 (H); 100? (M)	10 a 43	-	-	Mayo a Julio	Golfo de Tehuantepec, México	Soriano Velásquez <i>et al.</i> , 2000
38 (A)	240 (H); 180-200 (M)	-	-	-	-	Noreste de Brasil	Hazin <i>et al.</i> , 2001
36 (H); 37 (M)	215 (H); 176 (M)	6 a 43	-	10 a 12	Mayo a Julio	Golfo de Tehuantepec, México	Campuzano Caballero, 2002
45 a 54 (A)	201 (H); 175 (m)	13-44	Agosto a Octubre	10	Mayo a Julio	Área de Michoacán	Presente estudio
45 a 54 (A)	204 (H); 170 (M)	22- 48	Junio	10 a 11	Junio a Agosto	Área del sur de Sinaloa	Presente estudio

Para los machos, las tallas más pequeñas reportadas (94 centímetros de Lessa *et al.*, 1998 y 100 centímetros de Soriano Velásquez *et al.*, 2000; Tabla 59) fueron registradas para dos individuos con los mixopterígios calcificados y semen en la vesícula seminal, sin embargo no se reportan la condición del rhipidion y de los cartílagos accesorios del mixopterígio. Estos individuos eran probablemente precoces. Quizás los esfuerzos de la pesca en el Brasil y en el Golfo de Tehuantepec son tan intensos que la edad en la población del *S. lewini* está declinando y el éxito reproductivo de los machos más pequeños se está evidenciando, sin embargo aunado a esto se deben de considerar las diferencias geográficas en parámetros de la historia de la vida como otra explicación (Parsons, 1993a y b y Lessa *et al.*, 1998).

Las tallas más grandes en la madurez para los machos (213 centímetros en Hawaii de Crow *et al.*, 1996) fueron registrados en la pesca de altura y por las redes anti-tiburones. Estos tiburones eran los más pequeños capturados debido a la selectividad de las artes de pesca, excluyendo a los individuos menores de 200cm de LT. Las tallas de madurez sexual reportadas para los machos pueden ser consideradas dentro de un intervalo de 140 a 198cm (promedio 173cm, D. S. 19.5cm).

Talla al nacer

Las tallas mínimas reportadas (35 a 38cm de LT, Holden, 1974; Dodrill, 1977; Soriano Velásquez *et al.*, 2000 y Campuzano Caballero, 2002, tabla 59) pudieron pertenecer a embriones abortados ya que en el presente trabajo, algunos embriones de 35 a 46cm fueron considerados como nonatos debido a que se desembarcaron junto con hembras adultas que presentaron la cloaca hemorrágica y restos placentarios. Es posible que en estudios posteriores se considere el analizar los contenidos estomacales e incluso participar en las jornadas de pesca para evitar el sesgo de la pesca, debido a que los nonatos son aprovechados como cazón y en los desembarques se les llama “tripa” ya que son sacados del vientre materno. Sin embargo, la posibilidad de que la variación ontogénica, condiciones medio ambientales y las diferencias geográficas no deben de ser descartadas.

Fecundidad

La fecundidad observada en este estudio (número de embriones por hembra) es muy similar a lo observado en otros trabajos (Tabla 34), sin embargo la tendencia lineal observada en la relación de talla de los embriones terminales con la talla de la madre para el stock del área del sur de Sinaloa no puede ser sustentada del todo, siendo necesario implementar un muestreo en un área más amplia, ya que la ausencia de hembras de primera madurez sexual puede ser un indicador indirecto de que la zona trabajada no esta en la influencia de un área de crianza.

Periodo de gestación, temporada de apareamiento y parto

Para el área del Michoacán de acuerdo con Anislado (2000), el acoplamiento ocurre a partir de agosto a octubre, disminuido gradualmente y no es observado en enero. Sin embargo para el área del sur de Sinaloa, este evento solo fue observado en junio, lo que muestra una diferencia en los tiempos. Estos intervalos son más cortos que lo reportado por Chen *et al.*, (1988) para Taiwán (Tabla 34).

El período de la gestación en este estudio fue calculado de 10 meses para Michoacán y de 10 a 11 meses para el sur de Sinaloa, muy similares a lo encontrado por Chen *et al.*, (1988). Holden (1974), Branstetter (1987) y Campuzano Caballero (2002) estimaron el período de la gestación de un año con un solo pico anual de partos

En este estudio las temporadas de apareamiento difieren por uno dos meses, para el área de Michoacán el acoplamiento ocurre a partir de agosto a septiembre y en el área del sur de Sinaloa se observo en el mes de junio. En este punto solo Chen *et al.*, (1988) menciona que para las aguas de Taiwán este evento ocurre durante los meses de Julio a Octubre.

Las temporadas de parto en este trabajo difieren por un mes en ambas áreas (área de Michoacán durante mayo a julio y en Teacapán, área del sur de Sinaloa durante junio-agosto), estas fechas coinciden con lo reportado por Bass *et al.*, (1975) en Sudáfrica y Castro, (1983) quienes mencionan que este evento se da en verano para el Golfo de

México, los meses de mayo a junio son también propuestos por Chen *et al.*, (1988) para Taiwán, Soriano-Velásquez *et al.*, (2000) y Campuzano-Caballero, (2002) ambos para el Golfo de Tehuantepec, y solo Torres-Huerta (1999) para el Golfo de California da un intervalo más amplio que va de mayo a septiembre.

Lo anterior pone en duda la idea de las grandes migraciones (corridas) ya que los gastos energéticos son altos para el parto en las hembras, sin embargo es necesario un estudio de marcaje y recaptura para dilucidar lo anterior.

Efectividad y selectividad de captura por las diferentes artes de pesca

Efectividad de las artes

En este trabajo se evidencian diferencias en cuánto a la preferencia en el uso de las artes de pesca, en el área de Michoacán se da un mayor uso de la red de 6' y su eficiencia es del 30%, mientras que en el área del sur de Sinaloa, la arte preferida es el palangre cazonero con una eficiencia del 40 %. En ambos casos estas artes además de pescar al tiburón martillo capturan especies de escama fina (lenguados, pargos, chernas, robalos y baquetas entre otros) y otros elasmobranquios con lo que el uso de estas dos artes es más que justificado.

Por lo que respecta a las redes menores de 6' se observo que casi se encuentra en desuso en Michoacán, sin embargo para Teacapán las redes de 3.5' y 4' ocupan el segundo y tercer lugar en uso, con eficiencias del 80 y 70% respectivamente, en ambas localidades las especies objetivo están incluidas en la categoría comercial de segunda y los elasmobranquios capturados son en una gran mayoría inmaduros. Para Teacapán Sinaloa la red de 4' es vital en la pesca dirigida a los ariidos (cuatetes, chihuiles, candoras y bandera) que son altamente comercializables.

Como propuesta de regulación de los artes de pesca para ambas regiones es retirar por lo menos las redes de 3.5' y remplazarlas por redes de 6', y en el caso particular del sur de

Sinaloa es necesario evaluar distintas aberturas de malla para la captura de los ariidos y su influencia sobre los elasmobranquios.

Selectividad de las artes de pesca a la talla de captura

En términos generales, la pesca en ambas áreas de estudio presenta una alta selectividad a tiburones martillo inmaduros (intervalo de 45cm a 160cm de LT. promedio de 60cm de LT), los resultados encontrados en este trabajo concuerdan con lo observado por Saucedo *et al.*, (1982); Manjarres *et al.*, (1983); Sarabia y Velásquez, (2002) y Pérez-Jiménez *et al.*, (2002) para la pesquería de Mazatlán, Sinaloa y por Campuzano-Caballero, (2002) y Soriano-Velásquez *et al.*, (2006) para el Golfo de Tehuantepec.

Sin embargo, se puede apreciar a través del análisis realizado a las tallas capturadas con los palangres en el sur de Sinaloa que esta arte de pesca es la que captura los individuos más grandes (intervalo de 45 a 297cm de LT y promedio de 100cm de LT), y por lo tanto es a la fecha la arte que menos impacta a los stocks en ambas regiones estudiadas.

Mortalidad e índice de explotación

Mortalidad Total (Z)

Para la especie solo se cuenta con el trabajo de Soriano-Velásquez (2006) que proporciona un valor de la mortalidad total (Z) de 0.929 a 1.461 años⁻¹ para el Golfo de Tehuantepec, los valores estimados en este estudio encajan perfectamente en este intervalo, sin embargo es posible afirmar que la mayor presión pesquera se da en el área del sur de Sinaloa (Z = 1.4) donde la pesca es de mayor tradición que en el área de Michoacán.

Mortalidad natural (M)

Una de las problemáticas más relevantes en este punto, es el uso de diferentes modelos, mismos que presentan diferentes postulados en su procedimiento, además que proporcionan valores fijos y sin un valor de la desviación. Con este parámetro queda evidenciada la variabilidad en esta especie (Cortes, 2002), los modelos usados para la estimación de la mortalidad natural usan los valores de las ecuaciones de crecimiento, en esta especie la ecuación de crecimiento más usada es la proporcionada por Branstetter (1987) misma que ha sido revisada en el apartado de edad y crecimiento de la sección de discusiones y que ocasiona una subestimación de la mortalidad.

Los valores difieren en más de un 50% en los reportes que usan los parámetros de entrada de Branstetter (1987) y de Chen *et al.*, (1990), siendo con los valores de los últimos autores donde se encuentra el valor más cercano a lo obtenido en este estudio (Tabla 35), lo anterior hace énfasis en el estudio de revalorar la curva de crecimiento usada para el Océano Atlántico para revalorar este parámetro.

Tabla 35.- Valores estimados de mortalidad natural para *Sphyrna lewini* por varios autores

M (años ⁻¹)	Área de estudio	Parámetros de entrada	Fuente
0.279	Taiwán	Chen <i>et al.</i> , (1990)	Liu y Chen, 1999
0.119		Branstetter (1987)	
0.129	Golfo de California, México	Branstetter (1987)	Marquéz-Farias, 2002
0.186	Golfo de México Pacífico Noroeste	Branstetter (1987)	Cortés, 2002
0.357			
0.131	Golfo de Tehuantepec, México	Branstetter (1987)	Soriano-Velásquez, 2006
0.107	Mundial	Branstetter (1987)	Chen y Yuan, 2006
0.215 ($S_{Ln(M)} = 0.32$)	Áreas del Sur de Sinaloa y de Michoacán	Presente estudio	Presente estudio

Mortalidad por Pesca (F) e índice de explotación (E)

Solo Soriano-Velásquez (2006) proporciono valores de F (0.798 a 1.33 años⁻¹) y E (0.88) para el Golfo de Tehuantepec, que comparados con el presente trabajo son muy similares en ambas regiones, sin embargo el valor de E estimado fue de 0.77 con una $s = 0.1$ valor que se encuentra por debajo del estimado por Soriano-Velásquez (2006).

En todos los valores de mortalidad se pone de manifiesto la importancia de estimar las desviaciones de estos valores, ya que la falta de estudios que proporcionen de manera comparativa estos índices son hasta la fecha escasos.

Rendimiento por recluta

Son pocos los trabajos sobre el tema que se han realizado para elasmobranquios, mismos que deben de ser citados: Olsen, (1959), Kevesten, (1966 a y b), y Grant *et al.*, (1979) para *Galeorhinus australis*; Smith y Abramson, (1990), y Au y Smith, (1997) para *Triakis semifasciata*; Bonfil, (1990) para *Carcharhinus falciformis*; Cortes, (1998) para *C. plumbeus*; Rago *et al.*, (1998) para *Squalus acanthias*; Campana, (2001) y Campana *et al.*, (1999) para *Lamna nasus*; y Anislado (2000) para *Sphyrna lewini*. En todos estos estudios, al igual que en la presente tesis, se ha encontrado que los valores del Y/R más elevados se encuentran en las edades de primera captura cercanas a la primera madurez sexual y a mortalidades por pesca (F) con un intervalo de valores desde F=M en adelante, lo anterior ya había sido propuesto por Huntsman *et al.*, (1983) cuando menciona que las edades de reclutamiento cercanas a la edad adulta producen Y/R altos.

