



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

Edad y crecimiento del tiburón bironche,
Rhizoprionodon longurio (Jordan y Gilbert, 1882) en
Mazatlán, Sinaloa.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

BIÓLOGA

PRESENTA

LIZETH IVONNE LÓPEZ GARCÍA



Director de Tesis
M. en C. Javier Tovar Avila

México, 2006



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.

Datos del jurado

1. Datos del alumno

Apellido paterno: López

Apellido materno: García

Nombre (s): Lizeth Ivonne

Teléfono: 57148828

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ciencias

Biología

2. Datos del tutor

Maestro en Ciencias

Nombre (s): Javier

Apellido paterno: Tovar

Apellido materno: Avila

3. Datos del sinodal 1

Maestro en Ciencias

Nombre (s): Ramón Enrique

Apellido paterno: Morán

Apellido materno: Angulo

4. Datos del sinodal 2

Maestro en Ciencias

Nombre (s): José Ignacio

Apellido paterno: Fernández

Apellido materno: Méndez

5. Datos del sinodal 3

Maestro en Ciencias

Nombre (s): María Teresa

Apellido paterno: Gaspar

Apellido materno: Dillanes

6. Datos del sinodal 4

Biólogo

Nombre (s): María de Jesús

Apellido paterno: Cruz

Apellido materno: Pacheco

7. Datos del trabajo escrito

Título: Edad y crecimiento del tiburón bironche, *Rhizoprionodon longurio* (Jordan y Gilbert, 1882) en Mazatlán, Sinaloa.

No. de páginas: 66

Año: 2006

Dedicatoria

*A mis padres
Por su arduo trabajo para salir adelante,
por su constancia ante la adversidad
y por su apoyo a lo largo de mi vida*

*A mis sobrinos
Por ser la luz en momentos de oscuridad,
por su motivación y su alegría*

*A mis hermanos
Por su apoyo y dejarme compartir
instantes de nuestra vida*

*A mis cuñados
Por su apoyo y por contribuir a mi familia*

Agradecimientos

A mi director de Tesis, M. en C. Javier Tovar Ávila, por el apoyo en la realización de este trabajo, orientación y motivación en momentos precisos.

A mi asesor externo, M. en C. Ramón Morán por su hospitalidad, por la oportunidad de realizar este trabajo, por su entusiasmo y por la revisión de este trabajo.

A la M. en C. Ma. Teresa Gaspar, por su apoyo, por sus comentarios para enriquecer este trabajo y por su amistad.

Al M. en C. Ignacio Fernández, por dedicar tiempo a la revisión de este trabajo y por sus comentarios para mejorarlo.

A la Bióloga Ma. de Jesús Cruz por sus correcciones a este trabajo.

Como mención especial a todos los pescadores de Playa Sur, Mazatlán, que con su enorme colaboración pudimos obtener la materia prima y por consiguiente la elaboración de este trabajo.

A todos los integrantes del Laboratorio de Ecología de Pesquerías de la Facultad de Ciencias del Mar, UAS., M. en C. Myrna Valdez, M. en C. Sofía Santos, Saúl, Diego, Rebeca, Luis, Gil, y demás estudiantes, por hacer mi estancia más agradable, por su hospitalidad, por las charlas y por su apoyo. A mis compañeros de muestreo Vanesa y Yassir, así como a mis compañeras de vivienda, Laura y Angélica.

Al Dr. Sergio Cevallos, del Instituto de Geología, de la UNAM y a Carlitos por el apoyo para realizar los cortes de las vértebras.

Al Instituto Nacional de la Pesca por las facilidades otorgadas en el material de laboratorio y de cómputo, en especial a Gerardo García y Rodrigo Cid.

A mis amigas, Cristina, Dhira y Paulina por el apoyo incondicional y su amistad.

A Karla por compartir momentos cruciales en la realización del trabajo.

Este trabajo fue realizado en el Taller de Evaluación y Administración de Recursos Pesqueros, impartido en la Facultad de Ciencias, Biología.

INDICE

	<i>página</i>
Dedicatoria	<i>i</i>
Agradecimientos	<i>ii</i>
Resumen	<i>vi</i>
1. Introducción	1
1.1. El tiburón como recurso pesquero	1
1.2. Características biológicas de los tiburones	3
1.3. Importancia del estudio de la edad y crecimiento para la evaluación de las poblaciones de tiburones	4
1.3.1. Estimación de edad	
1.3.2. Estructura de la vértebra y formación de los anillos de crecimiento	
1.3.3. Verificación y validación	
1.3.4. Modelos matemáticos para estimar edad	
1.4. Importancia del tiburón bironche en playa Sur , Mazatlán, Sinaloa	10
1.4.1. Descripción del tiburón bironche <i>Rhizoprionodon longurio</i>	
1.4.1.1. Taxonomía	
1.4.1.2. Nombres comunes	
1.4.1.3. Características distintivas	
1.4.1.4. Alimentación	
1.4.1.5. Reproducción	
1.4.1.6. Pesquería	
2. Antecedentes	14
3. Área de estudio	17
4. Objetivos	20
5. Materiales y métodos	21
6. Resultados	29
6.1. Distribución de tallas	

6.2.	Relación entre la longitud total y peso	
6.3.	Relación entre la longitud total y longitud del clasper	
6.4.	Relación entre la longitud total y el radio vertebral	
6.5.	Lectura de bandas de crecimiento	
6.6.	Precisión de las lecturas	
6.7.	Validación	
6.8.	Crecimiento	
6.8.1.	Estimación de edades	
6.8.2.	Parámetros de crecimiento	
6.8.3.	Diferencias entre las curvas de crecimiento	
6.9.	Retro-cálculo	
7.	Discusión	47
8.	Conclusiones	52
9.	Bibliografía	53

RESUMEN

La edad y crecimiento del tiburón bironche, *Rhizoprionodon longurio*, es estimado a partir de la lectura de bandas de crecimiento formados en la vértebras. Se analizaron 59 vértebras (27 hembras y 32 machos) que fueron obtenidas de la captura comercial en Playa Sur, Mazatlán, Sinaloa, de octubre de 2003 a marzo del 2004. La captura estuvo compuesta por dos grupos de tallas, juveniles (47–78 cm de LT) y adultos (88–127cm de LT) capturados selectivamente por las artes de pesca utilizados. La validación de la formación de las bandas de crecimiento fue realizada mediante el método de incremento marginal. Los parámetros de crecimiento para hembras y machos fueron significativamente diferentes, ya que las hembras tienden a ser más grandes. Los parámetros de crecimiento para hembras son: $L_{\infty}=116.88$, $k= 0.26$ por año y $t_0= -1.70$ y para machos $L_{\infty}=107.56$, $k= 0.30$ por año y $t_0= -1.30$. Para longitudes retro-calculadas $L_{\infty}=115$, $k= 0.21$ por año y $t_0= -1.86$ y $L_{\infty}=102$, $k= 0.34$ por año y $t_0= -1.13$, para hembras y machos, respectivamente. Se observó el fenómeno de Lee. Los parámetros de crecimiento mediante el método de máxima verosimilitud y por mínimos cuadrados fueron idénticos. La edad de madurez estimadas es de 5–6 años (92 cm de LT) para hembras y 4–5 años (88 cm de LT) para machos. La edad de la hembra más grande fue de 10 años (127 cm de LT) y la edad del macho más grande fue de 10 años (103 cm de LT). El tiburón bironche, *Rhizoprionodon longurio* es una especie de crecimiento rápido y de pequeña talla.

Edad y crecimiento del tiburón bironche, *Rhizoprionodon longurio* (Jordan y Gilbert, 1882) en Mazatlán, Sinaloa.

1. Introducción

1.1. El tiburón como recurso pesquero

La actividad pesquera tiene un importante valor económico, social y alimenticio, tanto en México como en el mundo, ya que la pesca genera divisas, da empleo directo y produce proteína animal para consumo humano directo e indirecto. Sin embargo, la creciente demanda de productos pesqueros y su mala administración han generado un esfuerzo pesquero y tasas de aprovechamiento generalmente superiores a las que los recursos pesqueros pueden soportar (SEMARNAP, 1998).

De alrededor de 450 especies vivientes de tiburones identificadas hasta la fecha en el mundo (Compagno, 1990) 100 son reportadas para aguas de México, de las cuales, 80 se han documentado científicamente (Applegate *et al.*, 1994). Con base en los estudios llevados a cabo por el Instituto Nacional de la Pesca, desde 1981 se ha corroborado que 40 especies de tiburones son explotadas comercialmente en ambos litorales de México (Castillo, 1990), de las cuales, más de 30 son frecuentemente capturadas y de éstas no más de 15 son económicamente importantes.

La pesca de tiburón en aguas mexicanas ha sido una actividad tradicional por largo tiempo. Según Applegate *et al.* (1979) dicha actividad se remonta a épocas prehispánicas cuando los Olmecas y Aztecas, quienes aparentemente fueron capaces de distinguir entre las diferentes especies, utilizaban este recurso. Esta pesquería es actualmente artesanal, ribereña y multiespecífica, operando de acuerdo a la disponibilidad estacional del recurso (Castillo *et al.*, 1998).

El tiburón, como otros productos marinos, es un recurso con un gran potencial alimenticio e industrial, ya que se considera que puede ser aprovechado de forma integral. Todas las partes del tiburón son utilizables para distintos fines: aletas, piel, carne, hígado, dientes, vísceras y cartílago (Hernández, 1971; Castillo, 1990; Bonfil, 1994; Macías, 1995).

La pesquería del tiburón-cazón aportó el 2.3% de la producción pesquera nacional en el año 2003, estimada en 23,080 ton. A la captura total de tiburón-cazón, el litoral del Pacífico aportó el 82.5% (17,545 ton) y el resto fue aportado por el Golfo de México y Mar Caribe (SAGARPA, 2004) (Fig. 1).

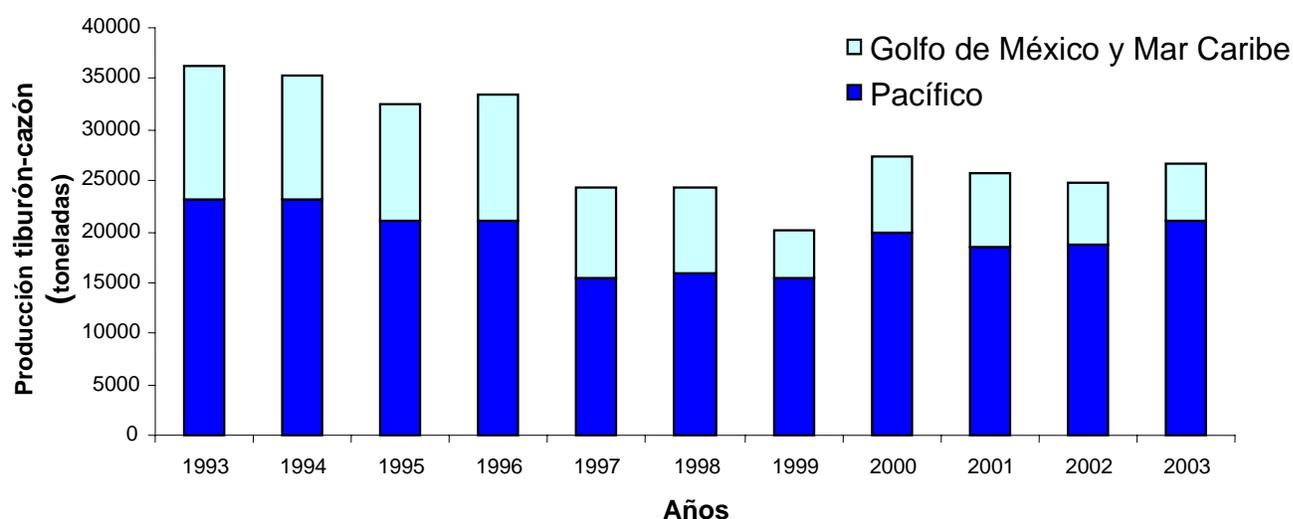


Figura 1. Tendencia histórica de la producción pesquera nacional de tiburón-cazón de 1993 a 2003.

Fuente: Anuario Estadístico de Pesca, (SAGARPA, 2004).

En el Pacífico Central Mexicano en particular el Estado de Sinaloa aportó 4,050 ton a la captura del 2003, situándolo como el segundo estado en producción pesquera anual de tiburón-cazón durante ese año (SAGARPA, 2004) (Fig. 2).

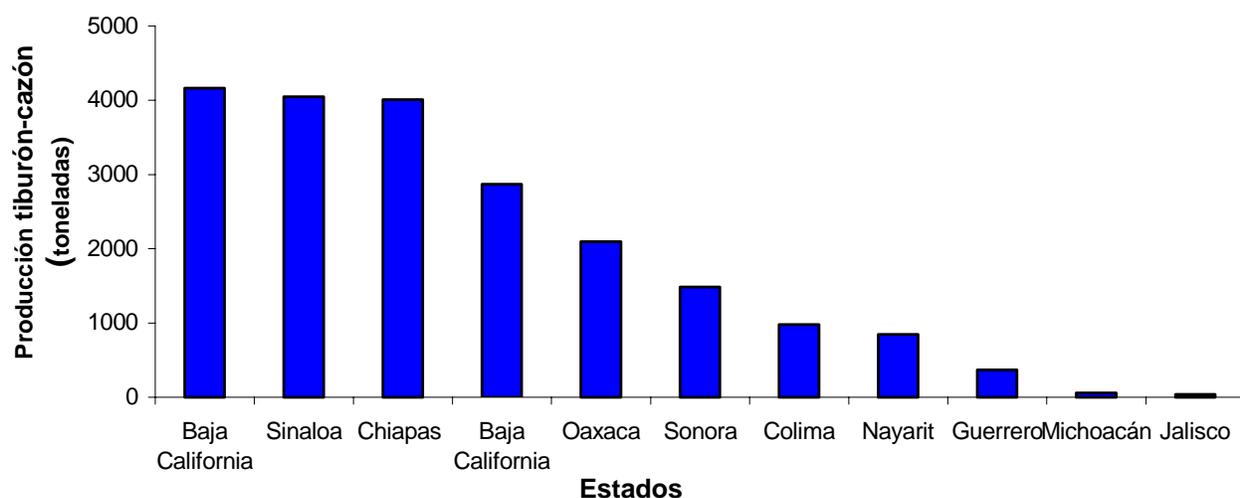


Figura 2. Producción pesquera de tiburón-cazón en el litoral Pacífico por Estado durante 2003.

Fuente: Anuario Estadístico de Pesca, (SAGARPA, 2004)

Es necesario aclarar que se denomina “cazón” a cualquier tiburón menor de 1.5 metros de longitud total. Esta equivocada clasificación incluye a tiburones adultos de especies que no sobrepasan esa talla, al igual que juveniles de tiburones de mayor tamaño.

1.2. Características biológicas de los tiburones

Los tiburones poseen un bajo potencial productivo, determinado por periodos de gestación largos, crecimiento lento, madurez sexual tardía, gran longevidad y un aparente mecanismo denso dependiente asociado a la relación stock-reclutamiento (Walker, 1998). Estas características biológicas ubican a los tiburones como organismos de bajo potencial productivo comparado con los peces óseos y otros recursos pesqueros marinos (por ejemplo, los invertebrados) haciéndolos susceptibles a ser sobrexplotados y a que presenten una baja capacidad para recuperarse a la sobrepesca (Holden, 1974). Lo anterior ha propiciado un abrupto decremento de la abundancia de algunas poblaciones desde hace varias décadas, algunas de las cuales aún no presentan signos de recuperación (Rodríguez de la Cruz *et al.*, 1996).

Una pesquería intensiva dirigida a los organismos puede una población de tiburones deteriorando su tamaño rápidamente si no es manejada adecuadamente. Uno de los grandes problemas que surgen con el incremento de la explotación de los elasmobranquios es la falta de información de sus historias de vida necesaria para realizar un manejo efectivo (Holden ,1977)

1.3. Importancia del estudio de la edad y crecimiento para la evaluación de las poblaciones de tiburones

Los estudios de edad y crecimiento resultan esenciales para la evaluación de la dinámica y estructura poblacional de las especies explotadas (Holden y Raitt, 1975; Powers, 1983; Officer *et al.*, 1996).

El conocimiento del crecimiento somático de un determinado recurso es esencial para la mayor parte de los objetivos de la evaluación pesquera, puesto que el crecimiento de los organismos constituye precisamente, año tras año, la fuente de suministro de las capturas extraídas por una pesquería (Caddy, 1983).

1.3.1. Estimación de la edad

La estimación de la edad es una forma común de estimar el crecimiento somático, mortalidad, reclutamiento y otros parámetros fundamentales en el estudio de las poblaciones.

La estimación de las edades, tanto en los peces óseos como en los elasmobranquios puede hacerse por métodos directos o indirectos (Brothers, 1987). Los métodos directos como el marcaje y recaptura y los estudios de crecimiento de los organismos en cautiverio, sólo pueden llevarse a cabo en organismos en los cuales al menos una edad parcial es conocida y el crecimiento a través de un intervalo de tiempo puede ser documentado. El inconveniente de estos estudios es el bajo porcentaje de organismos recuperados en el primer caso y la incapacidad de muchas especies para sobrevivir en

cautiverio, además del alto costo y el tiempo requerido para la obtención de resultados (Beamish y McFarland, 1983; Branstetter, 1987).