La problemática de este modelo es que no se tienen manera de estimar una F que límite el esfuerzo que se pueda aplicar, sin embargo, Li (1989) realizó una escrupulosa revisión de este análisis, encontrando que con los peces de gran longevidad y madurez sexual tardía, como son los serranidos y lutjanidos, los resultados son confiables y que al ser aplicado a peces de vida corta y alta fecundidad, como sardinas y anchovetas, los errores pueden ser

desastrosos. Es de destacar que Rago *et al.*, (1998) menciona el peligro de provocar un fallo en el reclutamiento, en el caso de *S. acanthias*, debido a la madurez tardía de las especies. Todo esto pone de manifiesto que debe de tenerse precaución con el uso de este análisis considerando la viabilidad de su uso al contrastar los puntos de referencia precautoria (PRP) que incluyen la fecundidad y longevidad de las especies investigadas. En el caso del tiburón martillo (*Sphyrna lewini*) al presentar la estrategia poblacional K (Compagno, 1990), hacen a esta especie un buen candidato para esta metodología, pero a la vez muy susceptible de presentar una falla en el reclutamiento.

Análisis demográfico

Dentro de los estudios demográficos realizados para la especie (Tabla 36) se encuentra que la incertidumbre es generada principalmente por las diferencias en los valores de la mortalidad natural, la longevidad, edad de madurez sexual, fecundidad y periodos de expulsión de crías. Tomando como ejemplo la longevidad, es de interés observar que mientras un solo trabajo del Golfo de México (Branstetter, 1987) ha servido para mostrar varios escenarios de pesca, donde la longevidad es de 17 a 22 años (Cortés, 2002), cuando en su trabajo Branstetter (1987) menciona la falta de animales de longitudes mayores a 250cm de longitud total en su muestreo, mientras que Liu y Chen (1999) y Chen y Yuan (2006) estiman una longevidad de 35 y 39 años respectivamente, para la población estudiada por Branstetter (1987), si ha esto se le añade las diferencias en la longevidad presentadas por Chen *et al.*, (1998) de 15 años y de Soriano- Velásquez *et al.*, (2000) y del presente trabajo de 22 a 29 años, se puede observar que las diferencias entre la longevidad a partir de la propuesta de Branstetter (1987) es una mala interpretación de los datos expuestos en dicho trabajo.

Por otro lado y de manera operativa se puede observar una gran diferencia en los periodos de partos derivados de los trabajos de los estudios en Taiwán (Liu y Chen, 1999 y Chen y Yuan, 2007) e incluso la extrapolan hacia la población del Golfo de México. Los estudios realizados en el Pacífico han demostrado que los partos se dan de manera anual (Anislado, 2000, Campuzano Caballero, 2002, Soriano-Velásquez *et al.*, 2000).

Reconsiderando la fórmula para determinar la tasa neta reproductiva como la suma del producto de la fertilidad con la sobrevivencia a través del tiempo de vida promedio de la especie, se puede observar el impacto de la variabilidad en la longevidad y en los periodos de partos, mismos que no son cambios lineales sino potenciales.

Tabla 36.- Resumen de los estudios demográficos realizados para *S.lewini*.

Área	Método	M _{cte}	M ₀	M _{1-∞}	t _{max}	t _{mad}	F (reg.lin)		F	PP	r	R ₀	Autor
							a	b					
PNO	TV ¹		0.558	0.279	15	5			12.9	B	0.205	4.74	Liu y Chen,
PNO	TV ¹	0.279			15	5			12.9	B	0.242	6.26	1999
PNO	TV ¹		0.558	0.279	15	5	-26.1	0.18	6 a 19	B	0.153	3.6	
NOGM	TV ²		0.238	0.119	35	5			12.9	B	0.172	7.86	
NOGM	TV ²	0.119			35	5			12.9	B	0.182	8.85	
NOGM	TV ²		0.238	0.119	35	5	-26.1	0.19	6 a 19	B	0.196	6.4	
GT	TV ³	0.131			23	5	-37.8	0.21		A		19.4	Soriano- Velásquez, et al., 2000
											0.25		
NOGM	E					15			23				Frisk <i>et al.</i> , 2001
											0.16		
NOGM	TV ²	0.105			17	15			30	a	A		Cortés, 2002
									40			0.083	
PNO	TV ¹	0.235			14	4.1			12	a	A		
									38			0.47	
NOGM	TV ¹	0.107			39	12			1.8	A	0.086	4.67	Chen y Yuan, 2006
AM	ML ⁴	0.215			22	6	-15.8	0.19	16	a	A		Presente estudio
									28			0.365	
ASS	ML4	0.215			29	7	-11.5	0.17	12	a	A		19.4
									27			0.3	

PNO, Pacífico noreste; NOGM, Noroeste del Golfo de México; GT, Golfo de México; AM, área de Michoacán; ASS, área del sur de Sinaloa; TV, tablas de vida; E, modelo de Jennings *et al.*, 1996; ML, matriz de Leslie; Parámetros de la ecuación del crecimiento: ¹ Chen *et al.*, 1998; ² Branstetter, 1987; ³ Anislado, 1995; ⁴Presente estudio; M_{cte}, mortalidad constante; M₀, mortalidad a la edad 0; M_{1-∞}, mortalidad de la edad 1 en adelante; t_{max} longevidad; t_{mad}, edad de madurez; F (reg. lin) fecundidad que incrementa con la talla (debe de ser dividida entre dos), a ordenada y b pendiente; F, fecundidad constante; PP, periodos de partos: B, semi-anual y A, anual; r, tasa intrínseca de incremento poblacional; R₀, tasa neta reproductiva.

De lo anterior surge la necesidad de que se reconsideren los estudios regionales que satisfagan los postulados para este análisis sin la incorporación de supuestos que ingresan datos de otras regiones, por lo que los datos derivados de este trabajo cuentan con la virtud de ser obtenidos para cada región de estudio, y demuestran que existen diferencias regionales para cada stock.

El análisis de las elasticidades mostró que la parte poblacional más frágil de *S. lewini* se encuentra en los juveniles, esto se cumple tanto para el área de Michoacán ($e_j = 53\%$) como para el área del sur de Sinaloa ($e_j = 56.7\%$), estos valores son muy cercanos a lo reportado por Cortés, (2002) quien reporta para el Pacífico nor-oriental valores de $e_j = 53.5\%$ y 82.1% para el noroeste del Golfo de México, de la misma manera Frisk *et al.*, (2004) para el Golfo de México determina una elasticidad en los juveniles del 43% estimado resaltando la fragilidad de los juveniles de esta especie. Los adultos son la segunda parte de la población en fragilidad (12 a 31%) y la fecundidad presenta una elasticidad de 6 a 15% , lo que puede ser aprovechado para justificar las medidas de regulación aplicadas a evitar el aleteo y la pesca en las áreas de crianza protegidas tal como ya había sido propuesto por Applegate *et al.*, (1993) tres años antes de que iniciaran los trabajos de la NOM-029-PESC-2006 (SAGARPA, 2007).

Cortes en 2000, realizó el análisis de componentes principales y cluster de la historia de vida de 40 stocks de tiburones, encontrando que se pueden catalogar tres grupos de tiburones de acuerdo a su fecundidad, longevidad, longitud máxima, edad de madurez y tasa de crecimiento individual (Tabla 37), destacando el primer grupo donde se incluyeron a *S. lewini*, *Mustelus artarcticus*, *Prionace glauca*, *Galeocerdo cuvier*, *Triakis semifasciata* y *Galeorhinus galeus*, lo que pone de manifiesto la importancia de la fecundidad, edad de madurez y longevidad en las historias de vida de las especies.

Tabla 37.- Clasificación de las diferentes especies de tiburones en tres grupos de acuerdo a Cortés, (2000). K, constante de crecimiento de von Bertalanffy

Parámetro	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Fecundidad (crías)	41 (31 a 135)	10 (2 a 14)	8 (5 a 15)
Longevidad (años)	17 (9 a 53)	22 (14 a 39)	9 (4.5 a 22)
Longitud máxima (cm)	244 (155 a 450)	371 (234 a 640)	152 (78 a 247)
Longitud de madurez (cm)	139 (120 a 178)*	85 (62 a 174)	35 (24 a 67)
K (años ⁻¹)	0.11 (0.07 a 0.25)	0.08 (0.04 a 0.12)	0.21 (0.11 a 1.01)

* Se añadieron 100cm ya que probablemente existe un error de tipografía

Puntos de Referencia Biológico-Precautorios (PRB-P)

De todas las simulaciones para estimar los PRB-P, el mejor escenario se da con la estrategia $F \approx M$, que es el mínimo probable de ser implementado, toda vez que las edades de captura son muy difíciles de modificar, ya que en el caso de *Sphyrna lewini*, los neonatos son capturados en todos los artes de pesca. Considerando entonces que la eliminación de artes de pesca menores de 4 pulgadas de abertura de malla y una veda espacio-temporal durante la época de partos mostrara sus efectos en las poblaciones hasta por lo menos una década (un tiempo generacional) el escenario óptimo de pesca es con mortalidades por pesca cercanas a la mortalidad natural, donde se permita que la edad de primera captura sean desde neonatos. De acuerdo a lo encontrados en este estudio el PRB-P $F=M$ permitirá que los stocks dupliquen su tamaño poblacional (T_{x2}) a los seis años en el área de Michoacán y a los nueve años en el área del sur de Sinaloa, manteniendo una tasa neta reproductiva (R_0) de dos crías hembras que remplazan a cada madre con incrementos poblacionales anuales de (r) de 13.3 % para el área de Michoacán y 8% para el área del sur de Sinaloa. Las únicas simulaciones para obtener un escenario ideal de pesca para esta especie las realizó Liu y Chen (1999) concluyendo que un escenario muy similar a la $F=M$ puede proporcionar una duplicación del stock en un intervalo de tiempo de cuatro a seis años, con un incremento poblacional anual de 11 a 17%, con una edad hipotética de captura de cinco años.

Si bien los trabajos de Cortés, (1998), Márquez y Castillo (1998), Musick (1999), Brewster-Geisz y Miller (2000) y Bolfil (2004), entre otros, destacan la necesidad de una protección en los juveniles y una pesca de organismos adultos, Larkin (1977) y Applegate (1993) ya lo habían mencionado para todas las especie marinas, incluyendo a los elasmobranquios.

Para entender la magnitud de la problemática que se enfrenta al instaurar una política de regulación pesquera, es necesario introducirse a los planos del comercio interno y externo, donde la demanda de los productos y subproductos, e incluso las tallas y sexos de algunas especies hacen la diferencia entre el recurso y su producción (explotación). Sus cambios estacionales y la competencia con otros recursos alimenticios modifican la misma dinámica pesquera, por ejemplo, un mes antes de la Semana Santa los pescadores van por escama fina, dejando a un lado la pesca de elasmobranquios, los que son capturados dentro de este periodo son considerados pesca de acompañamiento, sin embargo durante los meses previos al fin de año se capturan tiburones para el salpreso que sustituye a el bacalao navideño. Un caso observado de manera secundaria y que toma importancia hasta el momento de escribir estas líneas es que desde 2003 en el puerto de Lázaro Cárdenas, así como en las ciudades de Morelia, Uruapán y Patzcuaro, en el estado de Michoacán, las cadenas de tiendas comerciales importaron carne de cazón y tiburón de Chile y Guatemala, mientras que la pesca de este recurso en la costa del mismo estado fue disminuyendo debido a que el esfuerzo pesquero (artes de pesca) fue dirigido a la pesca de escama, mostrando de manera indirecta la importancia del mercado en la manera de explotar los recursos naturales. Por otro lado, la pérdida de hábitat que se ha sufrido en ambas áreas, por ejemplo el rellenado de los manglares ocurrido en 2004 en el puerto de Lázaro Cárdenas, Michoacán y el cierre de la boca de Chametla, en el estado de Nayarit, entre el límite de sur de Sinaloa, ha demostrado que la disminución de la abundancia de los recursos demersales de las regiones afectadas son el resultado directo de la pérdida de hábita, tal como ha sido demostrado en la región de Rife, Brasil (Discovery Channel, 2006).

Análisis de la morfometría geométrica

Las diferencias morfométricas encontradas en este estudio (M10, distancia intercefálica posterior y M11, distancia intercervical anterior), pueden encontrar su origen en diferencias oceanográficas de las dos áreas estudiadas en este estudio, si se considera que:

- 1) Las aletas cefálicas de los sphyrnidos son una adecuación para aumentar el área de las ámpulas de Lorenzini y de las rosetas olfativas (Kajiura, 2001).
- 2) la búsqueda de alimento y de parejas reproductivas es uno de los factores que potencializan los cambios morfológicos entre ellos los músculos que ayudan al movimiento.
- 3) Los sphyrnidos, la capacidad de maniobra en el nado es mayor que en otros grupos de tiburones, así mismo son el único grupo que posee músculos hipoaxiales que son los responsables de este nado (Nayaka, 1995)

Por lo que no es aventurado entonces a afirmar que las dos regiones de este estudio influyan de manera especial en estos músculos. Otra de las posibles causas de estas diferencias poblacionales de *S. lewini* en la regiones estudiadas es la filopatría, definida como la tendencia a regresar a las regiones de alimentación y reproducción y que puede sustentar la teoría de la Conducción Sensorial de Boughman (2002) quien postula que la reproducción esta basada en procesos sensoriales (como el olfato, tacto y visión), mismos que son afectados si las regiones difieren en sus parámetros físico-químicos, ya que la transmisión de señales (como feromonas, patrones de coloración y cortejo) se vera modificada y por ende se deberán de adecuar los individuos a estas características, sirviendo como pivote para la especiación.

En los peces óseos, los procesos evolutivos son más rápidos ya que en la mayoría de especies los ciclos de vida son relativamente cortos en comparación de los elasmobranquios, es en ellos donde las clinas poblacionales son más evidentes. Ejemplo de lo anterior se observa en especies de la costa occidental de la península de California y del Golfo de California como son la macarela (*Scomber japonicus*, Gluyan-Millan y Quiñones-

Velásquez, 1996), el mero pinto (*Paralabrax Maculofasciatus*, Tranah y Allen, 1999; Stepien *et al.*, 2001).

Los pocos trabajos que implican la presencia de clinas poblacionales abarcan al tiburón pala (*Sphyrna tiburo*) que en la costa de Florida ha demostrado la presencia de diferencias en sus historias de vida (Cortés y Parsons, 1995; Lombardi-Carlson *et al.*, 2003), así mismo, Yamaguchi *et al.*, (2000) encontraron diferencias poblacionales en cinco localidades entre Japón y Taiwán para el cazón mamón (*Mustelus manazo*) enfatizando que aparte de las diferencias físico-químicas, la diferencia en la disponibilidad del alimento es la clave de la presencia de las clinas. Sin duda es necesario retomar la ley de Taylor (1958, 1960) que afirma que en las latitudes más lejanas al Ecuador las especies son más grandes, más longevas, con tasas de crecimiento más pequeñas y edades de madurez más tardías que las que se encuentran en las regiones más cercanas al Ecuador.

Recientemente Quattro *et al.*, (2006) y Duncan *et al.*, (2006) han encontrado diferencias genéticas entre los stocks de *S. lewini* en varias regiones del mundo, e incluso los primeros autores demuestran la existencia de una especie críptica de este tiburón en el Nor-Atlántico del Golfo de México. Castillo-Olguín (2005) demostró que existen diferencias genéticas entre los stocks de la Boca del Golfo de California, de la costa de Nayarit y del Golfo de Tehuantepec.

CONCLUSIONES

- 1) El análisis de recuperación de datos en organismos descabezados demostró que la relación entre la longitud precaudal y la longitud total deben de ser considerarse de manera regional a causa de las diferencias entre ambas áreas de estudio.
- 2) La mejor relación para la recuperación de datos de individuos descabezados de *S. lewini*, es la relación entre la longitud alternativa y la longitud total, ya que no se presentaron diferencias entre ambas áreas de estudio.
- 3) Se encontró una mayor explotación en el área del sur de Sinaloa en comparación con el área de Michoacán, debida al mayor esfuerzo pesquero aplicado en la primera área.
- 4) La Mejor técnica para observar las bandas opacas (BOs) en el borde vertebral para la especie fue el Rojo de Alizarina S con un índice de precisión (D) de 5.29.
- 5) La periodicidad de formación de las BOs se delimito de acuerdo a su incremento margina para Michoacán y a su grado de calcificación para Sinaloa, encontrando que en ambos casos se forma una marca al momento de nacer y posteriormente se forman dos BOs al año: La primera BO se forma en el periodo de junio-julio para el área de Michoacán mientras que para el área del sur de Sinaloa en Julio-Agosto, y la segunda BO se forma en el periodo de noviembre-diciembre en ambas localidades, influenciadas principalmente por las temperaturas.
- 6) Se encontró que para el área de Michoacán, el retrocálculo BPH-no lineal para las hembras y el SPH-lineal para los machos presentaron los mejores ajustes, mientras que para el área del sur de Sinaloa, el modelo de Fraser-Lee se ajusto tanto para hembras como para machos.

- 7) Las ecuaciones de crecimiento (ECVB) estimadas fueron para el área de Michoacán: $LT = 358.5 (1 + e^{-0.13 (t+0.96)})$ para las hembras y $LT = 336 (1 + e^{-0.12 (t+1.1)})$ para los machos, mientras que para el área del sur de Sinaloa fueron: $LT = 376 (1 + e^{-0.1 (t+1.16)})$ para las hembras y $LT = 3364 (1 + e^{-0.123 (t+1.18)})$ para los machos, presentando diferencias significativas en todas sus posibles combinaciones ($P < 0.001$).
- 8) La edad de los ejemplares más grandes colectados para este trabajo sería de 20 años (335cm) para las hembras y de 11.5 años (260cm) para los machos del área de Michoacán, mientras que para el sur de Sinaloa serían de 13.5 años (288cm) para las hembras y de 11 años para los machos (281cm).
- 9) La longevidad estimada para sería de 22 años para las hembras y de 24 años para los machos del área de Michoacán, mientras que para el sur de Sinaloa serían de 29 años para las hembras y de 23 años para los machos.
- 10) El índice de crecimiento estándar (Φ') presentó valores de 4.2 con una desviación de 0.04.
- 11) La relación peso longitud no mostro diferencias significativas entre los dos sexos de la costa de Michoacán ($P = 0.26$) mientras que en el caso del sur de Sinaloa si existieron diferencias significativas ($P < 0.001$), en los tres casos las curvas fueron isométricas.
- 12) La ECVB en peso presentó valores de P_{∞} de 238kg para las hembras y de 196kg en los machos del área de Michoacán y de 222kg para las hembras y 193kg para los machos del área del sur de Sinaloa.
- 13) Las proporciones sexuales fueron de 1:1 (hembras: machos) en todos los estados ontogénicos y en ambas áreas, excepto durante junio cuando los machos superan en número a las hembras y aparecen las señales de apareamiento.

- 14) Las hembras maduran a los 201cm (5.5años) y los machos a los 170cm (5años) en a el área de Michoacán, y para el área del sur de Sinaloa, las hembras maduran a los 204cm (7años) y los machos a los 175cm (4años).
- 15) Las tallas de nacimiento estimadas no difirieron entre las áreas estudiadas ($P = 0.94$), presentando un intervalo de 45 a 54cm. de longitud total (LT).
- 16) La fecundidad presentó relaciones lineales entre la longitud de la madre y el número de crías a parir (NC), para el área de Michoacán la función fue $NC = -11.52 + 0.166LT$, con un intervalo de 20 a 40 crías, mientras que para el área del sur de Sinaloa fue $NC = -15.8 + 0.19LT$, con un intervalo de 20 a 48 crías.
- 17) El tiempo de gestación estimado fue de 10 a 11 meses.
- 18) Debido al tamaño de muestra no se pudo estimar los periodos de partos y apareamientos para Michoacán, mientras que para el área del sur de Sinaloa los apareamientos se observaron en junio y los partos en agosto.
- 19) La mayor efectividad de captura para el área de Michoacán, se presentó en la red de seis pulgadas de abertura de malla (68%) y con el palangre cazonero (22%), y para el área del sur de Sinaloa la mayor efectividad la presentaron las redes de 3.5 y 4 pulgadas de abertura de malla (70% aproximadamente) seguida por el palangre a la deriva (60%).
- 20) La selectividad del arte de pesca a la talla no mostro diferencias significativas entre los artes de pesca usados en Michoacán ($P = 0.6$) capturando organismos de los 45 a 281cm con un promedio de 55cm), mientras que para el área del Sur de Sinaloa, se presentaron diferencias significativas entre redes y palangres ($P < 0.01$): las redes capturan organismos con un intervalo de 45 a 102cm con un promedio de 55cm, y los palangres pescan tiburones de 45 a 288cm con un promedio de 100cm de LT.

- 21) La mortalidad total (Z) presentó diferencias significativas entre las áreas de estudio, 1.25 años⁻¹ para el área de Michoacán, y de 1.4 años⁻¹ para el área del sur de Sinaloa.
- 22) La mortalidad natural (M) no presentó diferencias significativas entre sexos y áreas ($P = 0.13$), ostentando un promedio de $M = 0.215 \pm 0.04$ años⁻¹.
- 23) La mortalidad por pesca (F) presentó diferencias significativas entre las áreas ($P < 0.01$) $F = 1.0$ años⁻¹ ($s = 0.12$ años⁻¹) para Michoacán y de 1.13 años⁻¹ ($s = 0.102$ años⁻¹) para el sur de Sinaloa.
- 24) Los valores del índice de explotación (E), no presentó diferencias significativas ($P = 0.3$) dando un promedio de 0.77 ($s = 0.1$), que indica una sobrexplotación del recurso.
- 25) El análisis de rendimiento por recluta $\left(\frac{Y}{R}\right)$, muestra a una especie que si bien llega a pesar más de 100 kg los valores de $\frac{Y}{R}$ no sobrepasan lo 12 kg.
- 26) En las condiciones de pesca actual el $\frac{Y}{R}$ presenta diferencias significativas debida a sus varianzas, sin embargo en términos generales se puede sostener que los valores estimados para el área de Michoacán y en los machos del sur de Sinaloa presentan $\frac{Y}{R}$ de 2kg/recluta aproximadamente, mientras que las hembras del sur de Sinaloa proporcionan 1.3 kg/recluta.
- 27) Por medio de los contornos de producción se observa que el stock del área de Michoacán es más productivo que el stock del área del sur de Sinaloa y que la asíntota de las curvas eurimétricas se encuentra en las edades de primera madurez sexual de cada stock.
- 28) Los valores demográficos obtenidos fueron: $r = 0.365$, $R_0 = 22.4$ hijas por madre, tiempo generacional (T) = 8.6 años, Tiempo de duplicación de la población (T_{x2}) = 1.9

años para el stock de Michoacán, mientras que para Sinaloa fueron: $r = 0.3$, $R0 = 19.4$ hijas por madre, $T = 10$ años, $Tx2 = 2.3$ años.