Entre los métodos directos de estimación de edad también se encuentra la cuantificación de marcas periódicas en partes duras, siendo las vértebras en los tiburones y las rayas, las estructuras utilizadas por tener mayor grado de calcificación. En algunas especies las vértebras situadas debajo de la aleta dorsal son utilizadas por ser las más grandes en tamaño (Tovar, 2000).

El análisis de marcas de crecimiento en las vértebras ha sido considerado un método útil para la determinación de la edad en la mayoría de los elasmobranquios, documentado por mas de 80 años (Ridewood, 1921). Esta ha sido la técnica más adecuada para estimar la edad en carcharhinidos (Cailliet *et al.*, 1983; Parson, 1985; Cailliet, 1990), debido a que en estos organismos el crecimiento del esqueleto de cartílago calcificado ocurre por un proceso de depositación de calcio y no existe evidencia de reabsorción o modificación interna de éste (Simkiss, 1974; Clement, 1992; Officer, 1997).

La lectura de marcas periódicas se basa en la interpretación de zonas con cantidades diferentes de calcio, que se asumen como bandas de crecimiento y cuya formación esta relacionada con cambios estacionales a los que estuvo sujeto el organismo a lo largo de su vida (Casselmann, 1974; Branstetter *et al.*, 1987).

Además de ser observadas directamente, se han desarrollado distintos métodos para resaltar dichas bandas de crecimiento en diversas especies de elasmobranquios (Cailliet *et al.*, 1983), estos métodos de resalte incluyen técnicas de tinción, impregnación del borde vertebral con grafito, radiografías, radiometría y análisis de la concentración de isótopos, tejido proteínico y de la calcificación fisiológica.

1.3.2. Estructura de la vértebra y formación de anillos de crecimiento

La formación de las bandas de crecimiento en las vértebras está relacionada con la depositación de calcio y fósforo, que son incorporados mediante el proceso de crecimiento e influenciados por los cambios de temperatura y su efecto en la incorporación de estos elementos (Casselman, 1983). La depositación heterogénea de estos minerales en las vértebras está relacionada con distintos factores: variación estacional en la calidad y cantidad de alimento, ritmos biológicos de cada especie (Kusher, *et al.*, 1992) o estrés provocado durante la época de reproducción o migraciones.

El término *annulus* es utilizado para definir una banda de crecimiento, definido como una zona concéntrica o marca (Cailliet *et al.*, 2004)). Mientras que los términos opaco y hialino son comúnmente usados para describir las bandas de crecimiento; en donde generalmente un par de bandas es considerado como un ciclo anual para la mayoría de los condictios (Branstetter, 1987).

Los cortes de las vértebras han sido utilizados para facilitar la estimación de la edad. A partir de un corte longitudinal se pueden definir dos secciones principales en las vértebras: el *corpus calcareum* y la *intermedialia*, donde se encuentran los *annuli* o bandas de crecimiento (Fig. 3).

En los cortes de las vértebras se observa generalmente un cambio de ángulo en el borde externo del *corpus calcareum*, atribuido a la diferencia de crecimiento intrauterino y el crecimiento postnatal (Walter y Ebert, 1991). A este cambio de ángulo se le denominada “marca de nacimiento” (Fig. 3).

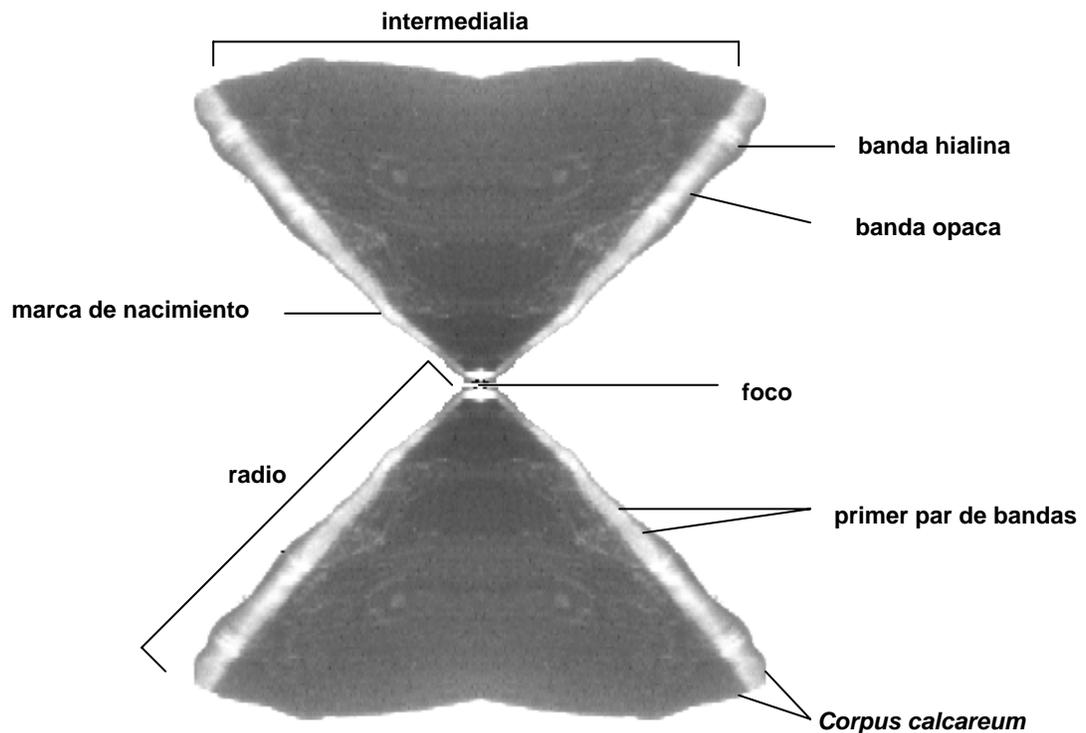


Figura 3. Estructura de una vértebra cortada longitudinalmente

En un microscopio con luz transmitida las bandas opacas representan el crecimiento en verano, estación en la que se presenta mayor depositación de sales de materia orgánica (Cailliet *et al.*, 2004), debido a que hay una mayor concentración de alimento disponible, mientras que las bandas hialinas representan los períodos de invierno (Tovar, 2000) (Fig. 3).

1.3.3. Verificación y validación

La verificación del método y la validación de la formación periódica de las bandas de crecimiento son de suma importancia en los estudios de estimación de edad (Cailliet, 1990; Officer, 1995; Gallucci, 1996). La verificación se define como el proceso de confirmar una edad estimada por un método con la estimada por otro, mientras que la validación se define como la conclusión de varias hipótesis probadas, de la periodicidad con que las bandas son depositadas (Cailliet, 1990). Esta última confirma

la frecuencia de formación de las bandas de crecimiento en una estructura dada y confirma que estas han sido interpretadas correctamente por el lector (Campana, 2001).

Existen diversos métodos de validación, clasificados en métodos directos e indirectos. Entre los métodos de validación directa, están el marcaje- recaptura de organismos marcados con algún fluorocromo como la oxitetraciclina (OTC), dataje radioquímico, mantenimiento de peces en cautiverio. Entre los métodos indirectos de validación, el método comúnmente utilizado en los elasmobranquios es el análisis del incremento marginal, el cual proporciona información sobre el proceso de formación de las bandas de crecimiento en un ciclo (Branstetter, 1987). Con este método se puede distinguir en la vértebra de los organismos una marca que corresponde al final de un par de bandas (opaca y hialina), también se puede determinar la formación estacional o mensual de cada banda. La popularidad de este método se puede atribuir a los requerimientos de muestreo modestos y bajo costo, sin embargo, algunas de las limitaciones son el requerimiento de muestras durante todo un año y solo es adecuado para peces juveniles de rápido crecimiento (Campana, 2001).

1.3.4. Modelos matemáticos para estimar el crecimiento somático

La ciencia pesquera ha desarrollado y utilizado modelos estadísticos y matemáticos para describir diversos procesos en las poblaciones pesqueras, tales como los cambios en biomasa total, las distribuciones de frecuencia de talla, el crecimiento poblacional, las distribuciones espaciales o las relaciones stock reclutamiento, y así poder entender la dinámica de las poblaciones explotadas (Haddon, 2001).

El crecimiento corporal de los peces ha sido comúnmente descrito mediante el modelo de von Bertalanffy (1938), que describe el crecimiento de los organismos relacionando su edad y longitud. Este modelo ha sido uno de los métodos más usados en biología pesquera para describir la dinámica de las poblaciones (Bartoo *et al.*, 1983). La ecuación del modelo incorpora la edad del pez y los parámetros L_{∞} , k y t_0 , de los

cuales L_{∞} y k pueden ser interpretables biológicamente (Sparre, 1992). La curva de crecimiento representa el crecimiento promedio de los miembros de una población (Haddon, 2001) (Fig. 4).

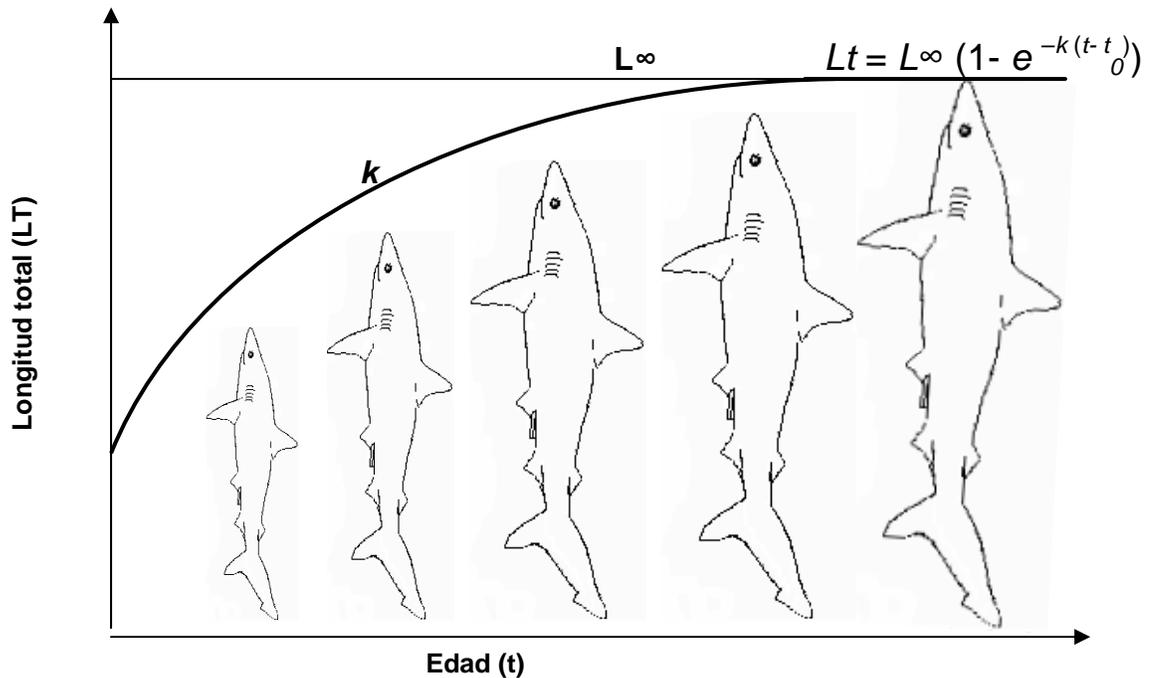


Figura 4. Representación esquemática del crecimiento somático de los peces de una población descrito por la ecuación de von Bertalanffy (1938). (Modificado de Sparre, 1992)

El método de máxima verosimilitud permite estimar los parámetros de la ecuación de von Bertalanffy para poblaciones particulares. Es usualmente caracterizado como la determinación o la búsqueda de un conjunto de parámetros que maximicen la probabilidad de que los valores observados ocurran dado un modelo particular y un conjunto de parámetros (L_{∞} , k y t_0) (Haddon, 2001).

El retrocálculo es un método que permite describir la historia de crecimiento de un individuo muestreado (Caillet *et al.*, 2004); se basa en el supuesto de una relación proporcional entre el crecimiento de una parte dura (la vértebra en este caso) y la talla corporal del pez, asume que el incremento en radio de cada anillo formado en la vértebra es proporcional al incremento en longitud del pez (Sparre, 1992) (Fig.5). Es

importante mencionar que el retrocálculo no es un método de validación ni de verificación, muestra simplemente la secuencia de incrementos de crecimiento independientemente que sea o no la interpretación correcta (Campana, 2000).

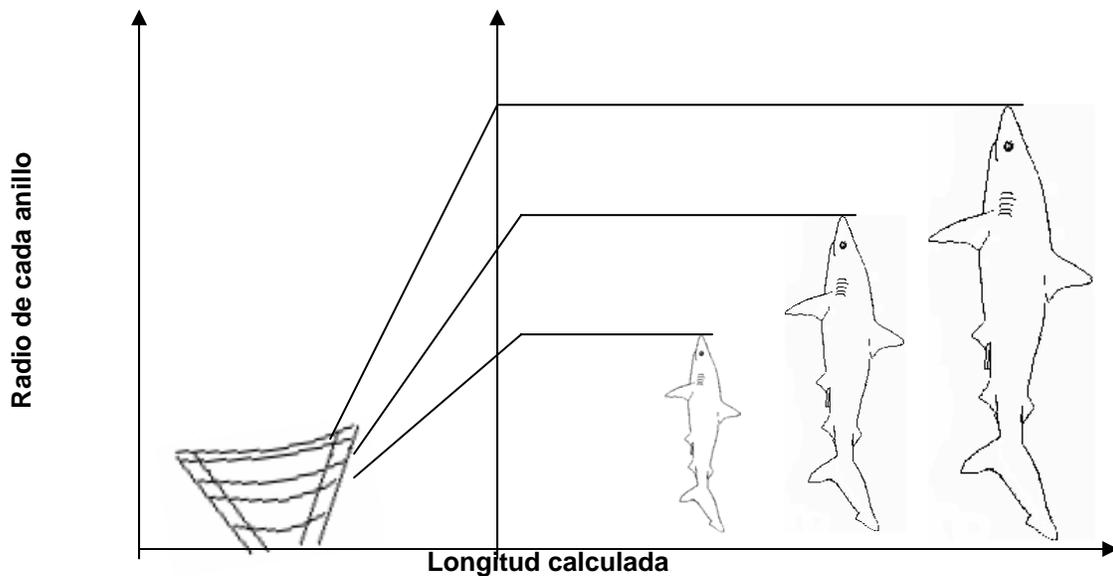


Figura 5. Representación esquemática de la estimación de la longitud de un pez a partir de los radios de las bandas de crecimiento mediante el método de retrocálculo (modificado de Sparre, 1992)

1.4. Importancia del tiburón bironche en Playa Sur, Mazatlán, Sinaloa

El tiburón bironche, *Rhizoprionodon longurio*, habita las aguas costeras del océano Pacífico oriental tropical, desde el sur de California hasta Perú (Compagno, 1984). Es el único tiburón del género *Rhizoprionodon* en el Pacífico Oriental. Se encuentra desde la zona intermareal hasta por lo menos 27 m de profundidad (Fig. 6), siendo quizás el tiburón costero más abundante que se conoce en ciertas áreas como el Golfo de California (Bizarro, 1998).

En la región sur del Golfo de California, que comprende las costas del sur de Sinaloa y Nayarit, los estudios realizados sobre la pesca ribereña de tiburones han permitido determinar que las principales especies que sostienen esta pesquería son el tiburón martillo, *Sphyrna lewini* y *Rhizoprionodon longurio* (Saucedo *et al.*, 1982; Rodríguez, 1986; Corro, 1997; Sarabia *et al.*, 2002; Vázquez, 2003).



Figura 7. Distribución del tiburón bironche *Rhizoprionodon longurio* (Tomado de Compagno, 1984).

1.4.1. Descripción de *Rhizoprionodon longurio*

1.4.1.1. Taxonomía

Springer (1964), ubicó a la especie dentro del género *Rhizoprionodon*, excluyéndolo del género *Scoliodon*, donde anteriormente estaba incluido. La clasificación de R. Longurio es:

Familia Carcharhinidae
Orden Carchariniformes
Clase Elasmobranquios
Género *Rhizoprionodon*
Especie *Rhizoprionodon longurio*

1.4.1.2. Nombres comunes

R. longurio es comúnmente conocido como: tiburón o cazón bironche, tollo, pacific sharpnose shark en inglés,

1.4.1.3. Características distintivas

R. longurio presenta surcos labiales superiores largos. Carece de espiráculos. Los dientes presentan bordes aserrados en los adultos, con cúspides oblicuas, no diferenciados por sexo. El origen de la primera aleta dorsal está situado por delante de los extremos libres de las aletas pectorales, mientras que el origen de la segunda aleta dorsal está situado a la altura posterior de la base de la aleta anal. La aleta anal presenta crestas preanales largas y un borde posterior levemente cóncavo. El color del dorso es gris o gris-marrón, vientre blanco, aletas pectorales de bordes claros y las dorsales con ápices oscuros (Bizarro, 1998) (Fig. 8).