- 29) Por otro lado, las elasticidades en la sobrevivencia (e_s) fue de 13.3% para neonatos, 53.1% para juveniles y 20.3% en adultos de Michoacán y para Sinaloa de 11.34% para neonatos, 56.7% para juveniles y 20.62% para adultos.
- 30) Así mismo los valores de la elasticidad en la fertilidad (e_F) fueron de 13.3% para Michoacán y de 11.34% para Sinaloa.
- 31) De acuerdo a el análisis de los puntos de referencia biológico-precautorios (PRB-P) y de las isóneas de la tasa intrínseca de crecimiento poblacional (r), se observó que el mejor escenario de explotación se da con el PRB-P definido como $F = M$, donde $F \approx 0.2$ con una edad de primera captura de cero hasta la edad de primera madurez sexual.
- 32) Los análisis estadísticos muestran diferencias significativas en la mayoría de los parámetros que van de $P = 1.3 \times 10^{-4}$ para el crecimiento hasta una $P = 1.87 \times 10^{-7}$ en el caso de la M.
- 33) El análisis de la morfometría geométrica, mostro que existen diferencias significativas entre los stocks de las áreas estudiadas a un 98.4 % de confianza según el análisis de discriminantes y muestra que las morfometrías que ejercen mayor influencia en la separación de los grupos fueron M10 (Distancia intercefálica posterior, $Y1 = -1.811$) y M11 (Distancia intercervical anterior, $Y1 = 1.7$).
- 34) Se deduce que los esfuerzos en los mecanismos de regulación pesquera deberán de ser regionales, debido a la clina poblacional comprobada en este estudio

LITERATURA CITADA

- Abercrombie D. L., Clarke S. C., y. Shivji M., S., 2005. Global-scale genetic identification of hammerhead sharks: Application to assessment of the international fin trade and law enforcement. *Conservation Genetics*. 6: 775–788.
- Acuña, E., L. Cid., E. Pérez., I. Kong., M. Araya., J. Lamilla, y J. Peñailillo., 2001. *Estudio biológico de tiburones (marrajo dentado, azulejo y tiburón sardinero) en la zona norte y central de Chile*. Subsecretaría de Pesca. Chile. 128 pp.
- Álvarez J. R., 1977. *Enciclopedia de México*. Ed. México Vocablo de Michoacán. 2da Edición. México.
- Alverson D. L., y M. J. Carney., 1975 A Graphic review of the growth and decay of population cohorts. *J. Cons. Int. Explor. Mer.* 36 (2): 133-143.
- Anderson E. D. S., 1990. Fishery models as applied to elasmobranch fisheries. In: H. L. Pratt Jr., S. H Gruber., y T. Taniuchi (Eds.), 1990. Elasmobranch as living resources: Advances in the biology, ecology, systematics, and status of the fisheries. p: 473-484. U.S. Dep. of Commerce. *NOAA. Technical Report. NMFS.90*.
- Andrade G. Z., 1996. Determinación de edad y crecimiento en vértebras del tiburón cornuda, *Sphyrna lewini*, del Pacífico mexicano (1992-1994). *Tesis de Biología*, Facultad de Ciencias, Universidad de Guadalajara, México.
- Anislado Tolentino V., 1995. Determinación de la edad y crecimiento del tiburón martillo, *Sphyrna lewini*, (Griffith y Smith, 1834) en el Pacífico Central mexicano. *Tesis de Licenciatura en Biología*. Facultad de Ciencias. UNAM. 64 p.
- Anislado Tolentino V., 2000. Ecología pesquera del tiburón martillo, *Sphyrna lewini* (Griffith y Smith, 1834) en el Litoral del Estado de Michoacán, México. *Tesis*

Postgrado. M. en C. (Biología de Sistemas y Recursos Acuáticos). Facultad de Ciencias UNAM. 142 p.

Anislado Tolentino V., 2004. *Reporte técnico del segundo crucero de prospección de los recursos pesqueros demersales y pelágicos, en la costa de Michoacán, a bordo del B/M Jurel XV, durante los días del 19 al 29 de Mayo de 2004*. SAGARPA (INP), Gobierno del Estado de Michoacán (Comisión Estatal de Pesca)., Pesca y Productos Procesados Marinos. S. A. de C. V. (Mazatlán, Sin). In-paginado.

Anislado Tolentino V. y Robinson Mendoza C. 2001. Edad y crecimiento del tiburón martillo, *sphyrna lewini* (Griffith y Smith, 1834) en el Pacífico Central Mexicano. *Ciencias Marinas*.27 (4): 501-520.

Anónimo., 1963. *Derrotero F. H. N. 102. Costas sobre el Océano Pacífico de México, América Central y Colombia*. Dir. Gral. de Faros e Hidrología. Secretaría de Marina. México D. F. 267 p.

Anthony V. C. 1982. The calculation of F0.1: a plan for standardization. *NAFO SCR. Doc. 82/VI/64 Ser. No. N557*: 15p.

Applegate P. S., F. Sotelo-Macías., y L. Espinosa Arrubarrena., 1993. An overview of Mexican shark fisheries, with suggestion for shark conservation in Mexico. *U. S. Dep. Commer. NOAA. Technical Report. NMFS 115*: 31-37.

Applegate P. S., L. Espinosa Arrubarrena, L. Menchaca López. y F. Sotelo- Macias., 1979. *Tiburones mexicanos*. SEP. México 146p.

Araya, M., y L. Cubillos., 2001. El análisis retrospectivo del crecimiento en peces y sus problemas asociados. *Revista Chilena de Historia Natural*. http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-65382002000200010&lng=es&nrm=i

- Au David W., y S. E. Smith., 1997. A Demographic Method with Population Density Compensation for Estimating Productivity and Yield per Recruit of the Leopard Shark (*Triakis semifasciata*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*. 54: 415-420.
- Bagenal T. B., 1966. A short review of fishes fecundity pp 89-111. *In*: S. D. Gerking (Ed.), *The Biological Basis of Freshwater Fish Production*. Blackwell Scientific Publication. Oxford.
- Baranov F. I., 1918. On the question of biological basis of fisheries. *Nuchn. Issled. Ikhtiol. Inst. Izv. 1: 81-128* (Resumen en ingles, texto en ruso).
- Barreto H.y Howland F. 2006. *Introductory Econometrics via Monte Carlo Simulation with Microsoft Excel*. With a CD program. Cambridge University Press. NY. USA. 753 p.
- Bass A. J., J. D'Aubrey., y N. Kistnasamy., 1975. Sharks of the east coast of southern Africa. III.- The families Carcharhinidae (excluding *Mustelus* and *Carcharhinus*) and Sphyrnidae. *Investigation Reports in Oceanographic Researches Institute*. 38: 1-100.
- 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 Science*. 38: 982-983.
- Bertalanffy L. von., 1938. A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws II). *Human. Biol.* 10: 1981-213.
- Beverton R. J. H., y S. J. Holt., 1956. A Review of methods for estimating mortality rates in fish populations with special references to sources of bias in catch sampling. *Rapp. P. V. Réun. Cons. Int. Explor. Mer.* 140: 67-83.

- Beverton R. J. H., y S. J. Holt., 1957. On the dynamics of exploited fish populations. *Fish. Invest. Ser.2.* (19): 1-533.
- Bonfil S. R., 1990. Contribution to the fisheries biology of the silky shark *Carcharhinus falciformis* (Bibron, 1839) from Yucatan, Mexico. *M. Sc. Thesis.* School of the Biological Science. U.C.N.W. Bangor. 77 p.
- Bonfil S. R., 1994. Overview of world elasmobranch fisheries. *FAO. Fisheries technical paper.* 341.119 p.
- Bonfil. S. R., 1997. Status of sharks resources in the southern Gulf of Mexico and Caribbean: implications for management. *Fisheries Research.* 29: 101-107.
- Bonfil R., R. Mena. y D. De Anda., 1993. Biological parameters of commercially exploited silky sharks, *Carcharhinus falciformis*, from the Campeche Bank, México. 73-85 p. In: Conservation biology of elasmobranchs. (Ed. Branstetter Steven). U.S. Dep. Commer. *NOAA. Technical Repot. NMFS.* 115.
- Booke H. E., 1981. The conundrum of the “stock” concept - Are nature and nurture definable in fishery science?. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science.* 38: 1479-1480.
- Bookstein F. L., 1991. *Morphometric tools for landmark data: geometry and biology.* Cambridge University Press. 435 p.
- Boughman J. W., (2002). How sensory drive can promote speciation. *Trends in Ecology & Evolution* 17: 571-577, 2002.
- Branstetter S. D., 1987. Age, growth and reproductive biology silky shark, *Carcharhinus falciformis* and scalloped hammerhead, *Sphyrna lewini*, from the northwestern Gulf of Mexico. *Environmental of Biology of Fishes.* 19(3): 161-173.

- Branstetter S. D., J. A. Musick, & J. A. Colvocoresses, 1987. A comparison of the age and growth of the tiger sharks, *Galeocerdo cuvieri*, from off Virginia and from the Northwestern Gulf of Mexico. *Fishery Bulletin*. 85 (2): 269-276.
- Briggs John C., 1974. *Marine zoogeography*. McGraw-Hill, New York.
- Briggs John C., 1995. *Global Biogeography*. Elsevier Science. Amsterdam, Países Bajos (Holanda). 452 p.
- Brusca R. C. y B. R. Wallersstein, 1979. Zoogeographic patterns of ideoteid isopods in the northeast Pacific, with a review of shallow water zoogeography of the area. *Bulletin Biology Society of Washington*. 3: 67-105.
- Cadrin S. X., 2000. Advances in morphometric identification of fishery “stocks. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. 10: 91-112.
- Cadrin S. X., y K. D. Friedland., 1998. The utility of image processing techniques for morphometric analysis and “stock” identification. *Fisheries Research*. 43 (1-3): 129-139.
- Cailliet G. M., 1992. Demography of central California population of the leopard Shark (*Triakis semifasciata*). *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*. 43: 183-193.
- Cailliet G. M., H. F. Mollet., G. G. Pittenger., D. Bedford, y L. J. Natanson., 1992. Growth and demography of the pacific angel shark (*Squatina californica*), based upon tag returns off California. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*. 43: 1313-1330.
- Camhi M. y J. Musick., 1998. Sharks suffer from an identity crisis. *Current*. 14: 16-21.

- 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.
- Campana, S. E. y C. M. Jones., 1992. Analysis of otolith microstructure data. p. 73-100. In Stevenson D. K. y S. E. Campana (Eds.) Otolith microstructure examination and analysis. *Canadian Special Publication of Fish and Aquatic Science*. 117.
- Campana, S. E., M. C. Annand y J. I. McMillan., 1995. Graphical and statistical methods for determining the consistency of age determinations. *Transaction of American Fisheries Society*. 124: 131-138.
- Campana, S., L. Marks, W. Joyce, P. Hurley, M. Showell, and D. Kulka. 1999. An analytical assessment of the porbeagle shark (*Lamna nasus*) population in the northwest Atlantic. *Res. Doc. 99/158, Canadian Stock Assessment Secretariat*, Ottawa, Canada.
- Campuzano Caballero, J. C., 2002., Biología y pesquería del tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffith y Smith, 1834), en Puerto Madero, Chiapas, Estados Unidos Mexicanos. *Tesis de licenciatura en Biología*. Facultad de Ciencias. UNAM, México 196 p.
- Cano P. F. A., 1991. Oceanografía física. 453-495 Pp. Golfo de California. In: de la Lanza E. P (Ed.). 1991. *Oceanografía de mares mexicanos*. AGT Editor. S. A. 569 p.
- Carey, F. G., Kanwisher, J. W., Brazier, O., Gabrielson, G., Casey, J. G., y Pratt, H. L. Jr., 1982. Temperature and activities of the white shark *Carcharodon charcharias*. *Copeia*. (2): 254-260.
- Carlson J. K, Cortes E, y Bethea D. M., 2003. Life history and population dynamics of the finetooth shark (*Carcharhinus isodon*) in the northeastern Gulf of Mexico. *Fishery Bulletin*. 101: 281–292.

- Carlson, J. K., G. R. Parsons., 1997. Age and growth of the bonnethead shark from northwest Florida with comments on clinal variation. *Environmental Biology of Fishes*. 50:331-341.
- Castillo Géniz. J. L., 1990. Contribución al conocimiento de la biología y pesquería del cazón bironche. *Rhizoprionodon longurio* (Jordan y Gilbert 1882) (Elasmobranchii, Carcharhinidae) del sur de Sinaloa México. *Tesis de licenciatura en biología*. Facultad de Ciencias. UNAM. 128 p.
- Castillo Géniz. J. L., 1992. *Diagnóstico de la pesquería del tiburón en México*. INP. Sría. Pesca. ISBN 968-257-X 1a. Ed. México. 72 p.
- Castillo Géniz J. L., y J. F. Márquez F., 1996. *Evaluación de la pesquería de tiburón del Golfo de México*. Informe Final de Proyecto de Investigación. Investigador responsable M. en C. M^a. Concepción Rodríguez De La Cruz. SEMARNAP. INP. CONACYT. (116002-5-1314N-9206). In-paginado.
- Castillo-Olguín Evangelina., 2005. Estructura genética poblacional de dos especies De tiburones (*Carcharhinus falciformis* y *Sphyrna lewini*) del pacífico mexicano. *Tesis Maestría en Ciencias Biológicas (Biología experimental)*. Facultad de Ciencias. UNAM. 98 p.
- Castro I. J., 1993. The Sharks Nursery of Bulls Bay, South Carolina, With a Review of the Shark Nurseries of Southeastern Coast of the United States. *Environmental Biology of Fishes*. (38): 37-48.
- Castro, J. I. y J. P. Wourms., 1993. Reproduction, placentation, and embryonic development of the Atlantic Sharpnose Shark, *Rhizoprionodon terraenovae*. *Journal of Morphology*. 218:257-280.

- Castro J. I., C. M. Woodley., y R. L. Brudek., 1999. A preliminary evaluation of the status of shark species. *FAO Fisheries Technical Paper*. No. 380: 72 p.
- Caswell, H., 2001. *Matrix population models*. Sinauer Associates, Inc., Sunderland Massachussets.
- Ceballos-Corona, J. G. A., 1988. Contribución al conocimiento de la composición y distribución del fitoplancton de la Bahía de Maruata, Michoacán, México. *Tesis de licenciatura en biología*. Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 110 pp.
- Chang W. Y. B., 1982. A statistical methods for evaluating the reproducibility of age determination. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*. 39: 1208-1210.
- Chapman, D. G., 1961. Statistical problems in dynamics of exploited fisheries populations. Pp. 153–168. In: Neyman, J. (Ed), *Proc. 4th Berkeley Symp. on Mathematics, Statistics and Probability, Vol. IV*. University of California Press, Berkeley.
- Charvanov E. L., y D. Berrigan., 1990. Dimensionless numbers and life history evolution: age of maturity versus the adult lifespan. *Evolution and Ecology*. 4: 273-275.
- Chen C. T., T. C. Leu., y J. Joung., 1988. Notes on reproduction in the scalloped hammerhead shark, *Sphyrna lewini*, in northeastern Taiwan waters. *U.S. Fish Wild. Serv. Fishery Bulletin*. 86(2): 389-393.
- Chen C. T., T. C. Leu., N., y Ch. Lou., 1990. Age and growth of the scalloped hammerhead shark, *Sphyrna lewini*, in Northeastern Taiwan waters. *Pacific Science*. 44 (2): 15-170.
- Chen P., y Yuan W., 2006. Demographic analysis based on the growth parameter of sharks. *Fisheries Research* 78: 374–379.

CIBNOR, 1995. *Evaluación del impacto al ambiente marino por la descarga térmica de la central termoeléctrica de Petacalco, Guerrero*. 7 tomos. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, México.

Clarke Thomas A., 1971. The ecology of the scalloped hammerhead shark. *Sphyrna lewini*, in Hawaii. *Pacific Science*. (25). 133-144.

Compagno L. J. V., 1973. Interrelationships of living elasmobranchs. Pag. 15-61 In: Greenwood P. H., R. S. Miles, y C. Patterson, (Eds.) *Interrelationships of fishes* Academic Press London.

Compagno, L. J. V., 1984. Sharks of the World, an Annotated and Illustrated Catalogue of Sharks Species Known to Date. *FAO Fisheries synopsis* 125, 4 (parte 3 y 4).

Compagno L. J. V., 1990. Alternative life history of cartilaginous fishes in time and space. 33-75 In: Bruton Michel N. (Guest Ed.) y Balon Eugene K. (Series Ed.). *Alternative life-history styles of fishes*. Developments in Environmental Biology of Fishes 10. Reprinted from *Env. Biol. Fish.* 28(1-4) 1990: with addition of species and subject index. Netherlands. 327 p.

Compagno, L.J.V., 2001. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Vol. 2. Bullhead, mackerel, and carpet sharks (Heterodontiformes, Lamniformes, and Orectolobiformes). *FAO Species Catalogue for Fishery Purposes*. No. 1, vol.2. Rome, FAO. 2001. 269 p.

Conrath, C. L., J. Gelsleichter, y J. A. Musick., 2002. Age and growth of the smooth dogfish, *Mustelus canis*, in the northwest Atlantic. *Fishery Bulletin*. 100:674–682.

Correa P. Genaro, 1974. *Geografía del Estado de Michoacán, Geografía Física*, Tomo I, EDDISA, Morelia, México.

- Cortés, E., 1995. Demographic analysis of the Atlantic sharpnose shark, *Rhizoprionodon terraenovae*, in the Gulf of Mexico. U.S. Fish Wild. Serv. *Fishery Bulletin*. 93: 57-66.
- Cortés E., 1998 Demographic analysis as an aid in shark stock assessment and management. *Fisheries Research*. 39:199–208.
- Cortés, E., 2000. Life history patterns and correlations in sharks. *Reviews in Fisheries Science*. 8:299–344.
- Cortés E., 2002. Incorporating uncertainty into demographic modeling: applications to shark populations and their conservation. *Conservation Biology*. 16 (4):1048-1062.
- Cortés E. y G. R. Parsons., 1995. Comparative demography of two populations the bonnethead Shark (*Sphyrna tiburo*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*. 53: 709-718.
- Cortés N., C. Oyarzun., y R. Gallegillos., 1996. Diferenciación poblacional en la sardina común, *Strongomera bentinuk*, (Norman, 1936) 2: Análisis Multivariado de las morfometrías y merística. *Reviews in Biology Marine*. 31 (2): 91-105.
- Corti M., y D. Crosetti., 1996. Geographic variation in the grey mullet. A geometric morphometric analysis using partial warp scores. *Journal of Fish Biology*. 48: 255-269.
- Corti M., R. S. Thorpe., L. Sola., V. Sbordeni., y S. Cataudella., 1988. Multivariate morphometrics in aquaculture. A case study of the “stocks of the common carp (*Cyprinus carpio*) from Italy. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*. 45: 1548-1554.
- Crow G. L., C. G. Lowe., y B. M. Wertherbee., 1996. Shark records from longline fishing programs in Hawaii with comments on Pacific Ocean distributions. *Pacific Science*. 50(4): 382-392.

Dayton L., 1991. Save the sharks. *New Scientist*. 15 June: 34-38.

de la Lanza E. P., (Ed.). 1991. *Oceanografía de mares mexicanos*. AGT Editor. S. A. 569 p.

Defeo, O., F. Arreguín-Sánchez, y J. Sánchez., 1992. Growth study for the yellow clam *Mesodesma mactroides*: a comparative analysis of three length-based methods. *Scientia Marina*. 56: 53-59.

Deriso., 1987. Optimal F0.1 criteria and their relationship to maximum sustainable yield. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*. 44 (Suppl. 2): 339-348.

Discovery Channel, 2006. *Rebelión de tiburones*. Director: Malcolm Hall y Rodrigo Astiz. Idioma Español, 45 minutos. DVDA-2246. México.

Dodrill J. W., 1977. A hook and line survey of the sharks of Melbourne Beach, Brevard County, Florida. *MSc Thesis Dissertation*, Florida Institute of Technology, Melbourne. Unpublished.

Dudley S. F. J., y G. Cliff., 1993. Sharks caught in the protective gill nets off natal, South Africa. 7. The blacktip shark *Carcharhinus limbatus* (Valenciennes). *S. Afr. Sci.* 13: 237-254.

Duncan K. M., A. P. Martin, B. W. Bowen, y H. G. De couet., 2006. Global phylogeography of the scalloped hammerhead shark (*Sphyrna lewini*). *Molecular Ecology*. 10: 1-13.

Efron, B. (1985). Bootstrap confidence intervals for a class of parametric problems. *Biometrika*. 72: 45 – 58.

- Elliot N. G., Haskard K., Koslow J. A., 1995, Morphometrics analysis of orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*) off the continental slope of southern Australia. *Journal of Fish Biology*. 46, 202-220.
- Escalante-Escobar E., 2001. Distribución y abundancia de postlarvas de los géneros *Farfantepenaeus spp.* y *Litopenaeus spp.* (Crustacea: Decapoda: penaeidae) en la plataforma continental del sur de Sinaloa durante un ciclo anual. *Tesis Maestría (Maestría en Ciencias del Mar)*, Oceanografía Biológica y Pesquera-UNAM, Colegio de Ciencias y Humanidades, Unidad Académica de los Ciclos Profesional y de Postgrado. 158p.
- Espinosa O. D., y J. Llorente B. 1993. *Fundamentos de biogeografías filogenéticas. México*. UNAM- CONABIO. 133 p.
- Evans GT, Hoenig JM (1998) Testing and viewing symmetry in contingency tables, with application to readers of fish ages. *Biometrics* 54:620–629.
- FAO., 1999. Informe del grupo técnico de trabajo de la FAO sobre la conservación y ordenación del tiburón. Tokio, Japón, 23-27 de abril de 1998. *FAO Informe de Pesca*. No. 583. Roma, FAO. 1999. 30 p.
- Ferreira, B. P., y C. M. Vooren., 1991. Age, growth, and structure of vertebra in the school shark *Galeorhinus galeus* (Linnaeus, 1758) from southern Brazil. *Fishery Bulletin*. 89 (1): 19-31.
- Flamand S. C. L., 1991. Oceanografía geológica. Pacífico tropical mexicano. Cabo corriente a la frontera con Guatemala. 117-150 Pág. *In: de la Lanza E. P (Ed.)*. 1991. *Oceanografía de mares mexicanos*. AGT Editor. S. A. 569 p.
- Francis R. I. C. C., 1990. Back-calculation of fish length: a critical review. *Journal of Fish Biology*. 36: 883-902.

- Frisk M. G., T. J. Miller, y M. J. Fogarty., 2001. Estimation and analysis of biological parameters in elasmobranch fishes: a comparative life history study. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*. 58: 969–981.
- Frisk M. G., T. J. Miller, y N. K. Dulvy., 2004. Life histories and vulnerability to exploration of elasmobranchs: inferences from elasticity, perturbation and phylogenetic analyses. *e-J. Northwestern Atlantic Fisheries Science*. 34:1-19.
- Froese, R. y M.L.D. Palomares. 2000. Growth, natural mortality, length-weight relationship, maximum length and length-at-first-maturity of the coelacanth *Latimeria chalumnae*. *Environmental Biology of Fishes*. 58: 45-52.
- Fukuwaka M. 1996. Allometric back-calculation of individual growth for chum salmon otolith during early life. *Scientific Reports of the Hokkaido Salmon Hatchery* 50: 113-116.
- García E., 1973. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. Ed. UNAM. 249.
- García-Reséndiz, J. A., G. Expósito Días, S. Castillo Sandoval, A. Pérez Mendoza, y E. Ramírez Zaldivar (Eds)., 2004. *Informe de la campaña oceanográfica PROCEAM I, estudio prospectivo oceanográfico frente a las costas del Pacífico Central Mexicano. Realizado del 15 al 19 de mayo de 2004. Métodos de muestreo en la Investigación oceanográfica*. Postgrado en Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. México D. F. 100p.
- García-Téllez Ninel., 1998. Evaluación del traslado de nidos de tortuga marina *Dermochelis coriacea* como técnica de conservación en el playón de Mexiquillo, Michoacán. *Tesis de Licenciatura en Biología*. Facultad de Ciencias. 63 p.

- Garrick J. A., F. 1982. Sharks of the genus *Carcharhinus*. *NOAA Technical Report. NMFS Circular* 445.
- Gilbert. P. W., 1981. Patter of sharks reproduction. *Oceanus*. 30-39.
- Gilbert. R. C., 1967. A revision of hammerhead sharks (Family Sphyrnidae). *Procc. Us. Nat. Mus.* (119) (3539): 1-88.
- Girón Botello Elba., 1981. Productividad primaria en Caleta de Campos, Michoacán. 2da parte. Informe de Biología de Campo. Serie Ecología No. 127. *Facultad de Ciencias UNAM*. In-paginado.
- Gluyan-Millan Ma. G., y Quiñones-Velásquez C., 1996. Evidencias de distintos grupos poblacionales de macarela *Scomber japonicus*. *Ciencias Marinas*. 22 (3): 377-395.
- Goldman, K.J., 2004. Age and growth of elasmobranch fishes. . 97-132 p. In J.A. Musick, y R. Bonfil (Eds) *Elasmobranch fisheries management techniques..* Singapore: APEC.
- Goldman K. J, y J. A. Musick., 2006 Growth and maturity of salmon sharks in the eastern and western North Pacific, with comments on back-calculation methods. *Fishery Bulletin*. 104: 278–292.
- Grant C. J., R. O. Sandlaand, y A. M. Olsen., 1979. Estimation of growth, mortality and yield per recruit of the australian school Shark, *Galeorhinus australis* (Macleay), from tag recovers. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*. 30: 625-637.
- Grimes C., 1987. Reproductive biology of the Lutjanidae: a review, pp. 239-294. In. Polovina J. J., y S. Ralston (Eds.). 1987. *Tropical Snapper and Grouper: Biology and Fisheries Management*. Westview, Boulder, U.S.A. 659 p.