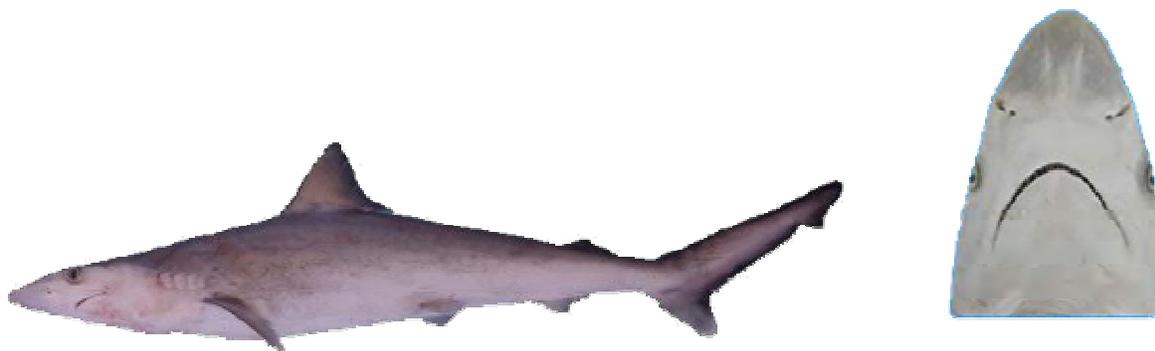


Figura 8. *Rhizoprionodon longurio* (tomado de Compagno, 1984).

1.4.1.4. Alimentación

R. longurio se alimenta principalmente de crustáceos, cefalópodos (*Loliolopsis diomedae*) y peces teleósteos (*Scombridae*) (Alatorre, 2003; Márquez-Farías, et al., 2005). Los análisis estomacales de este tiburón indican que se alimenta generalmente cerca o sobre el fondo de la plataforma costera, siendo un depredador generalista que

depreda los peces que habitan sobre el fondo arenoso de la costa oriental del sur del Golfo de California (Castillo, 1990).

1.4.1.5. Reproducción

R. longurio es una especie vivípara. El promedio de la longitud total al nacer es de 31 cm, alcanzada después de un período de gestación de 10 a 11 meses. El número promedio de embriones por hembra es de 7 (Márquez-Farías *et al.*, 2005). La madurez sexual de los machos comienza a los 93 cm de LT, que corresponde a una edad de 2.77 años, y para las hembras a los 83 cm de LT a una edad de 2.34 años según Castillo (1990).

1.4.1.6. Pesquería

La pesca de *R. longurio* es típicamente artesanal (Castillo *et al.*, 1998), capturándose normalmente con palangres y redes agalleras, a bordo de pangas de 28–32.5 m de longitud. La jornada de trabajo de un pescador normalmente dura de 12 a 24 hrs. El número de tripulantes es de 2 a 3 y la capacidad de la panga es de 1.5 toneladas (Márquez-Farías *et al.*, 2005). La carne se comercializa en fresco y congelado para el consumo humano, o se reduce a harina (Bizarro, 1998).

La captura de esta especie se facilita porque sus movimientos migratorios están asociados fuertemente con los cambios en la temperatura del mar (Saucedo *et al.*, 1982; Márquez-Farías *et al.*, 2005), mostrando un marcado patrón estacional. La mayor abundancia en las costas de Mazatlán se presenta cuando la temperatura del agua es más baja (14.4 a 17.8 °C) a una profundidad de 22 a 40 brazas (Manjarez-Acosta *et al.*, 1983), lo cual sucede en los meses de diciembre a marzo con un pico máximo en febrero, disminuyendo paulatinamente hacia el mes de abril y mayo (Márquez-Farías, *et al.*, 2005).

2. Antecedentes

Existen pocos estudios sobre la estimación de edad y crecimiento para el tiburón bironche.

Rodríguez (1986) realizó el primer estudio para determinar la edad de *Rhizoprionodon longurio* a partir de la lectura de bandas de crecimiento en vértebras y determinó la influencia de la temperatura en el desplazamiento de la especie, concluyendo que esta especie se desplaza asociada a las corrientes de aguas templado-frías. Este autor estimó el crecimiento de la especie en aproximadamente 10 cm por año. La longitud máxima encontrada fue de 108.6 cm de LT, con una constante de crecimiento (k) de 0.35 calculada para ambos sexos. La longitud promedio al nacer fue de 31.9 cm de LT. Rodríguez menciona también que el crecimiento de *R. longurio* en los primeros 4 años de vida libre es acelerado, disminuyendo gradualmente en los años siguientes, siendo durante el primer año un crecimiento menor al de los tres años subsecuentes. Las diferencias en las tasas anuales de crecimiento son atribuidas a la falta de alimentación después del nacimiento. A partir del cuarto año el crecimiento es más lento, debido a que en estos años se presenta la etapa de la madurez sexual y debido a que estos organismos llegan a su máxima longitud, ya que esta especie no es de grandes dimensiones.

Durante 1997 Castillo-Géniz llevó a cabo el muestreo de 1,145 organismos del cazón bironche, de los cuales, 769 fueron hembras con un rango de tallas de 82–120 cm de LT y 376 machos, con un rango de 86–110 cm de LT.

Para estimar el crecimiento de la especie este autor utilizó el método teórico desarrollado por Holden (1974) para poblaciones de elasmobranquios, que utiliza información biológica como talla de nacimiento, longitud máxima observada y duración del período de gestación. Las hembras presentaron mayores longitudes que los machos y las tasas de crecimiento fueron similares (Tabla 1). También examinó 39 hembras grávidas del tiburón bironche cuyas longitudes oscilaron entre los 83–120 cm de LT. El

número máximo de embriones observado por hembra fue de 11 y el mínimo de 5, con un promedio de 7 (Tabla 1.)

La curva de crecimiento elaborada por Castillo (1990) para las hembras indica que los organismos recién nacidos (neonatos) crecen en longitud alrededor de 25 cm durante el primer año de vida libre, mientras que los machos crecen 26 cm. Estos incrementos se van reduciendo paulatinamente en ambos sexos conforme aumenta la edad del organismo. *R. longurio* tiene una longevidad teórica de 10 años de acuerdo a este autor.

Tabla1. Información sobre la biología de *Rhizoprionodon longurio* registrada en estudios previos.

Parámetro	Compagno (1984)	Rodríguez (1986)	Castillo (1990)	Márquez-Farias <i>et al.</i> (2005)
Longitud máxima (cm)	110–154		126.31 (hembras) 115.78 (machos)	129.5 (hembras) 108 (machos)
Talla de primera madurez (cm)			83 (hembras) 86 (machos)	85 (hembras) 93 (machos)
Edad de primera madurez (años)		4-5 (sexos combinados)	2.3 (hembras) 2.7(machos)	
Talla al nacer	33–34	31.9	32	
Periodo de gestación (meses)			10–11	10–11
Longevidad (años)			10–15	
<i>k</i>		0.3488	0.30 (hembras) 0.33 (machos)	

Márquez- Farías *et al.* (2005) llevó a cabo el muestreo de 3464 organismos de *R. longurio*, de los cuales observó que es una especie vivípara y de pequeña talla. También realiza algunas observaciones sobre la talla de nacimiento, período de gestación, número de embriones y determino la talla de madurez sexual para hembras y machos (Tabla 1). Encontró que las hembras alcanzan tallas mayores que los machos.

Área de estudio

El Golfo de California se caracteriza por ser una zona de transición de zonas geográficas y cualidades hidrodinámicas singulares, resultando en alta diversidad de especies que lo habitan de manera permanente o temporal. La circulación del Golfo de California es caracterizada por la presencia de corrientes de norte a sur durante el invierno y de sur a norte durante el verano (Álvarez, 1983). Dada la diversidad de tiburones que habitan en aguas del Pacífico de México y del Golfo de California, la composición específica de las capturas varía según la región y estación del año.

En la boca del Golfo de California se caracteriza por la presencia de tres masa de agua superficial: la corriente fría de California, que fluye hacia el sur a lo largo de la costa occidental de Baja California, la corriente de agua cálida del Pacífico Ecuatorial, que corre desde el sureste y la masa de agua caliente del Golfo (Álvarez, 1983).

En el estado de Sinaloa se ubican varios campamentos pesqueros como Altata, Dimas Teacapán, Barras de Piaxtla y Playa Sur en Mazatlán, que son importantes por su aportación a la producción de tiburón en el estado.

El área de captura se caracteriza por una amplia plataforma de leve declive y fondos blandos de origen terrígeno y litoral de playa. Esta área se localiza en el Océano Pacífico en la zona sur del estado de Sinaloa, comprende desde la estación Mármol, localizada a la 23°13'00" Latitud Sur y 106°30'00" Longitud Oeste hasta la boca de Chametla a los 23°45'25" Latitud Norte y 106°05'15" Longitud Oeste. Aunque en ocasiones capturan en zonas próximas a la Isla Isabel, la mayoría de los pescadores tienden a pescar cerca de la costa (10–50 brazas de profundidad) dependiendo de las características de las embarcaciones y el equipo de pesca empleado (Fig. 9).

El clima de la zona es tropical sub-húmedo, con precipitaciones en verano y una oscilación térmica anual menor de 10° C. La temperatura promedio anual es de 25° C y la precipitación promedio es de 850 mm^3 (García, 1973).

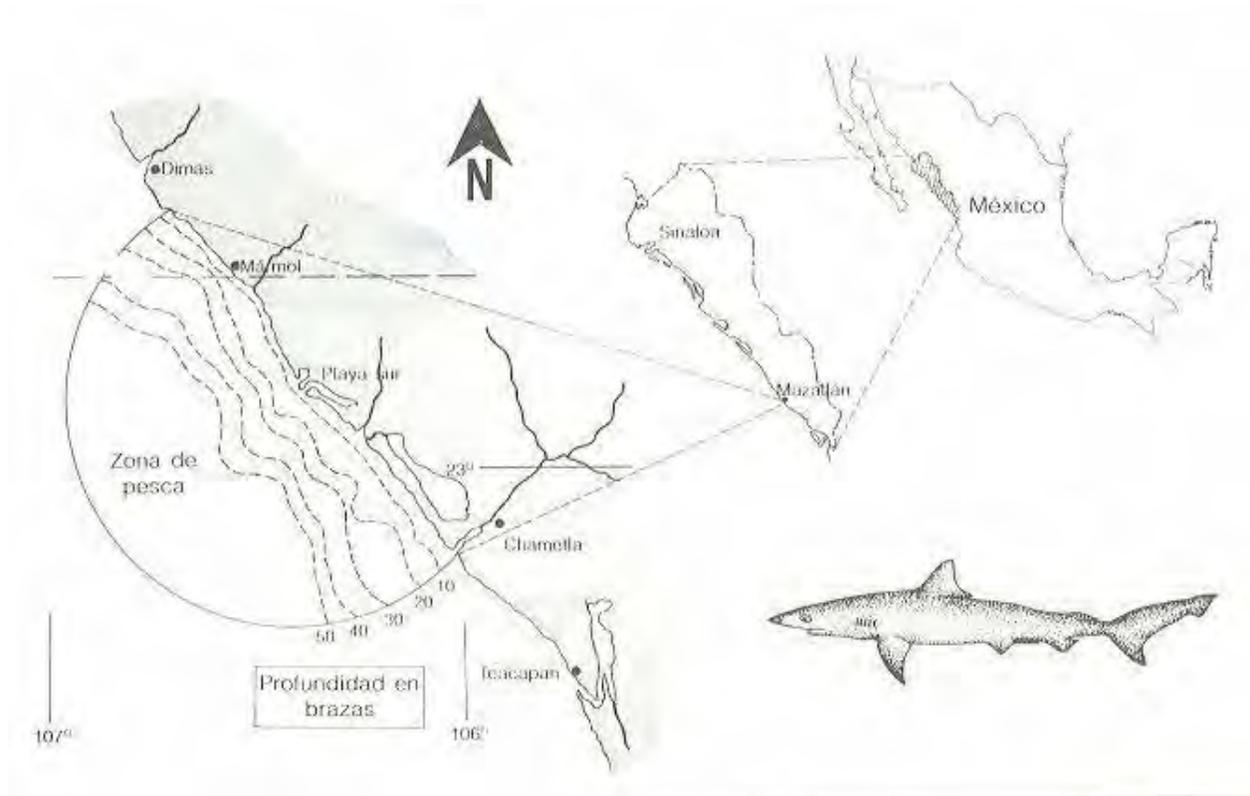


Figura 9. Principal zona de pesca de la flota artesanal de Playa Sur, Mazatlán, Sinaloa.

El campo pesquero Playa Sur, se localiza al sur del puerto de Mazatlán, ubicado geográficamente a 23°11'00" Latitud Norte y 106° 26' 30" Longitud Oeste. En este campamento se desembarca principalmente tiburón y cazón de la flota escamera artesanal de Mazatlán. El campamento colinda al norte con el fraccionamiento urbano "Playa sur", al sur con al antepuerto, al este con la Isla de la Piedra y al oeste con las instalaciones de los transbordadores de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (Fig. 10).

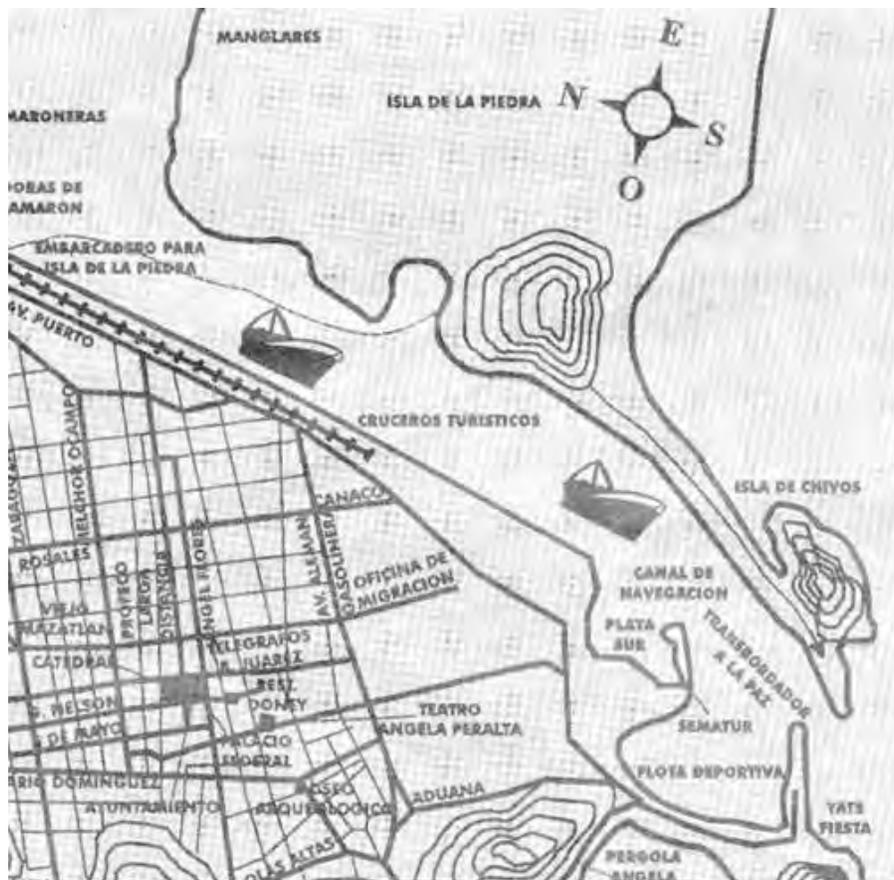


Figura 10. Ubicación del área de estudio.

Objetivos

Objetivo general

Estimar la estructura de edad y el crecimiento del tiburón bironche *Rhizoprionodon longurio* (Jordan y Gilbert, 1882) en Mazatlán, Sinaloa.

Objetivos particulares

- Describir la estructura de tallas de la captura comercial
- Obtener la relación longitud-peso
- Obtener la relación entre a longitud total y longitud del cláspes
- Estimar la edad mediante la lectura de bandas de crecimiento
- Obtener la relación entre a longitud total y el radio de la vértebra
- Verificar y validar la formación de los bandas de crecimiento mediante el método de incremento marginal
- Determinar la relación entre la talla y edad
- Obtener los parámetros de crecimiento de la ecuación de von Bertalanffy

Materiales y Métodos

Los muestreos se llevaron a cabo en el campamento pesquero Playa Sur, en Mazatlán, Sin., de octubre del 2003 a marzo del 2004.

Los organismos fueron identificados utilizando la clave “A field Guide to the Elasmobrachs of the Gulf of California” (Bizarro, 1998), posteriormente se tomó la LT y en machos la longitud del cláspen (Fig. 11) con ayuda de una cinta métrica graduada cada 2 mm. También se determinó el sexo de los organismos y estos se clasificaron de acuerdo a su estado de madurez sexual en:

Neonatos: organismos recién nacidos con presencia de cicatriz umbilical

Juveniles: Los machos presentan los órganos reproductores delgados y flácidos

Adultos: Los machos presentan los gonopterigios (cláspen) completamente calcificados y con capacidad de rotación para cualquier ángulo. Las hembras presentan marcas en aletas o el dorso que indican la reciente cópula, óvulos desarrollados o embriones.

En el caso de las hembras preñadas se registraron el número de embriones, su sexo y talla.