- Grimes C B., A. G. Johnson., y W. A. Fable Jr. 1987. Delineation of king mackerel (*Scomberomorus caballa*) “stocks a long the U. S. eats coast and in the Gulf of Mexico. 186-187 p. In: Kumpty H. E., R. N. Vaught., C. B. Grimes., A. G. Johnson., y E. L. Nakamura (Eds.). 1987. Proceedings of the “stocks identification workshop November 5-7, 1985. Panama City Beach, Florida. *U. S. Dep. Commer. NOAA Tech. Memo. NMFS-SEFC-199.*
- Guerra Sierra, Ángel., y José Luis Sánchez Lizaso., 1998. *Fundamentos de explotación de recursos vivos marinos.* Acribia. Zaragoza España. 299 p.
- Gulland, J. A., 1969. Manual of methods for fish stock assessment. Part 1: Fish population analysis. *FAO Manual of Fisheries Science.*, 4: 154 pp.
- Gulland J. A., 1971. *The fish resources of oceans.* FAO / Fishing New Books. LTD. Surrey England.
- Gulland J. A., y Borema L. K., 1973. Scientific advice on catch levels. *Fishery Bulletin.* 71 (2): 325-335.
- Gulland, J.A., y S.J. Holt., 1959 Estimation of growth parameters for data at unequal time intervals. *J. Cons. CIEM*, 25(1):47-9.
- Gunderson D. R., P. Calland, y B. Goine., 1980. Maturity and fecundity four species of Sebastes. *Marine Fisheries Review.* 42 (3-4): 74-79.
- Gutierrez-Estrada., 1990. Morfología del delta submarino del Río Balsas. México. *Tesis de Doctorado en Ciencias del Mar y Limnología.* ICMYL. UNAM.
- Guvanov Y. P., 1978. The reproduction of some species of pelagic sharks from the equatorial zone of the Indian Ocean. *Journal of Ichthyology.* 18(4-6): 781-792.

- Haddon, M., 2001. *Modeling and Quantitative Methods in Fisheries*. Chapman and Hall/CRC. Florida 406 p.
- Hasler A. D., 1966. *Underwater guidepost - Homing of salmon*. Univ. of Wisconsin Press. Madison. WI.
- Hazin F., A. Fischer., y M. Broadhurst., 2001. Aspects of reproductive biology of the scalloped hammerhead shark, *Sphyrna lewini*, off northeastern Brazil. *Environmental Biology of Fishes*. 61: 151-159.
- Heppell S.S., L. B. Crowder, y T. D. Menzel., 1999. Life table analysis of long-live marine species with implications for conservation and management. *American Fisheries Society Symposium*. 23: 137-148.
- Hernández-Carballo A., 1965a. Resumen de las investigaciones sobre elasmobranquios de la República Mexicana. *Anales del Instituto Nacional de Investigaciones Biológico Pesqueras*. 10(98):1-15.
- Hernández-Carballo A., 1965b. Marcado de tiburones y recuperación de marcas en el Océano Pacífico de la República Mexicana. *Anales del Instituto Nacional de Investigaciones Biológico Pesqueras*.. 10 (98): 15-35.
- Hernández-Carballo A., 1967. Observations on the hammerhead shark (*Sphyrna*) in the waters near Mazatlan. Sinaloa, México. Cap. 4: 79-83 pp. In: Gilbert P. W., R. F. y D. P. Rall. (Eds). 1967. *Sharks, skates and rays*. The John Hopkins Press. Baltimore, Maryland. 624 p.
- Hewitt, D. A. and J. M. Hoenig. 2005. Comparison of two approaches for estimating natural mortality based on longevity. *Fishery Bulletin* 103(2): 433-437.

- Hilborn & Mangel, 1997 Hilborn, R. & M. Mangel. 1997. *The ecological detective. Confronting models with data*. Monographs in population biology 28. Princeton University Press. New Jersey, 315 p.
- Hoening J. M., 1983. Empirical Use of Longevity Data to Estimate Mortality Rates. *Fish Bull.* 82: 898-893.
- Hoening J. M. y S. H. Gruber. 1990. Life-history Patterns in the elasmobranchs: implications for fisheries management: 1-16 p. In: Pratt H., L., Jr., Gruber S., H. y Taniuchi T. (Eds). 1990. Elasmobranch as living resources: Advances in the biology, ecology, systematics, and status of fisheries. *NOAA. Tech. Rep. NMFS. 90 U. S. Dep. of Commerce*.
- Hoening, J.M., M.J. Morgan y C. Brown. 1995. Analyzing Differences Between Two Age Determination Methods by Tests of Symmetry. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science.* 52:364-368.
- Hoff T. B., 1990. Conservation and management of the Western North Atlantic shark recourse based on the life history strategy limitations of the sandbar shark. *Ph. D. Dissertation*. University of Delaware Newark, DE, 282 pp.
- Holden M. J., 1974. Problems in the rational exploitation of elasmobranch populations and some suggested solutions. 117 - 137 p. In: F. R. Harden Jones. (Ed). 1974. *Sea fisheries research*. Logos Press, London.
- Horn M. H., y L. G. Allen., 1978. A distributional analysis of California coast marine fishes. *J. Biogeogr.* 5: 23-42.
- Huntsman. G. R., C. S. Manooch III. and C. B. Grimes. 1983. Yield per recruit models of some reef fishes of the U.S. South Atlantic Bight. U.S. National Marine Fisheries Service *Fishery Bulletin* 81:679-696.

- Ihseen P. E., H. E. Brooke., J. M. Casselman., J. M. McGlade., N. R. Payne., y F. M. Utter., 1981. "stock" identification: Materials and methods. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*. 38: 1838-1855.
- 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 Science*. 53: 820-822.
- Jones B. C., y G. H. Geen., 1977. Reproduction and embryonic development of spiny dogfish (*Squalus acanthias*) in the Strait of Georgia, British Columbia. *Journal of Fisheries Research Board Canadian*. 34: 1286-1292.
- Kajiura, S. M., 2001. Head morphology and electrosensory pore distribution of carcharhinid and sphyrid sharks. *Environmental Biology of Fishes*. 61(2): 125-133.
- Kajiura S. M., J. B. Forni, y A. P. Summers., 2003. Maneuvering in juvenile carcharhinid and sphyrid sharks; the role of the hammerhead shark cephalofoil. *Zoology*. 106: 1-10.
- Kanji G., 1999. *100 Statistical Test*. Second edition. Sheffield Hallam University. 224 p.
- Kato S. y Hernández-Carballo A., 1967. Shark tagging in the Eastern Pacific Ocean, 1962-65. 93-109 p. In: Gilbert P. W., R. F. Mathewson y D. P. Rall., (Eds.), 1967 *Sharks, skates and rays*. The Johns Hopkins Press. Baltimore. Maryland.
- Kevesten G. L., 1966a. Stock Assessment for Schools Shark, *Galeorhinus australis*. *Commonwealth-States Fisheries Conference. Southern Pelagic Project Committee. Technical Session*, Cronulla, 1966 Vol. 4 SPP(T) 66/3/8. 4pp.
- Kevesten G. L., 1966b. School Shark Could be More Heavily Exploited. *Aust Fish*. 25 (11): 13.

- Klimley A. P., 1987. The determinants of sexual segregation in the scalloped hammerhead shark, *S. lewini*. *Environmental Biology of Fishes*. 18(1): 27-40.
- Klimley A. P., y S. T. Brown., 1983. Stereophotography for the Field Biologist: Measurement of Lengths and Three-dimensional Positions of Free-Swimming Sharks. *Maine Biology*. (74): 175-185.
- Klimley A. P., y S. B. Butler., 1988. Immigration and emigration of a pelagic fish assemblage to Seamounts in the Gulf of California related to water mass movements using satellite imagery. *Marine Ecology Progressive Series*. (49): 11-20.
- Klimley A. P., y D. R. Nelson., 1984. Diel Movement Patterns of Scalloped Hammerhead (*S. lewini*) in Relation to El Bajo Espiritu Santo; a Refuging Central position Social System. *Behav. Ecol. Sociobiol.* (15):45-54.
- Kohler N. A., J. G. Casey, y P. A. Turner., 1996. Length-Length and Length-Weight Relationships for 13 Shark Species from the Western North Atlantic. *NOAA Technical Memorandum NMFS-NE*: 110. 26 p.
- Kohler N. A., J. G. Casey, y P. A. Turner., 1998. NMFS cooperative shark tagging program, 1962-93: An Atlas of shark tag and recapture data. *Marine Fisheries Review*. 60(2): 87 p.
- Krebs Charles J., 1994. *Ecology. The Experimental analysis of distribution and abundance*. Fourth Edition. Harper Collins Collage Publishers. 810p.
- Lai H. L., y H. C. Liu., 1979. Age determination and growth of red snapper (*Lutjanus sanguinius*) in the North Australian waters. *Acta Ocean. Taiwanica*. 10: 160-170.

- LaMarca, M. J., 1966. A simple technique for demonstrating calcified annuli in the vertebrae of large elasmobranchs. *Copeia*. 1966 (2): 351-352.
- Larkin, P.A., 1977. An epitaph for the concept of maximum sustained yield. *Transaction of American Fisheries Society*. 106: 1-11.
- Last, P. R. y J. D. Stevens, 1994. *Sharks and rays of Australia*. CSIRO, Australia. 513 p.
- Leonce-Valencia, C., y O. Defeo., 1997. Evaluation of three length-based methods for estimating growth in tropical fishes: the red snapper *Lutjanus campechanus* of the Campeche Bank (Mexico). *Scientia Marina*. 61: 297-303.
- Leslie P. H., 1945 On the Use of Matrices in Certain Population Mathematics *Biometrika*. 33: 183-212.
- Lessa R., R. C. Menni., y F. Lucena., 1998. Biological observations on *Sphyrna lewini* and *S. tudes* (Chondrichthyes, Sphyrnidae) from northern Brazil. *Vie et Milieu*. 48: 203-213.
- Li Xuanhai., 1989. The Dynamic Pool Model and Consequences of its Approximations to Fisheries Management, p. 121-126. In. Beamish R. J., y G. A. McFarlane., (Eds). 1989. Effects of Ocean Variability on Recruitment and an Evaluation of Parameters Used in Stock Assessment. Models. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Science*. 108.
- Lin L-Ly., y K. T. Shao., 1987. Intraspecific and interspecific relationships of Sphyrnaenidae from Taiwan via morphometric and electrophoretic studies. *Acta Oceanogr. Taiwanica*. 18: 24-38.
- Liu K. M., y C. T. Chen., 1999. Demographic analysis of the scalloped hammerhead *Sphyrna lewini*, in the northwestern Pacific. *Fisheries Science of Tokyo*. 65 (2): 218-223.

- Lombardi-Carlson L. A., E. Cortes, G. R. Parsons, y C. A. Manire., 2003. Latitudinal variation in life-history traits of bonnethead sharks, *Sphyrna tiburo* (carcharhiniformes: Sphyrnidae), from the eastern Gulf of Mexico. *Marine and Freshwater Research*. 54:875-883.
- López-Avilés R., 1986. Morfología y sedimentos superficiales de la porción meridional de la plataforma continental de Sinaloa. *Tesis de Licenciatura en Ingeniería*. Facultad de Ingenierías. UNAM. 58 p.
- Ludwig L. A., y J. F. Reynolds., 1988. *Statistical ecology*. John Wiley y Son. 337 pp.
- Macías Romo M. E., y A. F. Mota Pineda., 1990. Algunos aspectos biológicos y pesqueros de la sierra del Pacífico (*Scomberomorus sierra*, Jordan y Starks, 1985) en Bahía Bufadero, Michoacán y en el puerto de Mazatlán, Sinaloa. *Tesis de Licenciatura en Biología*. Facultad de Ciencias. UNAM. 154 p.
- MacLean J. A., y D. O. Evans., 1981. The “stock” concept, discreteness of fish “stocks, and fisheries management. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*. 38: 189-1898.
- Manjarres Acosta C., Juárez R. F., Rodríguez R. S. P., González E. A., Díaz D. R., Liarraga H. X., y Vega C. A. E., 1983. Estudio sobre algunos aspectos biológicos-pesqueros del tiburón en la región de la Zona Sur de Sinaloa. *Tesis Biología Pesquera*. Facultad de Ciencias del Mar. UAS.
- Marcus L. F., E. Bello., y A. García-Valdecasas., 1993. *Contributions to morphometrics*. Monografías del Museo Nacional de Ciencias Naturales. Madrid: No. 8.
- Margalef R., 1977. *Ecología*. Planeta. Barcelona, España.