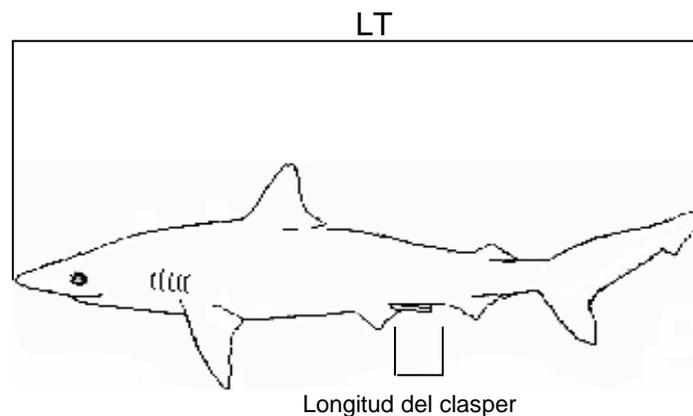


Figura 11. Registro de medidas morfométricas.

Todos los organismos fueron pesados en una báscula, con una capacidad de 20 kg (\pm 100 g).

Se realizó una distribución de frecuencia de tallas y se grafico un histograma de frecuencias para describir la estructura de tallas.

La relación entre la longitud total de los organismos y su peso se determino mediante el modelo:

$$W (i)=a*L(i)^b$$

donde $W (i)$ es el peso del pez i , L es la longitud total y a y b son constantes

La relación entre la LT y la LC y entre la LT y el radio vertebral, se determinaron mediante el modelo:

$$y=a+bx$$

donde y es igual a LC o radio vertebral, a es la ordenada al origen, b es la pendiente y x la LT.

Se extrajeron de 3 a 5 vértebras dorsales de cada organismo. Las vértebras se obtuvieron realizando un corte por la parte interior de la cavidad corporal, después de que el tiburón había sido eviscerado, a la altura de la primera aleta dorsal. Las vértebras se mantuvieron congeladas en bolsas de plástico hasta su procesamiento.

La limpieza de las vértebras consistió en remover el arco neural y músculo con ayuda de un cuchillo. Los restos de tejido fueron eliminados con una solución de hipoclorito de sodio al 5%, en la que se mantuvieron desde 5 minutos hasta 2 horas, realizando hasta dos cambios de solución dependiendo del tamaño de la vértebra. Posteriormente se enjuagaron con agua de la llave, se dejaron secar y se guardaron en sobres de papel.

Las vértebras ya limpias se montaron en una base de madera para realizar cortes con la cortadora Isomet de baja velocidad (Buehler), utilizando un disco de corte con borde diamantado. Se realizaron cortes sagitales de un grosor de 0.5 mm (Fig. 12).

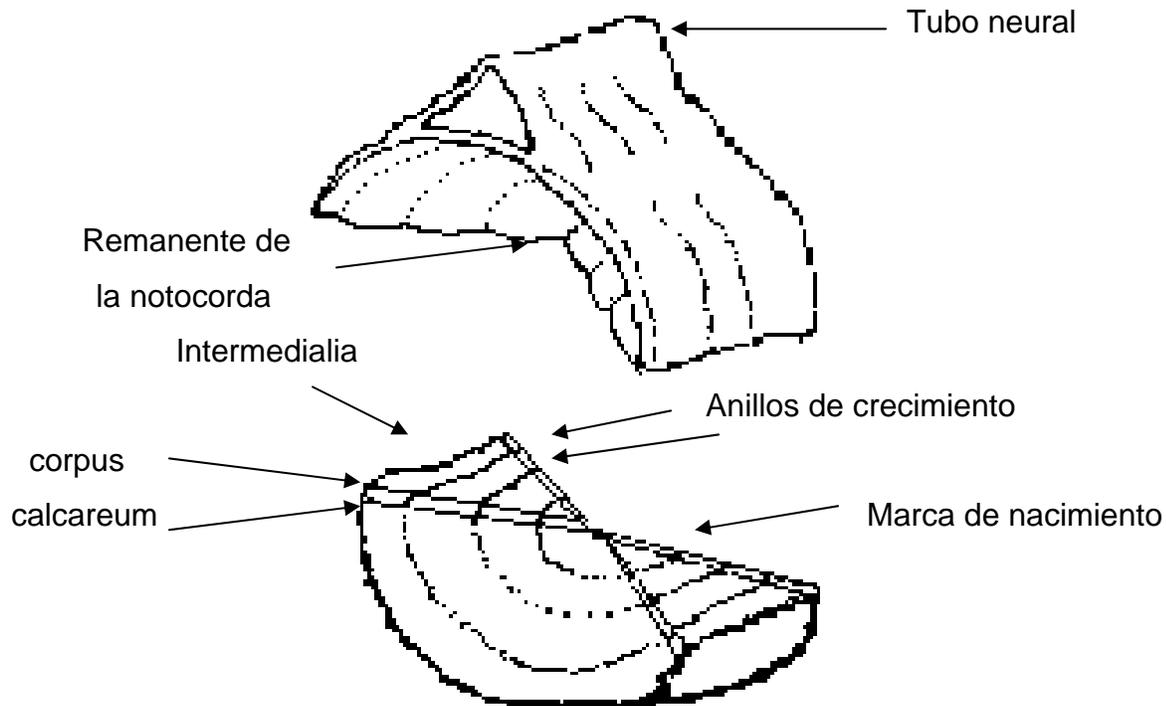


Figura 12. Vista de un corte transversal de una vértebra

Los cortes fueron montados en portaobjetos y lijados para obtener muestras más delgadas.

Se realizaron lecturas previas con el fin de distinguir las bandas verdaderas de bandas falsas. Una vez adquirido el criterio para identificar las bandas de crecimiento, se procedió a estimar el número de bandas en un microscopio estereoscópico. Se realizaron dos lecturas independientes con una semana de separación entre ambas, con el fin de evitar influencia de la primera en la segunda lectura. Las lecturas se realizaron sin conocer la longitud del organismo.

Se midió el radio vertebral del foco de la vértebra al límite exterior de la vértebra y también la distancia entre el foco y el borde exterior de cada banda de crecimiento.

Se determinó la precisión de las lecturas mediante el índice de Error Promedio Porcentual (APE) (Beamish y Fournier, 1981), mediante la fórmula:

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

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

También se calculó el coeficiente de variación (CV) propuesto por Chang (1982) para determinar la precisión de las lecturas:

$$CV_j = 100 \% \times \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^R \frac{(X_{ij} - X_j)^2}{R - 1}}{X_j}}$$

donde CV es el coeficiente de variación, X_{ij} es la edad i determinada para el pez j , X_j es el promedio de las edades determinadas para el pez j y R es el número de veces que se leyó la muestra.

Para validar la formación anual de los anillos de crecimiento se utilizó el método indirecto de incremento marginal (IM) (Chen *et al.*, 1990; Gallucci *et al.*, 1996), mediante la fórmula:

$$IM = \frac{(R - r_b)}{r_b - r_{b-1}}$$

donde R es el radio total de la vértebra, r_b es el radio de la última banda y r_{b-1} es el radio del penúltima banda.

Las longitudes pretéritas fueron estimadas a través de las medidas individuales de cada radio vertebral, mediante la formula:

$$LT_{pi} = (LT) (r_i / R)$$

donde LT_{pi} es la longitud total pretérita al anillo i , LT es la longitud total, R es el radio de la vértebra y r_i es el radio a la edad estimada.

Para describir el crecimiento se utilizo la ecuación de von Bertalanffy (1938):

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

donde L_t es la longitud a la edad t , L_{∞} es la longitud asintótica teórica, k es la constante de crecimiento y t_0 la edad teórica a la longitud cero.

Los parámetros de la ecuación se estimaron mediante el criterio de bondad de ajuste de máxima verosimilitud (Haddon, 2001), utilizando dos métodos:

1) Búsqueda automatizada

Este método consiste en utilizar rutinas de maximización o minimización sobre una función objetivo modificando los valores de los parámetros (Haddon, 2001). Por medio de la rutina Solver de Microsoft Excel, minimiza o maximiza la verosimilitud cambiando los parámetros.

2) Búsqueda gráfica

Se generó una superficie de respuesta de la verosimilitud conjunta para pares de parámetros, L_{∞} y k .

Los intervalos de confianza (95%) de los parámetros se obtuvieron utilizando el método de Venzon y Moolgavkar (1988) (Haddon, 2001) :

$$LL(\theta) = LL(\theta)_{\max} - \frac{X^2_{1.1-\alpha}}{2}$$

donde $X^2_{1.1-\alpha}$ es el cuantil $(1-\alpha)^{\text{th}}$ de la distribución X^2 con grados de libertad según el número de parámetros.

Los parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy también se obtuvieron mediante mínimos cuadrados con el programa FISHPARM (Prager *et al.*, 1987) versión 3.0 (1989), para comparar los resultados obtenidos por los dos métodos y obtener las matrices de varianza-covarianza.

Las curvas de crecimiento de machos y hembras y para las curvas realizadas con longitudes observadas y retrocalculadas, fueron comparadas mediante una prueba ϕ' (phi prima) (Munro y Pauly, 1983; Pauly y Muro, 1984) citados en Sparre (1992), comparando los parámetros (L_{∞} , k), mediante la fórmula:

$$\phi' \text{ (phi prima)} = \ln K + 2^* \ln L_{\infty}$$

Las curvas de crecimiento también fueron comparadas por medio de una prueba de T^2 Hotelling (Bernard, 1981), comparando conjuntamente los tres parámetros, mediante la fórmula:

$$T^2 = \frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2} [P_1 - P_2]' S^{-1} [P_1 - P_2]$$

donde n_1 y n_2 son el número de datos de la muestra 1 y 2, $[P_1 - P_2]$ es la matriz formada por las diferencias de los parámetros de crecimiento de cada sexo, $[P_1 - P_2]'$ es la matriz transpuesta y S^{-1} es la matriz inversa de la varianza-covarianza.

Se establecieron como hipótesis:

Ho: Los parámetros de crecimiento son similares entre los dos sexos

Ha: Los parámetros de crecimiento son diferentes entre hembras y machos.

El valor de T^2 calculado fue comparado con el valor de tablas:

$$T_o^2 = \frac{3(n_1 + n_2 + 2)}{n_1 + n_2 - 4} \quad F\alpha : 3, n_1 + n_2 - 4$$

Obteniéndose F de una tabla estándar con 3 y $n_1 + n_2 - 4$ grados de libertad.

Los intervalos de confianza Roy-Bose para cada parámetro fueron estimados por medio de la siguiente fórmula:

$$F = (P_{1j} - P_{2j}) \pm \sqrt{\frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2}} T_o^2$$

con T_o^2 de acuerdo a:

$$T_o^2 = \frac{3(n_1 + n_2 + 2)}{n_1 + n_2 - 4}$$

Se determinó el punto crítico (F_o) de cada uno de los parámetros de crecimiento para determinar cual es el que más influye en esta diferencia, de acuerdo a la fórmula:

$$F_o = \frac{n_1 n_2 (n_1 - 4) (P_{1j} - P_{2j})^2}{3(n_1 + n_2)(n_2 + n_2 - 2) S_{ij}}$$

donde P_{ij} es el parámetro j del grupo i , S_{ij} es la varianza del parámetro tomado de la matriz de varianza-covarianza.

RESULTADOS

Distribución de tallas

Durante 6 meses de muestreo se registraron y muestrearon un total de 76 organismos de la especie en estudio, de los cuales 31 fueron hembras y 45 machos (Fig. 13). La talla mínima observada para las hembras fue de 55 cm y la máxima de 127 cm de LT. La talla mínima observada para los machos fue de 47 cm y la máxima de 103 cm de LT. La talla promedio para ambos sexos fue de 78 cm de LT.

La captura estuvo compuesta por dos grupos de tallas, el primer grupo conformado por organismos juveniles y el segundo por organismos maduros. El grupo de organismos juveniles (47 a 78 cm de LT ambos sexos) se registró durante los últimos meses del año (octubre-diciembre de 2003) mientras que en los primeros meses del año siguiente (enero-marzo de 2004) se registraron los organismos maduros de ambos sexos (88 a 127 cm de LT).

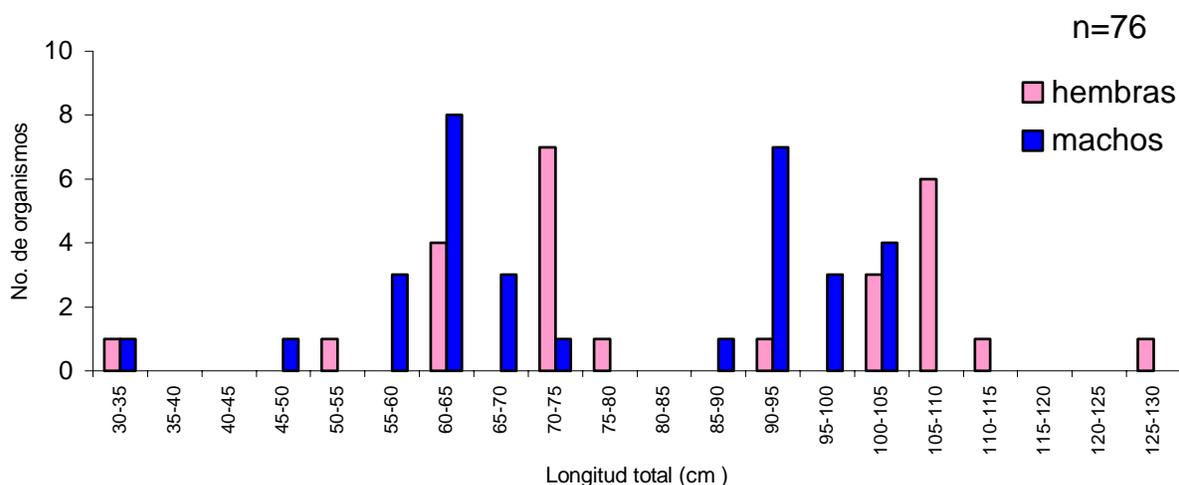


Figura 13. Distribución de tallas registradas para el cazón bironche *Rhizoprionodon longurio* en Mazatlán, Sin. durante los meses de octubre de 2003 a marzo de 2004.

Del total de los organismos muestreados el 63% correspondió a organismos juveniles y el resto a organismos maduros. (Fig.14).

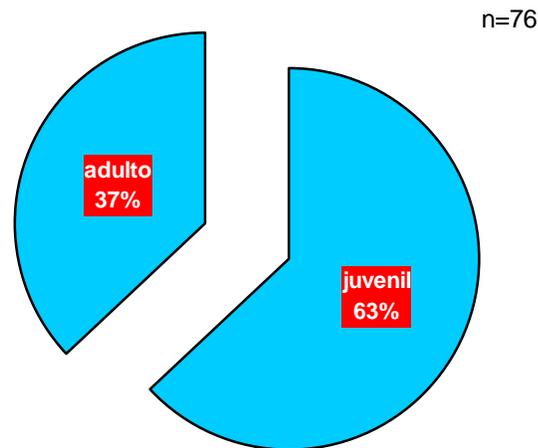


Figura 14. Proporción de organismos juveniles y adultos de *Rhizoprionodon longurio* en Mazatlán, Sin. durante los meses de octubre de 2003 a marzo de 2004.

Relación longitud total–peso

El organismo de mayor peso fue una hembra de 127 cm de LT con 9500 g, mientras que el macho de mayor peso midió 103 cm de LT y peso 4500 g.

La relación entre la LT y el peso fue de tipo potencial para hembras, machos y sexos combinados, (Figuras 15, 16 y 17). El valor de la constante b, para hembras y sexos combinados, fue significativamente diferente de 3 (t student= 3.8, g.l.=29, p=0.05, t student=2.24, g.l.=74, p=0.05, hembras y sexos combinados, respectivamente). Sin embargo, no hubo diferencias significativas entre 3 y constante b para los machos (t student=1.33, g.l.=43, p=0.05).

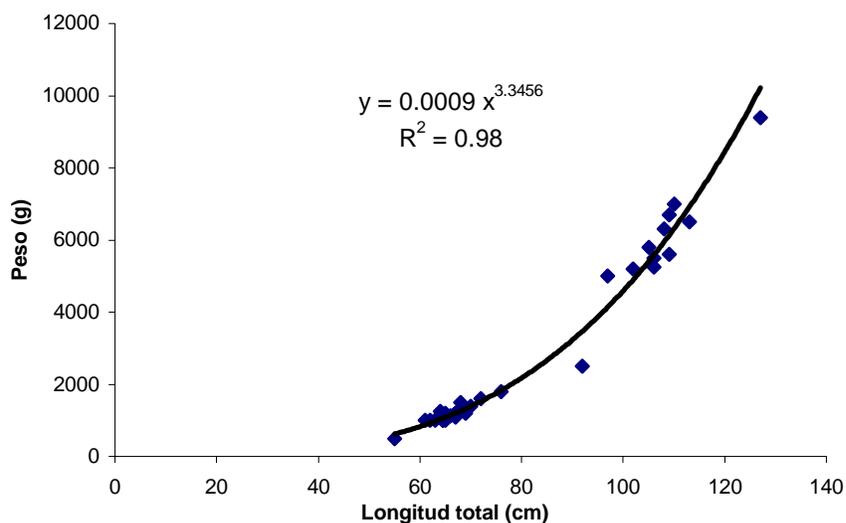


Figura 16. Relación longitud total–peso para hembras del *Rhizoprionodon longurio* en Playa Sur, Mazatlán, Sin. durante los meses de octubre de 2003 a marzo de 2004.