- Marques de Cantú, María José., 1990. *Probabilidad y estadística para ciencias químico-biológicas*. McGraw-Hill. México. 657 p.
- Márquez F. J. F., J. L. Castillo G., y M^a. C. Rodríguez de la Cruz., 1998. Demografía del cazón pech, *Sphyrna tiburo* (Linnaeus, 1758), en el sureste del Golfo de México. *Ciencias Marinas*. 24 (1): 13-34.
- Márquez-Farias, 2002. Análisis de la pesquería de tiburón de México. *Tesis de Postgrado*. Maestría en Ciencias Pecuarías. Universidad de Colima, México. 97 p.
- McNemar Q., (1947). Note on the sampling error of the difference between correlated proportions or percentages. *Psychometrika*, 12, 153-157.
- Mendizabal y Oriza D., 1995. Biología Reproductiva, Crecimiento, Mortalidad y Diagnóstico de *Alopias vulpinus* (Tiburón Zorro) y *Carcharhinus limbatus* (Tiburón Volador); en la Boca del Golfo de California al Golfo de Tehuantepec, Periodo 1986-1987. *Tesis de Maestría en Ciencias*. Biología. Fac, de Ciencias. UNAM.
- Munro J. L., y D. Pauly., 1983. A simple method for comparing the growth of fishes and invertebrates. *Fishbyte* 1: 5-6.
- Musick J. A., 1999. Criteria to define extinction risk in marine fishes. *Fisheries*. 24 (12): 6-14.
- Natanson, L. J., Mello, J. J., y Campana S. E., 2002. Validated age and growth of the porbeagle shark, *Lamna nasus*, in the western North Atlantic Ocean. *Fisheries Bulletin*. 100: 266-278.
- Nayaka K., 1995. Hydrodynamic Function of the Head in the Hammerhead Sharks (Elasmobranchii: Sphyrnidae). *Copeia*. (2): 330-336.

- Officer R. A., A. S. Gason, Walker T. I. , y J. G. Clement., 1996 Sources of variation in counts of growth increments in vertebrae from gummy shark, *Mustelus antarcticus*, and school shark, *Galeorhinus galeus*: implications for age determination. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*. 53: 1765–1777.
- Olsen A. M., 1954. The biology, migration, and growth rate of the school shark, *Galeorhinus australis* (MacCley) (Carcharhinidae) in southeastern Australian Waters. *Australian Journal Marine and Freshwaters Research*. 5(3): 353- 410.
- Olsen, A.M. 1959. The status of the school shark fishery in south-eastern Australian waters. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* 10: 150-176.
- Ortiz Medina E. M., Rodríguez D. M., y Verduzco V. G., 1987. Pesquería del tiburón en flotas deportivas en la región de Mazatlán, Sinaloa. *Tesis biología Pesquera*. Facultad de Ciencias del Mar. UAS. 25 p.
- Pacheco S. P., 1991. Oceanografía física. Pacífico tropical mexicano. Cabo corriente a la frontera con Guatemala. 151-168 Pág. In: de la Lanza E. P (Ed.). 1991. *Oceanografía de mares mexicanos*. AGT Editor. S. A. 569 p.
- Parker Jr. F. R., y C. M. Bailey., 1979. Massive aggregations of elasmobranchs near Mustang and Padre Islands, Texas. *The Texas Journal Science*.. 31(3): 255-266.
- Parsons G. R., 1993a. Age determination and growth of the bonnethead shark *Sphyrna tiburo*: a comparison of two populations. *Marine Biology*. 117: 23-31.
- Parsons G. R., 1993b. Geographic variation in reproduction between two populations of the bonnethead sharks, *Sphyrna tiburo*. *Environmental Biology of Fishes*. 38 (1-3): 25-35.

- Pauly D., 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameter and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *J. Const. Int. Explor. Mer.* 39 (3): 175-192.
- Pauly D., y J. L. Munro., 1984. Once more on the comparison of growth in fish and invertebrates. *Fishbyte* 2: 21.
- Pérez-Jiménez J. C., y Venegas, A. 1997. Análisis Biológico – Pesquero de Tiburones de las Familias Sphyrnidae, Alopiidae y Lamnidae (Elasmobranchii) Capturados por la Principal Flota Artesanal del Sur de Nayarit, México. Temporada 1995 – 1996. *Tesis de Licenciatura*. Universidad de Guadalajara. 62 p.
- Pérez-Jiménez J. C., Oscar Sosa-Nishizaki, Emmanuel Furlong-Estrada, David Corro-Espinosa, Agustín Venegas-Herrera y Oscar V. Barragán-Cuencas., 2002. Artisanal Shark Fishery at "Tres Marias" Islands and Isabel Island in the Central Mexican Pacific. *e-Journal of Northwest Atlantic Fishery Science*, 35, art. 43.
- Pérez-Vivar T. L., 2003. Dinámica poblacional del camarón blanco, *Litopenaus vannamei* (Boone, 1931) en la plataforma continental de Sinaloa y Nayarit. *Tesis de Postgrado. Maestría en Ciencias Biológicas Marinas*. Postgrado en Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. Mazatlán, Sinaloa. 86 p.
- Philips, A. M. Jr. 1969. Nutrition, digestion and energy utilization. Vol I. pp 341 -432. In: Hoar, W. S., D. T. Randall, and J. R. Brett (Eds.) 1969. *Fish Physiology. Vol. I*. Academic Press. N. Y., USA. 713 p.
- Pielou E. C., 1984. *The interpretation of ecological data: A primer on classification and ordination*. John Wiley & Sons. New York. USA. 263.

- Piercy, A. N., J. K. Carlson. & J. A. Sulikowski. 2007. Age and growth of the scalloped hammerhead shark, *Sphyrna lewini*, in the northwest Atlantic Ocean and Gulf of Mexico. *Marine and Freshwater Research* 58: 34-40.
- Piñon-Gimate A., 2003. Contribución al conocimiento de la biología de las especies *Hoplostetrus guentherii*, *Lutjanus argentiventris*, *Lutjanus colorado* y *Lutjanus guttatus* de la bahía de Mazatlán y Santa María La Reforma. *Tesis Maestría (Maestría en Ciencias (Biología Marina))*-UNAM, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. 106 p.
- Prat Bartés, A., Tort-Martorell Llabrés X., Grima Cintas, P., y Pozueta Fernández, L., 1998. *Control y mejora de la calidad*. Ediciones de la Universidad Politécnica de Cataluña. España.
- Pratt, Jr. H. L., y J. G. Casey., 1990. Shark reproductive strategies as a limiting factor in direct fisheries, with a review of Holden's method of estimating growth-parameter. 97-108. In: H.L. Pratt Jr., S. H. Gruber and T. Taniuchi. (Eds). 1990. Elasmobranchs as living resources: Advances in biology, ecology, systematics and status of fisheries *US. Dep. Commer. NOAA. Tech. Rep. NMFS*. 90.
- Prince E. C. y L. M. Pulos., 1983. Glossary. In: Prince E. C., y Pulos L. M., (Eds.). 1990. Proceedings of the International Workshop on Age Determination of Oceanic Pelagic Fishes: Tunas, Billfishes and Sharks *NOAA Tech. Rep. NMFS* 8: 211 p.
- Quattro J. M., D. S. Stoner, W. B. Driggers, C. A. Anderson, K. A. Priede, E. C. Hoppmann, N. H. Campbell, K. M. Duncan y J. M. Grady., 2006. Genetic evidence of cryptic speciation within hammerhead sharks (Genus *Sphyrna*). *Marine Biology* 148: 1143–1155.
- Rago, P. J., K. A. Sosebee, J. K. T. Brodziak, S. A. Murawski, and E. D. Anderson. 1998. Implications of recent increases in catches on the dynamics of northwest Atlantic spiny dogfish (*Squalus acanthias*). *Fisheries Research*. 39: 165–181.

- Ralston, S. 1987. Mortality rates of snappers and groupers. *In*: Polovina J. J. y S. Ralston (eds.), 1987. *Tropical snappers and groupers: biology and fisheries management*. Westview Press. Boulder, CO, pp. 375-404.
- Ramírez-Herrera, M. T., y Urrutia-Fucugauchi, J., 1999. Morphotectonic zones along the coast of the Pacific continental margin, southern Mexico. *Geomorphology*, 28: 237-250.
- Reyes-Bonilla H., y López-Pérez A., 1998. Biogeografía de los corales pétreos (Scleractinia) del Pacífico de México. *Ciencias Marinas*. 24 (2): 211-224.
- Ribot Carballal, M. C., F. Galván Magaña, C. Quiñónez Velázquez., 2005. Age and growth of the shortfin mako, *Isurus oxyrinchus*, from Baja California Sur, Mexico. *Fisheries Research*. 76 (1): 14-21.
- Ricker W. E., 1972. Heredity and environmental factors affecting certain salmonid populations. P 19-160. *In*: R. C. Simon and P. A. Larkin (Eds). 1972. *The stock concept in pacific salmon*. H. R. MacMillan Lectures in Fisheries. Univ. British Columbia. Vancouver. B. C.
- Ricker. W. E., 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish population. *Buletin of Fisheries Board Canadian*. 191: 382 p.
- Righthy Rojo B., y Castro Morales F. J., 1990. Estudio de algunos aspectos biológicos del tiburón en la región de Mazatlán, Sinaloa. *Tesis Biología Pesquera*. Facultad de Ciencias del Mar. UAS. 77p.
- Rikhter V. A. y Efanov., 1976. On one of the approaches to estimation of natural mortality of fish populations. *ICNA. Res. Doc.*, 76/VI/8:12 p.

- Rodríguez García Héctor., 1986. Contribución al estudio de la pesquería del tiburón en la Zona Sur del estado de Sinaloa (Mazatlán). *Tesis Biología Pesquera*. Facultad de Ciencias del Mar. UAS. 94p.
- Roff D. A., 1984. The evolution of life history parameters in teleosts. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*. 41: 989-1000.
- Rohlf F. J., y F. L. Bookstein., 1990. *Proceedings of the Michigan morphometrics workshop*. Univ. Michigan. Mus. Zool. Spec. Pub, 2.
- Rothschil B. J., 1995. Fish stock fluctuations as indication of multidecadal fluctuations in the biological productivity of the oceans. 201-220 p. *In: Rothschild B. J. (Ed). 1995. Climate change and Northern fish populations. Canadian Special Publication in Fisheries and Aquatic Science*. 121.
- Ruiz Luna A., y E. Girón Botello., 1982. Variación estacional planctónica en Caleta en Caleta de Campos, Mich. *Reporte de Biología de Campo. Serie Ecológica No. 17*. Facultad de Ciencias. UNAM.
- Ruiz L. A., y Madrid V. J., 1997. Análisis comparativo de tres sistemas de pesca artesanal. *Región y Sociedad*. 8 (13-14): 77-97.
- Ruiz-Campos G., F. Camarena-Rosales, A. Varela-Romero, S. Sánchez-González, y J. De La Rosa-Vélez., 2003. Morphometric variation of wild trout populations from northwestern Mexico (Pices: Salmonidae). *Review of Fish Biology and Fisheries*. 13: 91-110.
- SAGARPA, 2007. *Norma oficial mexicana NOM-029-PESC-2006, pesca responsable de tiburones y rayas. Especificaciones para su aprovechamiento*. Diario oficial de la Federación. Miércoles 14 de febrero de 2007. Primera sección. 44p.