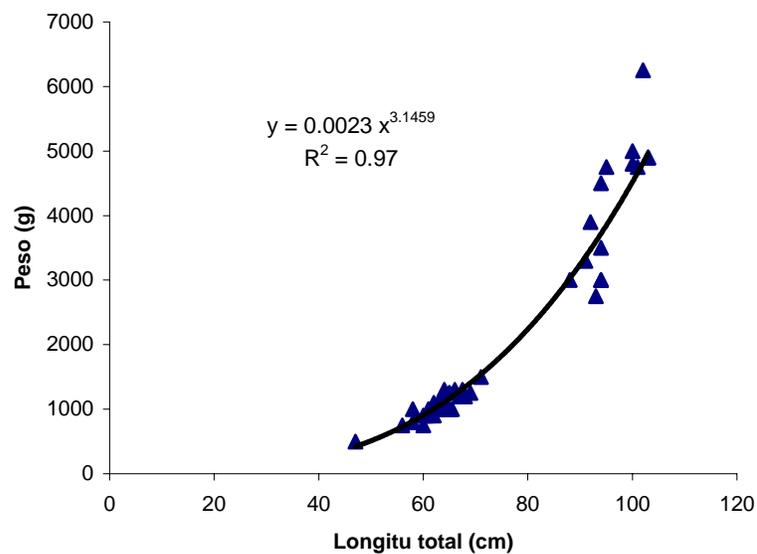


Figura 17. Relación entre la longitud total y peso para machos del tiburón *Rhizoprionodon longurio* en Playa Sur, Mazatlán, Sin. durante los meses de octubre de 2003 a marzo de 2004.

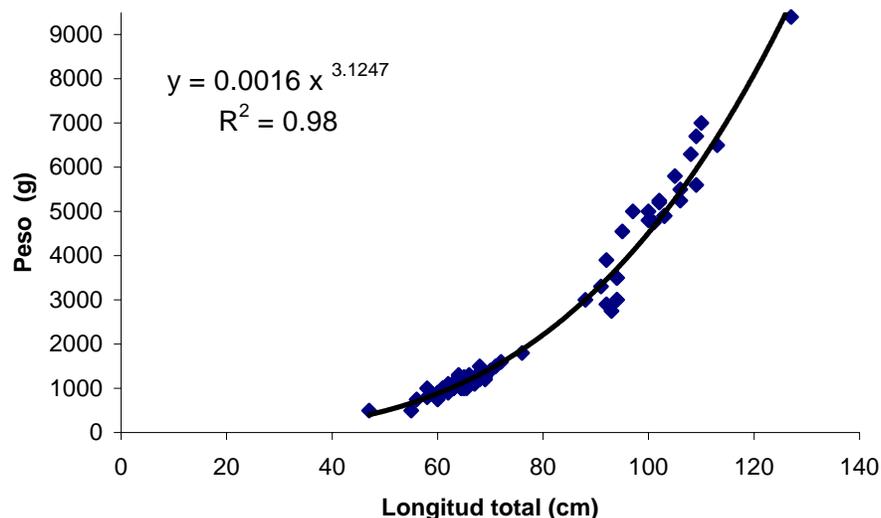


Figura 15. Relación longitud total –peso para sexos combinados del tiburón *Rhizoprionodon longurio* en Playa Sur, Mazatlán, Sin. durante los meses de octubre de 2003 a marzo de 2004.

Relación longitud total y la longitud del cláspes

Se observó un rápido crecimiento en longitud en los cláspes de organismos entre 80–90 cm de LT (Fig. 18) A partir del grado de calcificación de los cláspes se determinó que los machos se encuentran maduros después de los 88 cm de LT.

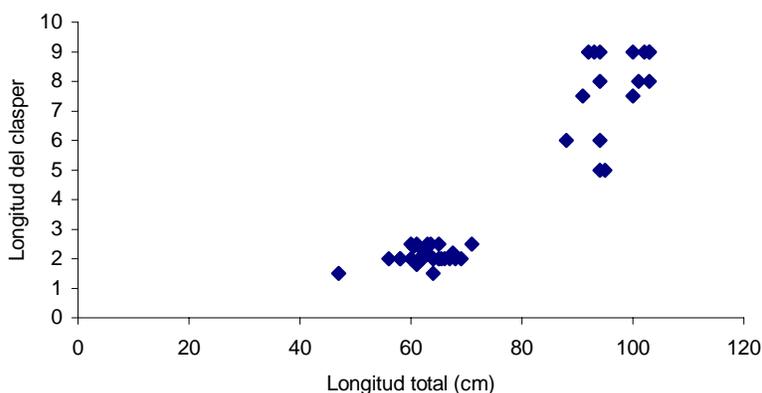


Figura 18. Relación longitud total–longitud del cláspes para *Rhizoprionodon longurio* en Playa Sur, Mazatlán, Sin. durante los meses de octubre de 2003 a marzo de 2004.

Relación entre la longitud total y el radio vertebral

Se encontró una relación lineal entre la LT de los organismos y el radio vertebral para ambos sexos ($r^2 = 0.90$), lo que permite asumir que el incremento en longitud del organismo es proporcional al incremento en el radio vertebral, permitiendo calcular uno a partir del otro (Fig.19).

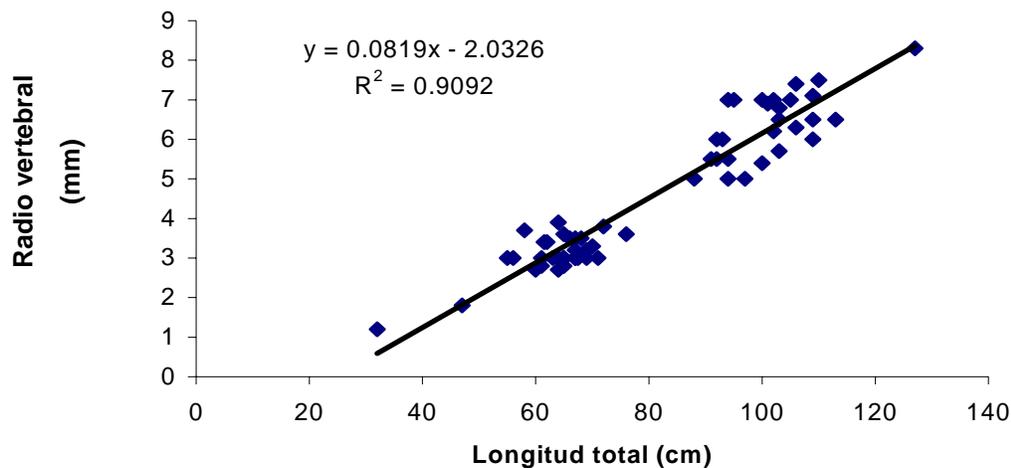


Figura 19. Relación entre la longitud total y el radio vertebral para sexos combinados de *Rhizoprionodon longurio* en Mazatlán, Sin. durante los meses de octubre de 2003 a marzo de 2004.

Lectura de bandas de crecimiento

Se analizaron las vértebras de un total de 59 organismos, de las cuales, dos correspondieron a embriones terminales. Los embriones presentaron una marca hialina poco distinguible, pero no se encontró el cambio del ángulo en el *corpus calcareum* para poder definirla como marca de nacimiento. En las muestras restantes se encontró presente la marca de nacimiento, coincidiendo con la primera banda hialina, considerada por lo tanto como la marca de nacimiento.

Precisión de las lecturas

El APE obtenido fue de 7.7% para la primer lectora y 4.5% para la segunda. En el caso del CV se obtuvo un valor de 9.3% para la primer lectora mientras que para la segunda fue de 5.5%.

Validación

El IM fue mayor durante primavera-verano (marzo–octubre) con un mínimo en invierno (diciembre) (Fig. 20).

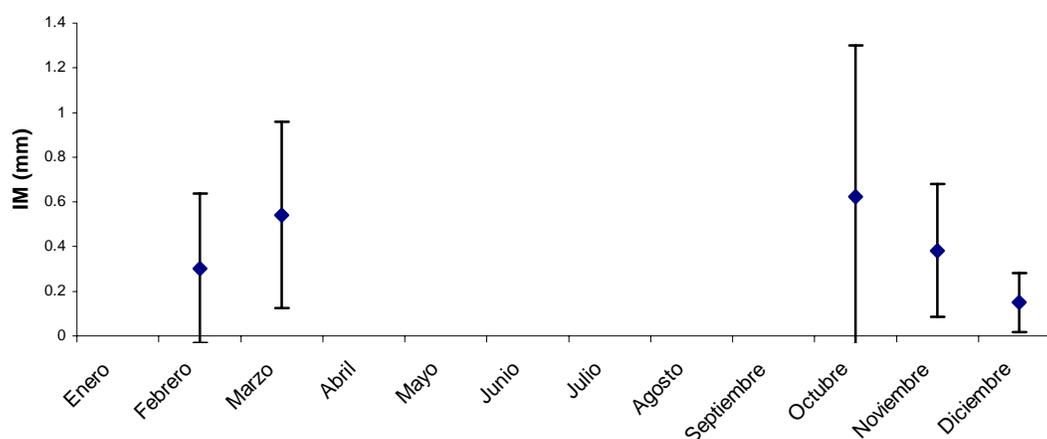


Figura 20. Incremento Marginal de la vértebras de *Rhizoprionodon longurio* en Playa Sur, Mazatlán, Sin. durante los meses de octubre de 2003 a marzo de 2004.

Se observó la presencia exclusiva de bordes hialinos en las vértebras de organismos muestreados en diciembre, mientras que en los meses restantes se observó la presencia, aunque en poca proporción, de borde opacos (Fig. 21)

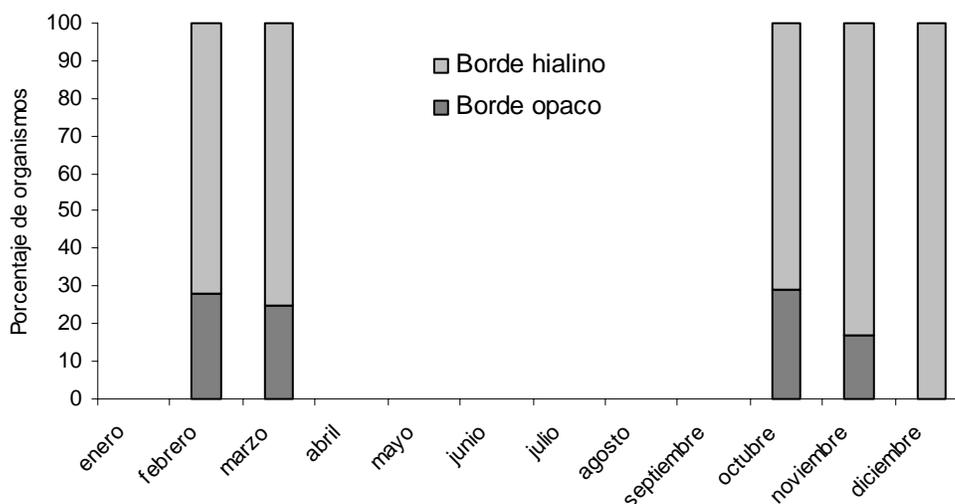


Figura 21. Proporción de borde hialinos y opacos en las vértebras de *Rhizoprionodon longurio* en Playa Sur, Mazatlán, Sin. durante los meses de octubre de 2003 a marzo de 2004.

Crecimiento

Estimación de edades

Se determinó como la edad de cada organismo el número de bandas hialinas presentes en sus vértebras después de la marca de nacimiento.

La edad mínima estimada para organismos de vida libre de ambos sexos fue de un año para una hembra de 55 cm de LT y un macho de 47 cm de LT. La edad máxima fue de 10 años para una hembra y un macho de 127 y 103 cm de LT respectivamente.

La edad de primera madurez sexual se estimó entre los 5 y 6 años para las hembras y entre 4 y 5 años para los machos (Fig. 22). Considerando la longitud de madurez observada para las hembras y machos las características de madurez observadas coincidieron con las tallas de primera madurez reportadas en estudios previos (Castillo, 1990, Márquez- Farías, 2005).

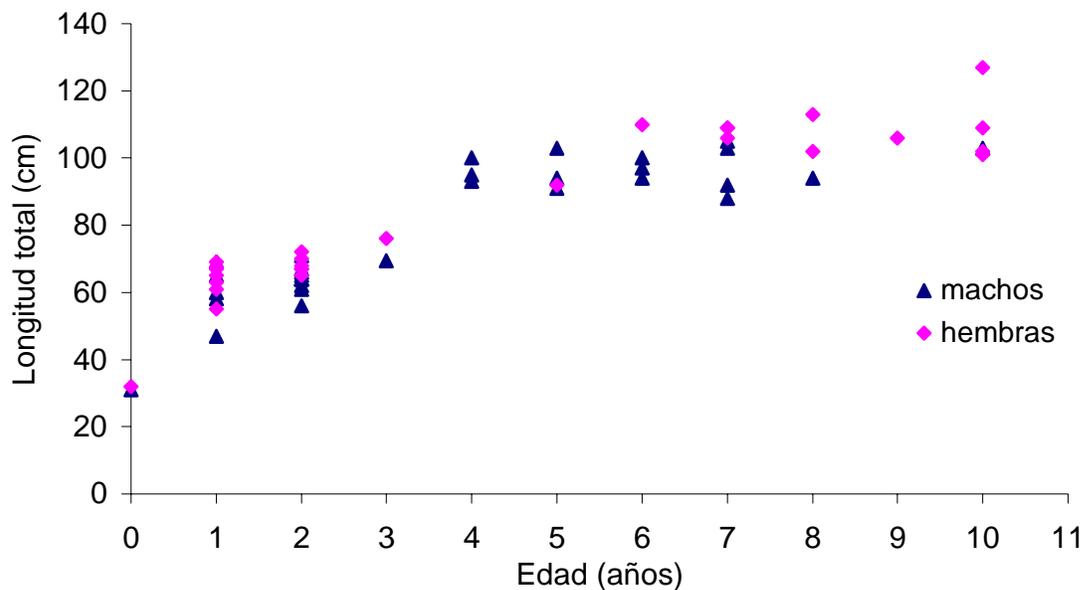


Figura 22. Relación entre edad y la longitud total para *Rhizoprionodon longurio* en Playa Sur, Mazatlán, Sin. durante los meses de octubre de 2003 a marzo de 2004.

Parámetros de Crecimiento

Los parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy para hembras y machos se presenta en la Tabla 2. Las áreas del intervalo conjunto de los parámetros para las hembras se muestran en las figuras 23 y 24 y para los machos en las figuras 25 y 26.

Tabla 2. Parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy para hembras y machos de *R. Longurio* y rango de intervalos para cada parámetro con 95% de confianza

Parámetro	HEMBRAS			MACHOS		
	Valor medio del parámetro	min	max	Valor medio del parámetro	min	max
L_{∞}	116.88	106	131	107.56	102	114
k	0.26	0.19	0.33	0.30	0.26	0.34
t_0	-1.76	-1.65	-1.15	-1.30	-1.65	-1.15

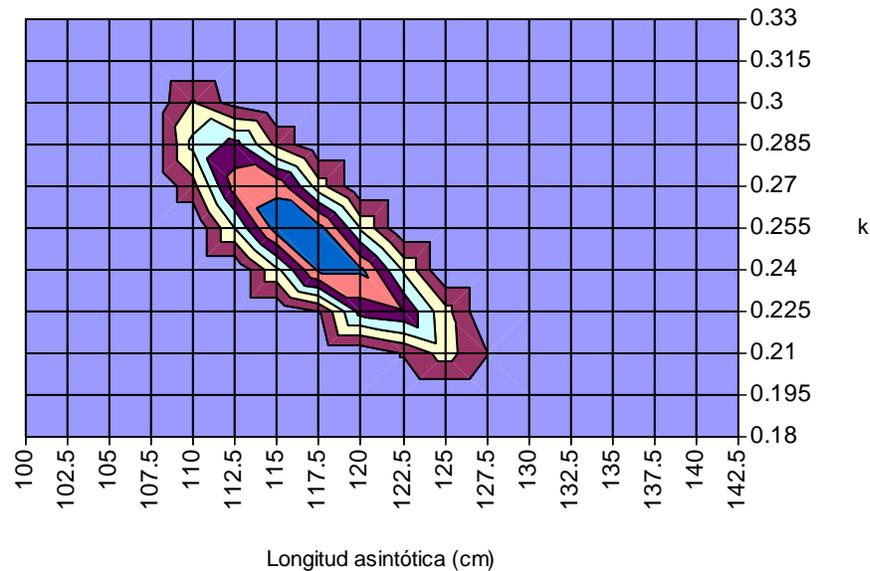


Figura 23. Área que contiene el intervalo conjunto de las estimaciones de los parámetros L_{∞} y k para hembras de *Rhizoprionodon longurio* en Mazatlán, Sin. durante los meses de octubre de 2003 a marzo de 2004.

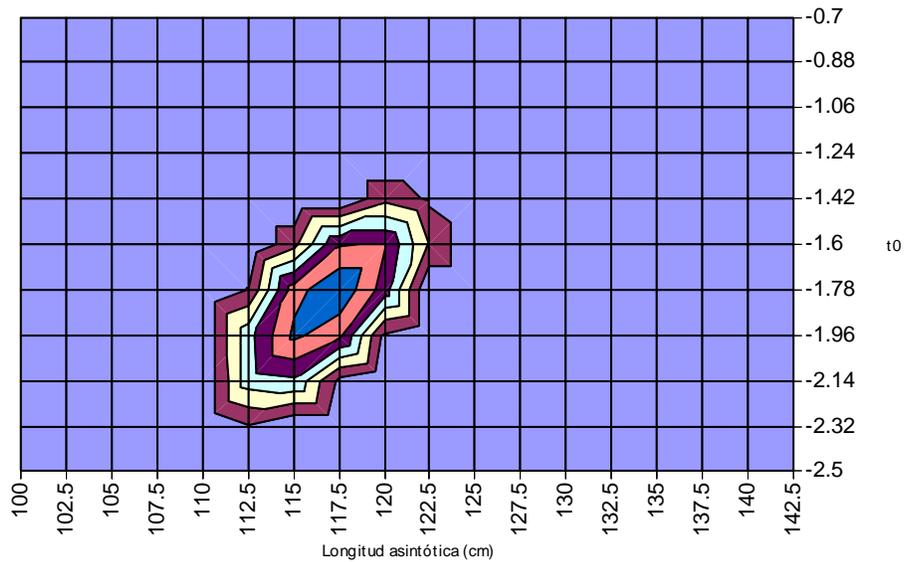


Figura 24. Área que contiene el intervalo conjunto de las estimaciones de los parámetros L_{∞} y t_0 para hembras de *Rhizoprionodon longurio* en Mazatlán, Sin. durante los meses de octubre de 2003 a marzo de 2004.

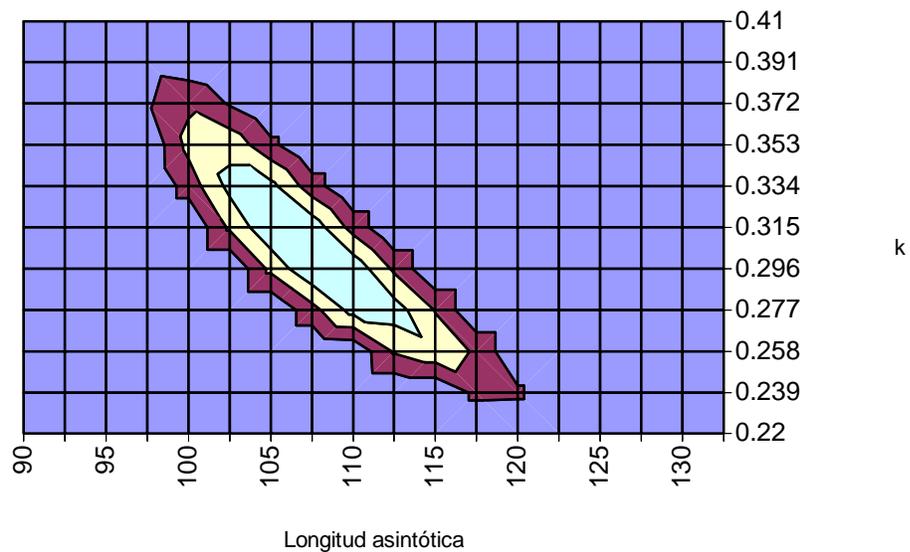


Figura 25. Área que contiene el intervalo conjunto de las estimaciones de los parámetros L_{∞} y k para machos de *Rhizoprionodon longurio* en Mazatlán, Sin. durante los meses de octubre de 2003 a marzo de 2004.

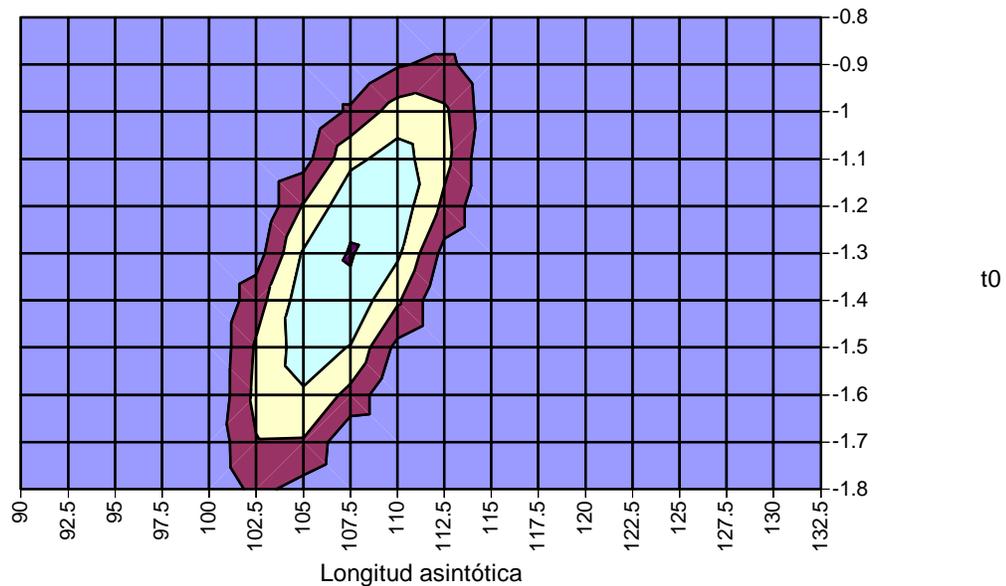


Figura 26. Área que contiene el intervalo conjunto de las estimaciones de los parámetros L_{∞} y t_0 para hembras de *Rhizoprionodon longurio* en Mazatlán, Sin. durante los meses de octubre de 2003 a marzo de 2004.

Los parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy calculados mediante mínimos cuadrados con el programa FISHPARM fueron idénticos a los calculados mediante máxima verosimilitud.

Curvas de crecimiento

De acuerdo con el valor de ϕ' , no existen diferencias significativas entre los parámetros de crecimiento para hembras y machos ($\phi' = 3.54$ y 3.59 para hembras y para machos, respectivamente (Fig. 27).

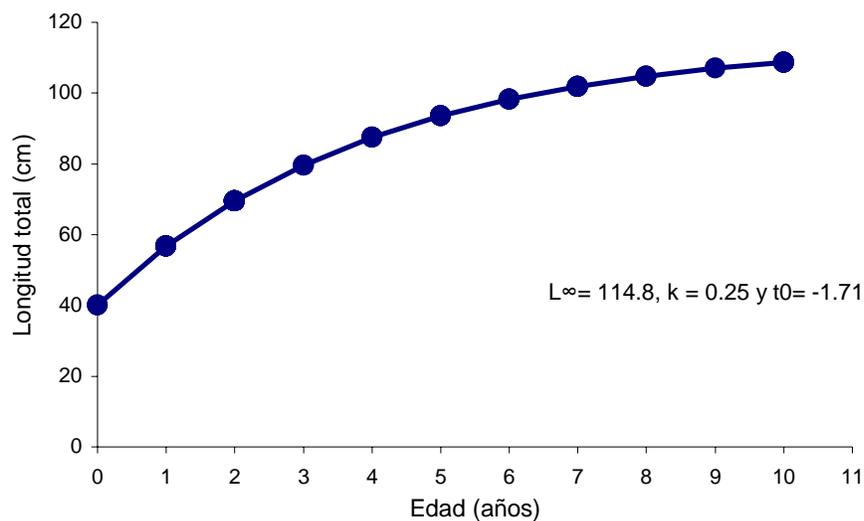


Figura 27. Curvas de crecimiento para sexos combinados de *Rhizoprionodon longurio* en Mazatlán, Sin. durante los meses de octubre de 2003 a marzo de 2004.

Sin embargo, de acuerdo con la prueba T^2 de Hotelling si existen diferencias significativas entre las curvas de crecimiento de hembras y machos (T^2 Hotelling= 119.5 $p < 0.01$) (Figuras 28, 29 y 30).

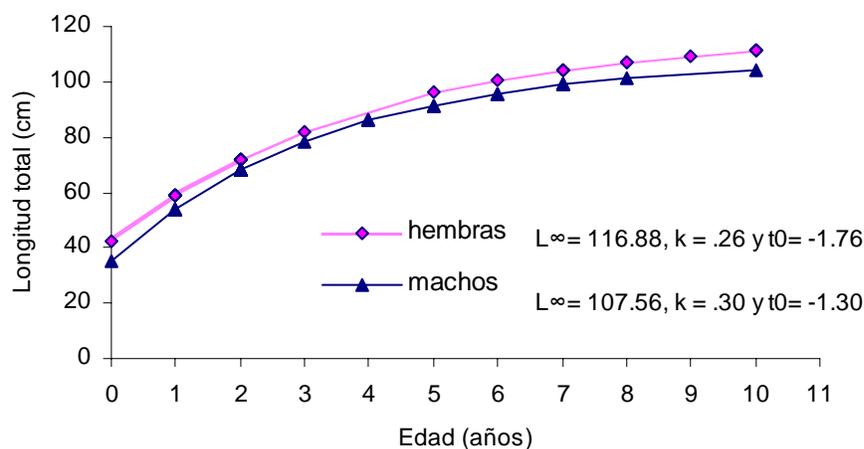


Figura 28. Curvas de crecimiento para hembras y machos de *Rhizoprionodon longurio* en Mazatlán, Sin. durante los meses de octubre de 2003 a marzo de 2004.

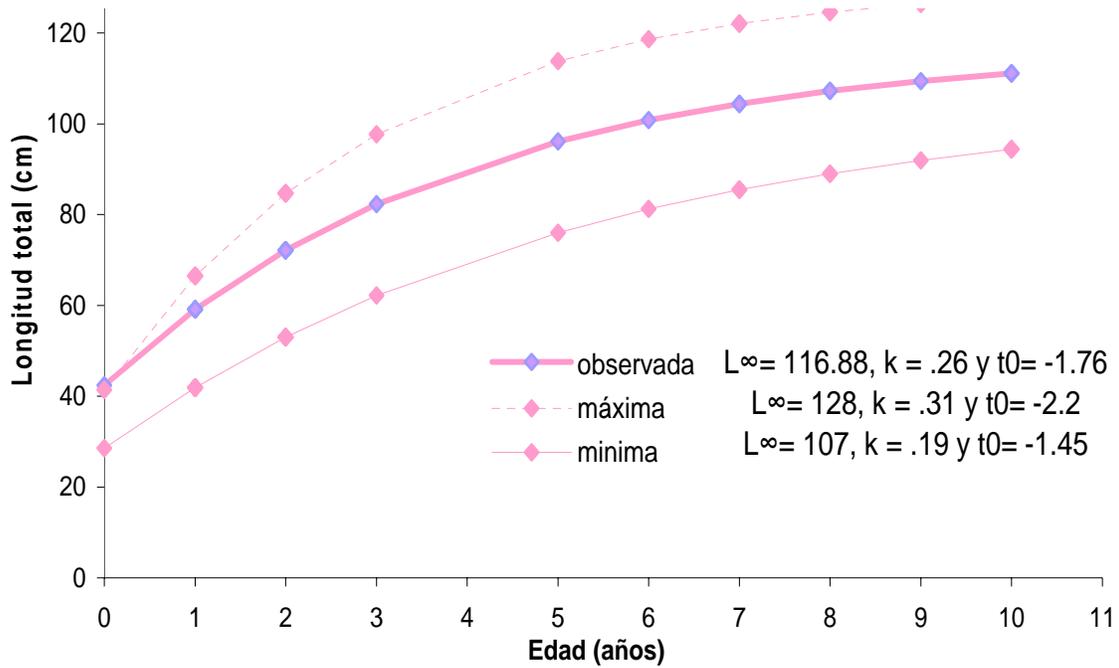


Figura 29. Curvas de crecimiento mínimas y máximas para hembras de *Rhizoprionodon longurio* en Mazatlán, Sin. durante los meses de octubre de 2003 a marzo de 2004.

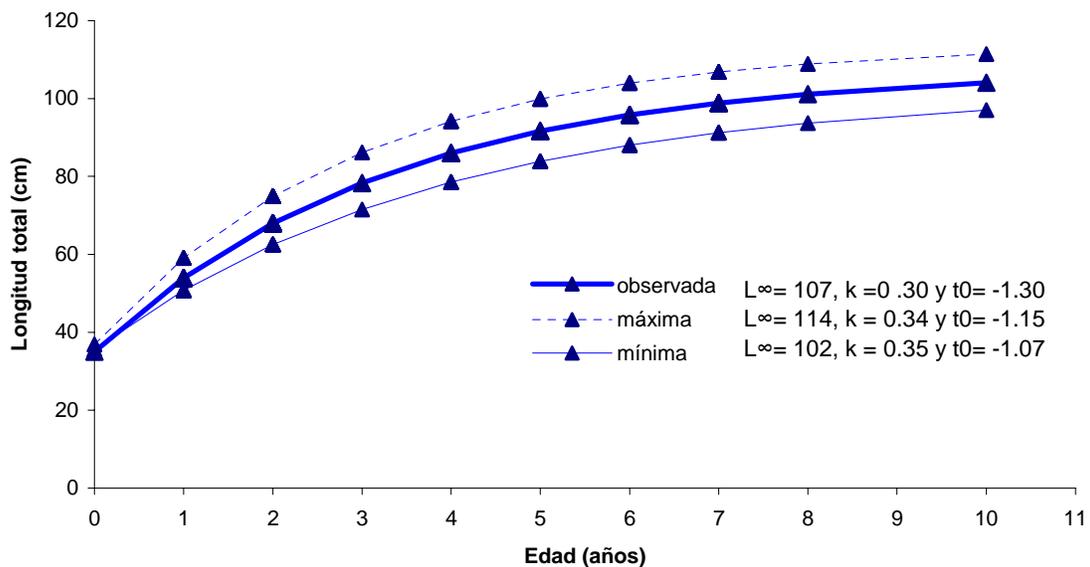


Figura 30. Curvas de crecimiento mínimas y máximas para machos de *Rhizoprionodon longurio* en Mazatlán, Sin. durante los meses de octubre de 2003 a marzo de 2004.

Los valores críticos de cada parámetro indicaron que L_{∞} es el parámetro que más contribuye a las diferencias presentadas entre el crecimiento entre hembras y machos, seguida de t_0 y por último k .

Retrocálculo

Los parámetros estimados a partir de las longitudes retrocalculadas para las hembras y machos fueron similares a los estimados con las longitudes observadas (Tabla 3, Figuras 31–36).

Tabla 3. Parámetros estimados para hembras y machos de *R. longurio* mediante longitudes retrocalculadas

Parámetro	HEMBRAS			MACHOS		
	Valor medio del parámetro	Min	max	Valor medio del parámetro	min	max
L_{∞}	115	110	118	102	101	104
k	0.21	0.20	0.23	0.34	0.33	0.35
t_0	-1.86	-2.1	-1.8	-1.13	-1.22	-1.10

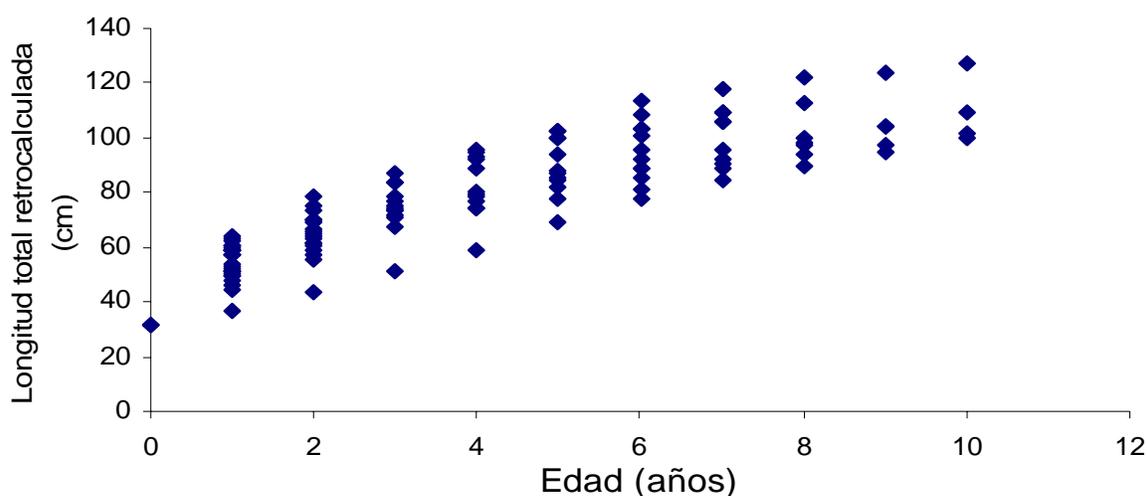


Figura 31. Relación entre edad y la longitud total retrocalculada para hembras de *Rhizoprionodon longurio* en Mazatlán, Sin. durante los meses de octubre de 2003 a marzo de 2004.