- Santana F. M., y Lessa. R., 2004 Age determination and growth of the night shark (*Carcharhinus signatus*) off the northeastern Brazilian coast. *Fishery Bulletin* 102:156–167.
- Sarabia Alvarado D., y Velásquez Mayorquin. J., 2002. Composición de las capturas del tiburón de la flota artesanal de Playa Sur, Mazatlán, Sinaloa entre 2000 y 2002. *Tesis Biología Pesquera*. Facultad de Ciencias del Mar. UAS. 57p.
- Saucedo Barrón C. J., 1982. El tiburón, contribución al estudio de la pesquería en la zona sur de Sinaloa, Méx., *Ciencias del Mar*. Época 1, Año 1, Número 4: 14-30.
- Saucedo Barrón C. J., G. Colado Uribe, J. G. Martínez Adrián., S. Burgos Zazuela., J. G. Chacón Cortéz, y J. Espinoza Fierro. 1982 Contribución al estudio de la pesquería del tiburón en la zona sur del Estado de Sinaloa. *Memoria del Servicio Social Universitario*. Escuela de Ciencias del mar, UAS. Mazatlán, Sinaloa.
- Schaefer K. M., 1991. Geographic variation in morphometric characters and gill-raker counts of yellowfin tuna, *Thunnus albacores*, from the pacific Oceanus. *Fishery Bulletin*. 89: 289-297.
- Schwartz F. J., 1983. Shark ageing methods and age estimation of scalloped hammerhead *Sphyrna lewini*, and dusky, *Carcharhinus obscurus*, sharks based on vertebral rings counts. 167-174 p. In: Prince E. C., y Pulos L. M., (Eds.), 1983. Proceedings of the International Workshop on Age Determination of Oceanic Pelagic Fishes: Tunas, Billfishes and Sharks. *NOAA Tech. Rep. NMFS* 8: 211 p.
- Secretaría de Marina., 1974. *Estudio geográfico de la región de Mazatlán, Sinaloa*. Dirección General de Oceanografía y señalamiento Marítimo, México. 354 p.
- SEMARNAP. 2000. *Anuario estadístico de pesca 1999*. Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México.

- SEPESCA 1987. *Encuentro de comunidades pesqueras, Michoacán*. Subsecretaría de Fomento Pesquero-Secretaría de Pesca. México.
- Siegel, S., 1995. *Estadística no paramétrica aplicada a las ciencias de la conducta*. 4th Edición. México: Trillas. 437 p.
- Simpfendorfer C. A., 1998. Mortality estimates and demographic analysis for the australian sharpnose shark, *Rhizoprionodon taylori*, from northern Australia. *Fishery Bulletin*. 97: 978-986.
- Simpfendorfer C. A., 2005. Threatened fishes of the World: *Pristis pectinata* Latham, 1794 (Pristidae). *Environmental Biology of Fishes*: 73: 20.
- Sinervo B., 1999. Mechanistic analysis of natural selection and a refinement of Lack's and Williams's principles. *American Naturalist*. 154:S26–S42.
- Skomal, G. B., y L. Natanson., 2003. Age and growth of the blue shark (*Prionace glauca*) in the North Atlantic Ocean. *Fishery Bulletin* 101.
- Sminkey T. R. y J. A. Musick., 1995. Age and growth of the sandbar shark, *Carcharhinus plumbeus* before and after populations depletion. *Copeia*. 871-883.
- Smith S. E., y N. J. Abramson., 1990. Leopard shark, *Triakis semifasciata*, distribution, mortality rate, yield, and stock replenishment estimates based on a tagging study in San Francisco Bay. *Fishery Bulletin*. 88: 371-381.
- Sokal, R. R., y F. J. Rohlf., 1995. *Biometry*. Freeman, New York.
- Soriano Velásquez S. R., A. Solís N., C. Ramírez S., A. Cid del Prado V., y J. L. Castillo G., 2000. Tiburones del Golfo de Tehuantepec. 211-236 p. *In: Cisneros Mata M. A., L.*

- F. Belendez M., E. Zarate B., M. T. Gaspar D., L. del C. López G., C. Saucedo R., J. Tovar A (Eds.), 2000. *Sustentabilidad y Pesca Responsable en México. Evaluación y Manejo*. Secretaría de Ganadería Recursos Naturales y Pesca.
- Soriano Velásquez S. R., A. Solís N., C. Ramírez S., A. Cid del Prado V., y J. L. Castillo G., 2006. Tiburones del Golfo de Tehuantepec. 211-236 p. *In: Cisneros Mata M. A., L. F. Belendez M., E. Zarate B., M. T. Gaspar D., L. del C. López G., C. Saucedo R., J. Tovar A (Eds.), 2006. Sustentabilidad y Pesca Responsable en México. Evaluación y Manejo*. Secretaría de Ganadería Recursos Naturales y Pesca.
- Sparre, P., y S. C. Venema., 1997. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Manual. *FAO Fish. Tech. Pap.*, N°306.1, Rev. 2. Roma, FAO, 420 pp.
- Springer S., 1967. Social organization of shark population. *In: Gilbert. P. W., R. F. Mattheewson., y D. Rall., (Eds). 1967. Sharks, Skates and Rays*. (The Johns Hopkins Press Baltimore, Maryland. 624 p.
- Sstentongo G. W., y Larkin P.A. 1973. Some Simple Methods of Estimating Mortality Rates of Exploited Fish Populations. *Journal of Fisheries Research of Board. Canadian.* 30: 695-698.
- Stepien C. K., R. H. Rosenblatt., y B. A. Bargmeyer., 2001. Phylogeographic of the spotted sand bass, *Paralabras maculofasciatus*: Divergence of Gulf of California and Pacific coast populations. *Evolution.* 55 (9): 1852-1862.
- Stevens J. D., Bonfil S. R., N. K. Duluy, y P. A. Walker., 2000. The effects of fishing on sharks, rays and chimeras (Chondrichthyans), and the implications for marine ecosystems. *ICES Journal of Marine Science.* 57: 476-494.

- Strauss R. E., y Bookstein F. L., 1982. The truss: body form, reconstruction in morphometrics. *Systematic Zoology*. 31 (2): 113-135.
- Tanaka, S., 1960. Studies on the dynamics and the management of fish populations. *Bull. Tokai. Reg. Fish. Res. Lab.*, 28: 1-200.
- Tapia-García M., 1998. Evaluación ecológica de la ictiofauna demersal. 103-128 Pág. In. Tapia-García M. (Ed.). 1998. *El Golfo de Tehuantepec. El ecosistema y sus recursos*. UAM. Unidad Iztapalapa. 239 p.
- Tapiero Barona J. L., L. A. Zapata Padilla, y E. Alfonso Rubio., 1996. Biología y dinámica poblacional de *Sphyrna lewini* en el Pacífico Colombiano. *X seminario Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar. Santa Fe de Bogota. Colombia*. Resumen 2.51. Pág. 116.
- Taylor C. C., 1958. Cod Growth and Temperature. *J. Cons. Int. Explor. Mer.* 23: 366-370.
- Taylor C. C., 1960. Temperature, growth and mortality- the Pacific clocke. *J. Conseil*. 177: 124-261.
- Thorpe J. E., y K. A. Mitchell., 1981. Stocks of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in Britain and Irland: discreteness and current management. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*. 38: 1576-1590.
- Thorson T. B. y Lacy, E. J., 1982. Age and growth rate and longevity of *Carcharhinus leucas* estimated from tagging and vertebral rings. *Copeia*. (1): 110-115.
- Toledo A., y I. Bozada., 2002. *El delta del Río Balsas. Media ambiente, pesquerías y sociedad*. Instituto Nacional de Ecología, El Colegio de Michoacán. México. 294 p.

- Torres-Huerta A. Ma., 1999. Observaciones sobre la biología reproductiva de la cornuda barrosa *Sphyrna lewini* (Griffith y Smith, 1834) (Pisces: Sphyrnidae) en aguas del noreste de México. *Tesis de licenciatura en Biología*. UNAM, ENEP-Iztacala. México 68 p.
- Tovilla H. C., 1991 Oceanografía geológica. Golfo de California. 403-452 Pág. *In: de la Lanza E. P (Ed.). 1991. Oceanografía de mares mexicanos*. AGT Editor. S. A. 569 p.
- Tranah G. J., y L. G. Allen., 1999. Morphologic and genetic variation among six populations of the spotted sand bass, *Paralabrax maculatofasciatus*, from southern California to upper Sea Cortez. *Bull. Southern California Acad. Sci.* 98 (3): 103-118.
- Turcott Dolores Víctor, y E. Girón Botello., 1981. Productividad primaria en aguas costeras de Caleta de Campos, Mich. *Reporte de Biología de Campo*. Serie Ecología No. 20. Facultad de Ciencias UNAM. In-paginado.
- Uriel E., 1995. *Análisis de datos. Series temporales y análisis multivariante*. Editorial AC. Madrid, España. 438p.
- Vetter E. F., 1988. Estimation of natural mortality in fish “stocks: A review. *Fishery. Bulletin.* 86 (1): 25-43.
- Waldman Jr., 1999. The importance of comparative studies in “stock” analysis. *Fisheries Research.* 43 (1-3): 237-249.
- Walker T. I., 1992. Fishery simulation model for sharks applied to the gummy shark, *Mustelus antarticus* Günther, from Southern Australian Waters. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research.* 43: 195-212.

- Walker T. I., 1994a. Stock assessments of the gummy shark, *Mustelus antarticus* Günther, in Bass Strait off South Australia. 173-187 pag. In: Hancock D. A., (Ed.) 1994. *Population dynamics for fisheries management. Australian Society for Fish Biology Workshop Proceedings, Perth, Australia, 24-25 August 1993.*
- Walker T. I., 1994 b. Fishery model of the gummy shark, *Mustelus antarticus*, For Bass Strait. 422-438 pag. In: Bishop I., (Ed). 1994. *Proceedings of resource technology '94. New opportunities best practice.* The Centre for Geographic Information Systems and Modeling. University of Melbourne, Australia.
- Wetherall J. A., J. J. Polovina., y S. Ralston., 1987. Estimating growth and mortality. In: Steady-state Fish "stocks from length-frequency data. *ICLARM Conf. Proc.* (13): 53-74.
- Winans G. A., 1984. Multivariate morphometric variability in pacific salmon: Technical demonstration. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science.* 41: 1150-1159.
- Wintner, S. P., 2000. Preliminary study of vertebral growth rings in the Whale Shark, *Rhincodon typus*, from the east coast of South Africa. *Environmental Biology of Fishes.* 59: 441-451.
- Wintner, S. P., y G. Cliff., 1999. Age and growth determination of the white shark, *Carcharodon carcharias*, from the east coast of South Africa. *Fishery Bulletin* 97: 153-169.
- Wood C. C., K. S. Ketchen y R. J. Beamish., 1979. Population dynamics of spiny dogfish (*Squalus acanthias*) in British Columbia waters. *Journal of Fisheries Research of Board Canadian.* 36: 647-656.
- Wourms J. P., B. D. Grove, y J. Lombardi., 1988. The maternal-embryonic relationship in viviparous fishes. In. Hoar W.S y D.J. Randall., (Eds). 1988. *Fish Physiology*, Vol. 1, Part B. Acad. Press. N. Y. 1-34 p.

Yamaguchi, A., Taniuchi, T., y M. Shimizu, 2000. Geographic variations in reproductive parameters of the starspotted dogfish, *Mustelus manazo*, from five localities in Japan and in Taiwan. *Environmental Biology of Fishes*. 57(2): 221-233.

Yudin, K., y G. Cailliet., 1990. Age and growth of the gray smoothhound *Mustelus californicus*, and the brown smoothhound *M. henlei*, sharks from central California. *Copeia* (1): 191-204.

Zar, Jerrold H., 1999. *Biostatistical Analysis*. 4th Edition. Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, NJ. 931 pp.

Zarate-Rustrian J., 2002. Biología y pesquería del tiburón martillo, *Sphyrna lewini* (Griffith y Smith, 1834) de las aguas costeras del Golfo de México. *Tesis de licenciatura en Biología*. Facultad de Ciencias UNAM. México. 69 p.