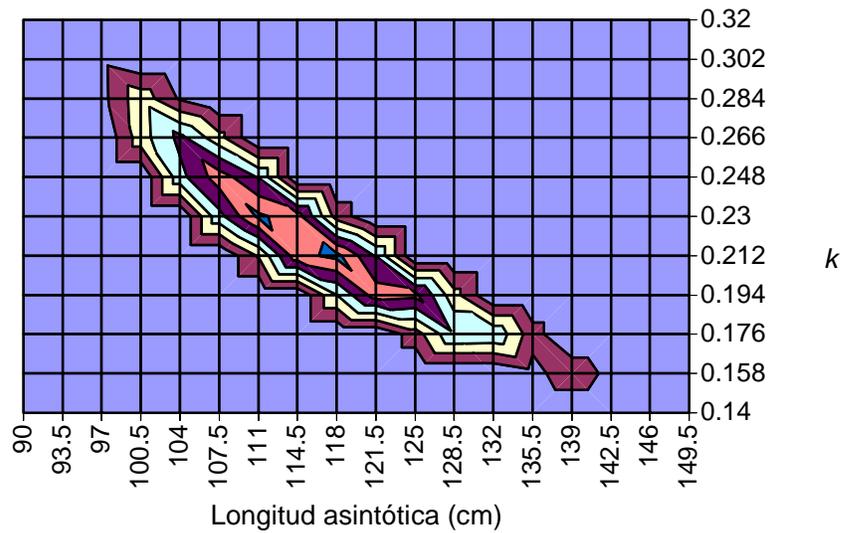


Figura 32. Área que contiene el intervalo conjunto de las estimaciones de los parámetros L_{∞} y k para hembras de *Rhizoprionodon longurio* en Mazatlán, Sin. durante los meses de octubre de 2003 a marzo de 2004, con longitudes retrocalculadas.

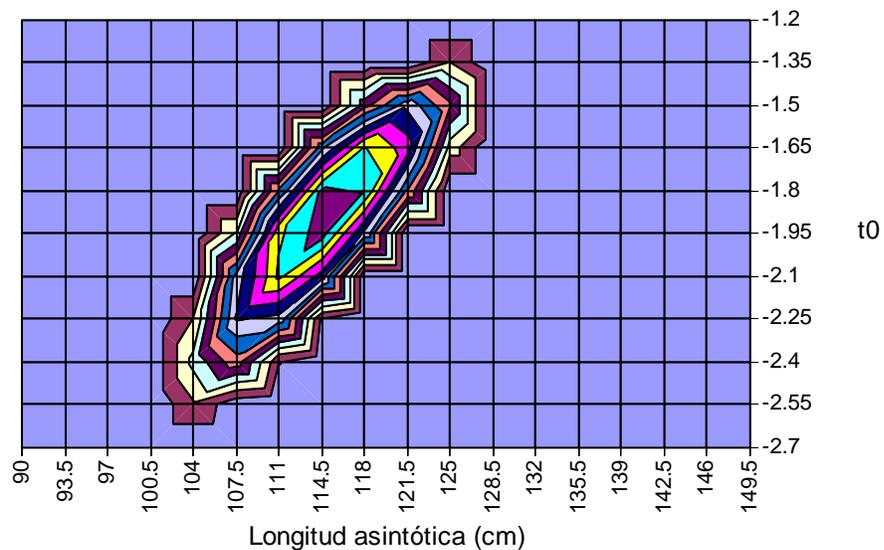


Figura 33. Área que contiene el intervalo conjunto de las estimaciones de los parámetros L_{∞} y t_0 para hembras de *Rhizoprionodon longurio* en Mazatlán, Sin. durante los meses de octubre de 2003 a marzo de 2004, con longitudes retrocalculadas.

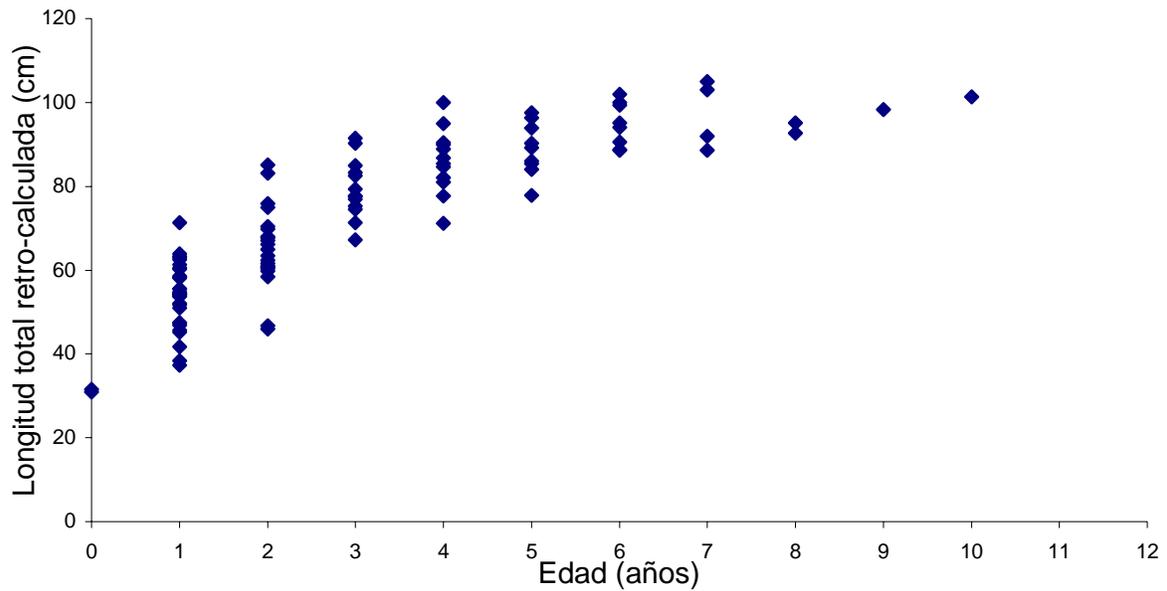


Figura 34. Relación entre edad y la longitud total retro-calculada para machos de *Rhizoprionodon longurio* en Mazatlán, Sin. durante los meses de octubre de 2003 a marzo de 2004.

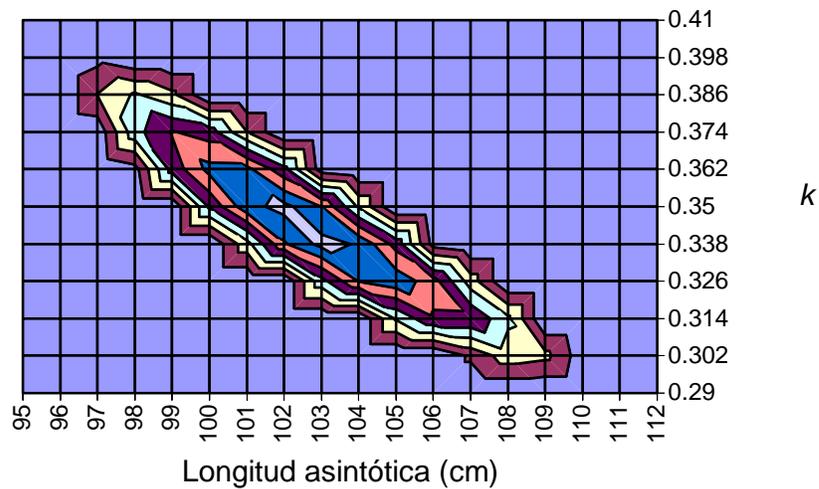


Figura 35. Área que contiene el intervalo conjunto de las estimaciones de los parámetros L_{∞} y k para machos de *Rhizoprionodon longurio* en Mazatlán, Sin. durante los meses de octubre de 2003 a marzo de 2004, con longitudes retro-calculadas.

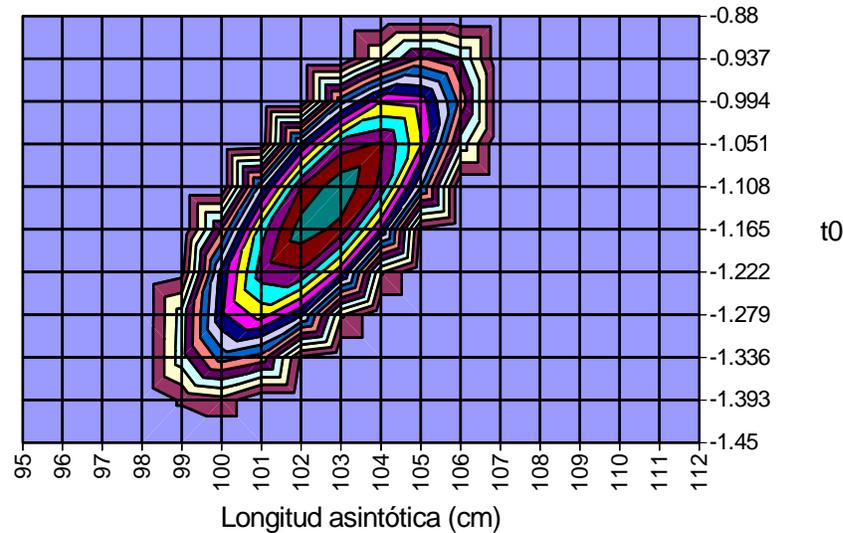


Figura 36. Área que contiene el intervalo conjunto de las estimaciones de los parámetros L_{∞} y t_0 para machos de *Rhizoprionodon longurio* en Mazatlán, Sin., con longitudes retrocalculadas.

Las curvas de crecimiento obtenidas con longitudes retrocalculadas no fueron significativamente diferentes de las obtenidas con longitudes observadas de acuerdo a la prueba ϕ' ($\phi'=3.55$ para hembras y 3.46 para machos). Sin embargo, de acuerdo a la prueba T^2 de Hotelling, si existen diferencias significativas entre las curvas de crecimiento con longitudes retrocalculadas y las obtenidas con longitudes observadas para ambos sexos ($T^2 = 1840.4$, $p < 0.01$ y $T^2 = 25.92$, $p < 0.01$ para hembras y machos respectivamente) (Figuras 37 y 38).

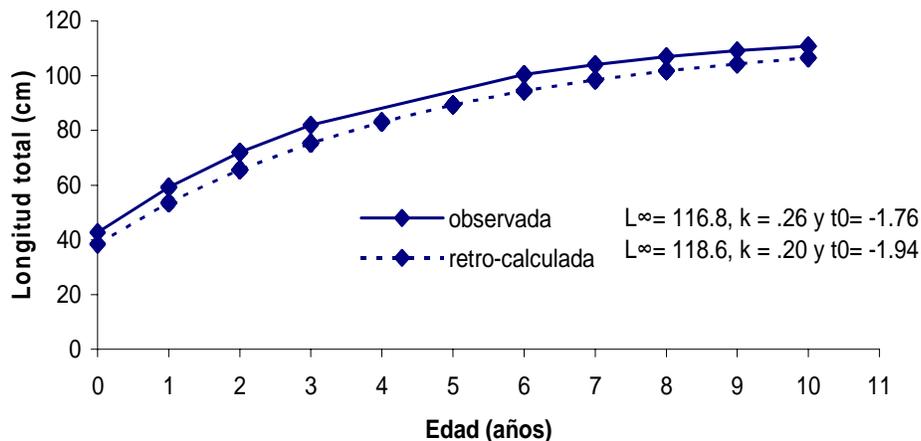


Figura 37. Curvas de crecimiento para longitudes observadas y retro-calculadas para hembras de *Rhizoprionodon longurio* en Mazatlán, Sin.

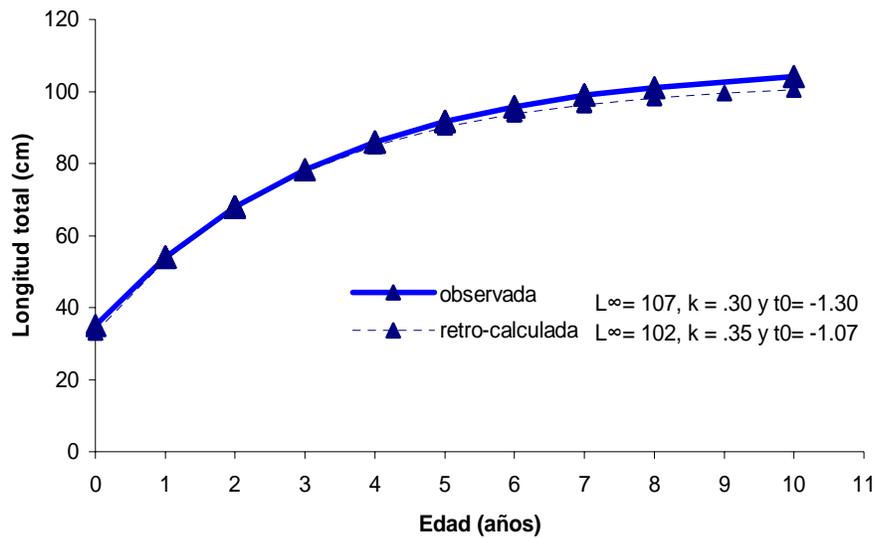


Figura 38. Curvas de crecimiento para longitudes observadas y retro-calculadas para machos de *Rhizoprionodon longurio* en Mazatlán, Sin. durante los meses de octubre de 2003 a marzo de 2004.

Se observó el fenómeno de Rosa-Lee (1920) al comparar las curvas de crecimiento para longitudes observadas y retro-calculadas (Figuras 37 y 38). Este fenómeno hace referencia a la tendencia de las longitudes retro-calculadas a ser menores que las observadas (Galluci *et al.*, 1996)

DISCUSION

Durante el presente estudio solo se obtuvieron muestras de los meses de octubre a marzo, ya que la captura de *Rhizoprionodon longurio* en el área de estudio depende de la disponibilidad del recurso conforme a su patrón de migración. *R. longurio* viaja durante el invierno de norte-sur dentro del Golfo de California hasta la región sureste del estado de Nayarit en aguas superficiales donde es capturado. Durante los meses de mayo a noviembre la especie se mueve en dirección opuesta, a través de aguas profundas del Golfo, lejos del alcance del radio de operación de la flota tiburonera de Playa Sur Mazatlán, Sinaloa (Márquez-Farías *et al.*, 2005).

La mayoría de los organismos observados durante el muestreo fueron organismos juveniles a diferencia de lo reportado por Castillo (1990), que solo observó organismos maduros. Esto pudiera estar determinado por el arte de pesca utilizado, ya que el grupo de organismos juveniles fue capturado exclusivamente con redes agalleras y cimbra con anzuelos de 2.5 cm. Estos organismos fueron parte de la captura incidental o fauna de acompañamiento de pesca dirigida a la sierra. Por su parte, el grupo de organismos maduros fue extraído con cimbras con anzuelos de 5 cm en la pesquería dirigida a tiburón.

La relación longitud-peso observó una relación potencial isométrica solo para machos, existen diferencias en la constante de isometría, para hembras y sexos combinados, debido a que en las hembras en etapas reproductivas tienen un aumento del tamaño del hígado y las gónadas, provocando un mayor incremento en peso que los machos, lo cual influye directamente en la constante de isometría.

La talla de primera madurez observada en el presente estudio para las hembras fue mayor a la reportada por Castillo (1990) y por Márquez-Farías *et al.* (2005) (Tabla 1). La talla de primera madurez observada en el presente estudio para los machos es ligeramente menor a la reportada por Márquez-Farías *et al.* (2005) y es similar a la reportada por Castillo (1990).

La observación de las bandas de crecimiento en cortes de vértebras de *Rhizoprionodon longurio*, se dificultó ya que el corte en algunas muestras era demasiado delgado causando un exceso luz que impedía la identificación de las mismas. En otros casos la observación se dificultó, debido a la cercanía de las bandas en el borde de la vértebra; ya que el espacio entre cada banda es menor en las últimas, debido a la disminución de la tasa de crecimiento de los organismos adultos.

La identificación de las bandas de crecimiento en cortes de vértebras de *Rhizoprionodon longurio*, fue viable en este estudio, ya que la identificación de las bandas de crecimiento no es igual en las vértebras de todas las especies de tiburón, ya que está determinada por los patrones de calcificación, en algunas especies (especies de aguas profundas) la calcificación es muy pobre, el tamaño de la vértebra y la metodología utilizada (Cailliet, 2002). La lectura de las bandas de crecimiento se facilita en las vértebras de mayor tamaño, ya que la localización en la columna vertebral de las vértebras muestreadas, pueden tener un efecto significativo estadísticamente sobre el conteo de bandas (Officer *et al.*, 1996), por lo que es importante utilizar las vértebras más grandes (dorsales), ya que las más pequeñas de la región caudal podrían no presentar algunas bandas (Cailliet *et al.*, 1983).

A pesar de la existencia de trabajos sobre edad y crecimiento de *R. longurio*, por primera vez se realizan cortes longitudinales de las vértebras de esta especie, para realizar las lecturas, ya que Rodríguez (1986) utilizó vértebras completas, para estimar la edad, lo cual puede provocar subestimación en la edad de un organismo (Cailliet, 1990). A su vez, Castillo (1990) empleó el método indirecto desarrollado por Holden

(1974), utilizando sólo la longitud máxima observada, talla de nacimiento y período de gestación. Este método asume que la tasa de crecimiento dentro del útero o en huevo, es la misma a la del animal en vida libre, lo cual difiere con lo reportado por Walter y Ebert. (1991), quienes indican que el crecimiento intruterino es rápido y el crecimiento posnatal es lento.

Por primera vez se determinó la precisión de las lecturas de las bandas crecimiento para esta especie. Los valores del APE y del CV coincidieron con el rango de valores de precisión reportados para estudios de edad y crecimiento en otros tiburones (Campana, 2000). Generalmente los valores de CV son excedentes al 10%, siendo menor el valor obtenido en este estudio (9.3%).

La formación de la bandas de crecimiento en las vértebras de *R. longurio* es periódica y anual de acuerdo al análisis de incremento marginal y al análisis de borde vertebral. Las vértebras de los organismos de vida libre presentan una marca de nacimiento, formándose una banda hialina durante el invierno (6–9 meses después de su nacimiento. A diferencia de lo que Rodríguez (1986) reportó, ya que el considera la marca de nacimiento como primer año de vida. Las bandas opacas se forman en verano y las hialinas se forman en invierno (Tovar, 2000). Al igual que en otras especies la formación de las bandas esta influenciado por los cambios de temperatura, disponibilidad de alimento (Casselman, 1983), época de reproducción, migraciones o ritmos biológicos de cada especie (Simpfendorfer, 1993).

El método de análisis de Incremento Marginal permito validar la periodicidad de las bandas de crecimiento en vértebras de *R. Longurio*, este método ha sido utilizado comúnmente para validar incrementos de crecimiento en diversas especies, debido a su bajo costo y a sus requerimientos simples de muestreo ($n > 100$), sin embargo, tiene ciertas limitaciones. Primero, es más fácil discernir un incremento de crecimiento en organismos juveniles, de rápido crecimiento, que en organismos adultos. Segundo, se necesita un mínimo de dos ciclos completos (2 años de muestreo completos) y

requiriendo muestras durante todo el año, ya que evalúa el desarrollo de las bandas a lo largo de un ciclo. Sin embargo, la obtención de muestras a lo largo de un año completo es difícil para especies migratorias como *R. longurio*, siendo necesario realizar muestreos en diversos puntos que abarquen toda su área de distribución. A su vez tiene una precisión de \pm un año. Existen métodos de validación que son más precisos pero por su alto costo y poca disponibilidad, influyeron para la elección de este método.

El cálculo de los parámetros de crecimiento puede realizarse por cualquier método ya sea por Máxima Verosimilitud o Mínimos Cuadrados, el resultado es exactamente igual, por que en los dos métodos se asume una distribución normal, se utiliza solo una desviación estándar para el conjunto de datos y permiten calcular el intervalo de confianza del 95% de los parámetros, por lo que en estudios posteriores se puede utilizar el método de mayor disponibilidad.

Los valores estimados de L_{∞} para hembras y machos concuerdan con lo reportado por Rodríguez (1986), pero son menores a los reportados por Castillo (1990), Las longitudes máximas observadas para ambos sexos coinciden con las reportadas por Márquez-Farías *et al.* (2005). Sin embargo, la constante de crecimiento es similar a la reportada por Castillo (1990) y no coincide con la reportada por Rodríguez (1986), debido a que el autor la estima para sexos combinados, aunque sus resultados caen dentro del intervalo calculado en el presente trabajo.

La diferencia de los resultados podría estar determinada por el método utilizado en cada estudio, por las tallas muestreadas o por la selectividad del arte de pesca en cada estudio.

Existe una gran diversidad en los valores estimados de parámetros de crecimiento para diferentes especies de tiburones. Los parámetros de crecimiento estimados para *R. longurio* difieren a los estimados para otros tiburones del mismo género (*Rhizoprionodon*), los valores estimados para *Rhizoprionodon taylori* de L_{∞} son de 73

y 65 cm de LT, los valores estimados de k son de 1.013 y 1.337 para hembras y machos, respectivamente. Los valores de L_{∞} obtenidos para *R. terranova* tienen un rango de 75– 96 cm de LT, y para k de 0.49– 0.85, la diferencia en los valores dentro del mismo género puede estar relacionada con el tamaño de muestra, la metodología, la verificación, la validación y el modelo de crecimiento utilizado (Cailliet, *et al.*, 2004).

La diferencia de resultados en la comparación de los parámetros de crecimiento de ambos sexos entre las pruebas de ϕ' y T^2 de Hotelling podría estar relacionada a que la prueba de ϕ' compara solo un par de parámetros (L_{∞} y k), sin ningún intervalo de confianza, mientras que la prueba T^2 de Hotelling permite comparar simultáneamente los tres parámetros (L_{∞} , k y t_0), a un intervalo de confianza. Por lo tanto la prueba T^2 de Hotelling es más rigurosa y nos permite establecer si hay o no diferencias significativas entre los parámetros estimados.

Las edades de madurez sexual para ambos sexos, coinciden con las reportadas por Rodríguez (1986) pero no con las estimadas por Castillo (1990), ya que son mayores. De igual manera, la edad máxima estimada por Castillo (1990), fue mayor a la máxima observada en este trabajo. Como en el caso de los parámetros de crecimiento, esto puede deberse a que el método de determinación de edad utilizado por Castillo fue diferente al del presente estudio, no siendo un método directo de estimación de edad.

La estimación de edad por métodos directos es aparentemente mejor, que por métodos indirectos, ya que estos son limitados debido a la tasa de crecimiento lenta que presentan los elasmobranchios, por las muestras poblacionales que se requieren en cantidad y tiempo (Cailliet *et al.*, 1983).

CONCLUSIONES

La captura de *Rhizoprionodon longurio* en Playa Sur, Mazatlán, Sin. está compuesta por dos grupos de tallas, juveniles (47-78 cm de LT) y adultos (88-127 cm de LT) capturados selectivamente por las artes de pesca utilizados.

La relación longitud-peso de esta especie es de tipo potencial alométrica para las hembras e isométrica para los machos.

Existe una relación lineal entre la longitud total del tiburón y el radio de sus vértebras, permitiendo la estimación de una a partir de la otra.

De acuerdo con el análisis de Incremento Marginal la formación de las bandas de crecimiento en las vértebras de esta especie es anual, permitiendo la estimación de la edad a partir de su conteo en dichas estructuras calcificadas.

La lectura de bandas de crecimiento en las vértebras de esta especie es un método preciso para la estimación de la edad en este tiburón.

Rhizoprionodon longurio es una especie de crecimiento relativamente rápido en comparación a otras especies de tiburones, pero crece más lentamente que otras especies del mismo género.

De acuerdo a la prueba de T^2 de Hotelling existen diferencias entre el crecimiento de hembras y machos de la especie, presentando las hembras una mayor talla y una menor tasa de crecimiento que los machos.

BIBLIOGRAFÍA

Alatorre, V. 2003. Análisis del contenido estomacal del tiburón *Rhizoprionodon longurio* capturado en el área de Mazatlán, Sinaloa, México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa, México. 65 pp.

Álvarez, B. S. 1983. Gulf of California. *In: Ketchum B.H. (Ed.) Estuaries and Enclosed Seas*. Elsevier Sci. Publ. Co. Ámsterdam: 427-449.

Applegate, S. P., L. Espinoza-Arrubarrena, L.B. Menchaca-López y F. Sotelo-Macías, F. 1979. Tiburones mexicanos. Subsecretaría de Educación e Investigación Tecnológica. Dirección General de Ciencia y Tecnología del Mar. México. 147 pp.

Applegate, S. P., L. Espinoza-Arrubarrena, L. B. Menchaca-López y F. Sotelo-Macías. 1994. An overview of Mexican Shark Fisheries, with suggestions for Shark conservation in Mexico. *In: Branstetter, S. (Ed.) Conservation Biology of Shark*. U.S. Dep. Commerce NOAA Tech. Rep. NMFS 115: 31-37.

Bartoo, N. W. and K. R. Parker. 1983. Reduction of bias generated of age-frequency estimation using the von Bertalanffy growth equation. U. S. Dep. Commerce, NOAA Tech. Rep. NMFS 8: 25-27.

Beamish, R. J. and D. A. Fournier. 1981. A method for comparing the precision of a set of age determinations. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 38: 982-983

Beamish, R. J. and G. A. Mc Farlane. 1983. Validation of age determination estimates the forgotten requirement. *In: Prince E.D. and L.M. Pulas (Eds.) Proceedings of the International Workshop on Age Determination of Oceanic Pelagic Fishes: Tunas, Billfishes and Sharks*. Miami, Florida, U.S.pp: 29-34.

Bizarro, J. 1998. A Field Guide to the Elasmobranchs of the Gulf of California. Moss Landing Marine Laboratories. pp 108.

Bonfil S. R. 1994. Overview of world elasmobranch fisheries. FAO Fish. Tech. Pap. 341.

Branstetter, S. 1987. Age and growth validation of newborn sharks held in laboratory aquaria with comments on the life history of the Atlantic sharpnose shark *R. terranova*. *Copeia* (2): 291-300.

Branstetter, S., J. A. Musick and J. A. Colvocoresses. 1987. A comparison of the age and growth of the tiger shark, *Galeocerdo cuvieri* from the northwestern Gulf of Mexico. *Fishery Bulletin*. 85 (2): 269-279.

Caddy, J. F. 1983. Algunos métodos simples para la evaluación de recursos pesqueros tropicales. FAO. Doc. Tec. Pesca. (234): 49.

Cailliet, G. M., L. K. Martin, D. Kusher, P. Wolf and B. A. Welden. 1983. Techniques for enhancing vertebral bands in age estimation of California elasmobranchs. *In*: Prince E. D. and L. M. Pulas (Eds) *Proceedings of the International Workshop on Age Determination of Oceanic Pelagic Fishes: Tunas, Billfishes and Sharks*. U.S. Dep. Commer, NOAA Tech. Rep. NMFS 8. pp: 157-165.

Cailliet, G. M., L. K. Martin, J. T. Harvey, D. Kusher and B. A. Welden. 1983. Preliminary studies on the age and growth of blue, *Prionace glauca*, common thresher, *Alopias vulpinus* and shortfin mako, *Isurus oxyrinchus*, sharks from California waters. *In*: Prince E.D. and L.M. Pulas (Eds) *Proceedings of the International Workshop on Age Determination of Oceanic Pelagic Fishes: Tunas, Billfishes and Sharks*. U.S. Dep. Commer, NOAA Tech. Rep. NMFS 8. pp 179-188.

Cailliet, G. M. 1990. Elasmobranch age determination and verification an updated review. *In*: H. L. Pratt, Jr., S. H. Gruber and T. Taniuchi, (Eds). Elasmobranchs as living resources: advances in biology, ecology, systematic and the status of the fisheries. U.S. Dep. Commerce. NOAA Tech. Rep. NMFS 90: 157-166.

Cailliet, G. M. and K. J. Goldman 2004. Age Determination and Validation in Chondrichthyan Fishes. *In*: J. C. Carrier, J. A. Musick and M. R. Heithaus, (Eds). Biology of sharks and their relatives. CRC marine biology series. pp: 398-447.

Campana, S. E., 2001. Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. *Journal of Fish Biology* 59: 197-242.

Cassleman, J. M. 1974. Analysis of hard tissue of pickle *Esox lucius* with special reference to age and growth. *In*: T. B. Baginall (Ed.). The ageing of fish. Unwin Brothers. Ltd. England. pp: 13-27.

Cassleman, J. M. 1983. Age and growth assessment of fish from their calcified structures techniques and tools. U.S. Dep. Commer. NOAA Tech. Rep. NMFS 8.

Castillo-Géniz, J. L. 1990. Contribución al conocimiento de la biología y pesquería del cazón bironche, *Rhizoprionodon longurio* (Jordan y Gilbert, 1882) del sur de Sinaloa, México. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. UNAM, 128 p.

Castillo-Géniz, J. L., Márquez Farias J. F., Rodríguez de la Cruz, M. C., Cortes, E., and Cid del Prado, A. 1998. The Mexican artisanal shark fishery in the Gulf of Mexico: towards a regulated fishery. *Mar. Freshwater Res.*, 49: 611-620.

Compagno, L. J. V. 1984. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Part 2, Carcharhiniformes. *FAO Fish. Synop.* 125 (4): 251-655.

Compagno, L. J. V. 1990. *FAO species catalogue. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date.* *FAO Fish. Synop.*

Corro, D. 1997. Análisis Preliminar de la pesquería artesanal de tiburones en el norte de Nayarit y sur de Sinaloa. Informe Técnico del INP. CRIP-Mazatlán, Sinaloa, México. (inédito).

Corro, D. y A. Hernández. 2002. Tiburones y rayas de Sinaloa. En Atlas de biodiversidad y los ecosistemas de Sinaloa. Tomo I. Colegio de Sinaloa, Culiacán, Sin., México. pp 48-53.

Clement, G. J. 1992. Re-examination of the fine structure of endoeskeletal mineralization in chondrichthyans: implications for growth ageing and calcium homeostasis. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.* 43: 157-181

Gallucci, V. F., S. B. Saila, D. J Gustafson and B.J. Rothschild (Eds). 1996. Stock assessment, quantitative methods and applications for small scale fisheries. CRC Lewis Publishers

García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köpen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). *Inst. Geofis. UNAM.* 246 pp.

Garrick, J. A. F. 1982. Sharks of the genus *Carcharhinus*. NOAA tech. Report NMFS 445. U.S. Dep. of commerce. 194 p.

Haddon, M., 2001. Modeling and quantitative methods in fisheries. Chapman and Hall. London. 405 pp.

Hernández C., A. 1971. Pesquerías de los tiburones en México. Tesis Profesional. ENCB, IPN, México. 123 p.

Holden, M. J. 1973. Are long-term sustainable fisheries for elasmobranchs possible? En: "Fish stocks and Recruitment". Rapports et Proces Verbaux des Réunions Conseil International Pour l'Exploration de la Mer 64.

Holden, M. J. 1974. Problems in the rational exploitation of elasmobranch populations and some suggested solutions. *In*: "Sea Fisheries Research. Halsted Press. New York. pp: 117-137.

Holden, M. J. y D. F Raitt (Eds). 1975. Manual de ciencia pesquera. Parte 2. Métodos para investigar los recursos y su aplicación. Documento Técnico. FAO 115. 74 pp.

Holden, M. J. 1977. Elasmobranchs. *In*: Gulland, J.A. (ed.). Fish Population Dynamics. John Wiley. London. pp: 187-216.

Kusher, D. I., S. E. Smith and G. M Cailliet. 1992. Validated age and growth of the leopard shark, *Triakis semifasciata*, with comments on reproduction. *Environmental Biology of Fishes* 35: 187-203.

Macías S. G. 1995. Análisis de la información estadística del recurso tiburón a nivel nacional e internacional (período 1978-1987). Tesis de Lic. en Admón. de Rec. Mar. Facultad de Ciencias Marinas. Universidad de Colima, México.

Manjarréz, A. 1983. Estudio sobre algunos aspectos biológicos pesqueros del tiburón en la zona sur de Sinaloa. Memoria del servicio social universitario. Escuela de Ciencias Mar , UAS, Mazatlán, Sin. México. 77 pp.

Márquez-Farias J. F., Corro-Espinoza D., Castillo-Géniz J. L. 2005. Shark fishery in Central Mexican Pacific, *e-J Northw. Atl. Fish. Sci.*, vol.35.

Officer, R. A. 1995. Vertebral mineralization patterns in gummy and school sharks and their utility for age determination. Doctoral Thesis. The University of Melbourne Australia. 300 pp

Officer, R., A. Gason, T. I. Walker and 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. *Can. J. Aquat. Sci.* 53: 1765-1777.

Officer, R. A. R. W. Day, J. G. V. Clement and L. P. Brown. 1997. Captive gummy sharks, *Mustelus antarcticus*, for hypermineralized bands in their vertebrae during winter. *Can. J. Aquat. Sci.* 54: 2677-2683.

Parsons, G. 1985. Growth and Age Estimation of the Atlantic Sharpnose Shark, *Rhizoprionodon terraenovae*: A Comparison of Techniques. *Copeia*. pp: 80-85.

Powers, J. E. 1983. Some statistical characteristics of ageing data and their ramifications in population analysis of oceanic pelagic fishes. *In*: D. Prince and L. M. Pulas (Eds) Proceedings of the International Workshop on Age determination of Oceanic Pelagic Fishes: Tunas, Billfishes and Sharks. Miami, Florida, U. S. pp: 19-24.

Rodríguez de la Cruz, C. 1988. Los recursos pesqueros de México y sus pesquerías. Secretaría de Pesca. México. 237 pp.

Rodríguez, H. 1986. Contribución al estudio de la pesquería del tiburón en la zona sur del estado de Sinaloa- Mazatlán. Tesis de licenciatura. Escuela de Ciencias Mar, UAS, Mazatlán, Sin. México. pp 94.

Ridewood, W.G. 1921. On the calcification of the vertebral centra in sharks and rays. *Philos. Trans. R. Soc. Lon. Biol. Sci.* 210: 311-407

Rodríguez de la Cruz, C., J. L. Castillo-Géniz y J. F. Márquez Farias 1996. Evaluación de la pesquería de tiburón en el Golfo de México. Informe técnico. CONACYT. 206 pp.

SAGARPA. 2004. Anuario Estadístico de Pesca 2003. México.2003.

Saucedo, C. 1982. Estudio sobre algunos aspectos biológico-pesqueros del tiburón en la zona sur de Sinaloa. Tesis de licenciatura. Escuela de Ciencias Mar, UAS, Mazatlán, Sin. México. 80 pp.

Sarabia, D., J. Velásquez. 2002. Composición de las capturas de tiburón de la flota artesanal de Playa Sur Mazatlán, Sinaloa entre 2002 y 2002. tesis para obtener el grado de Biólogo Pesquero. 78 pp.

SEMARNAP. 1994-1998. Anuarios Estadísticos de Pesca. Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca, México.

Simkiss, K. 1974. Calcium metabolism of fish in relation to ageing. *In*: J. B. Bagenal (Ed.) *The ageing of fish*. Unwin Bros. England. pp 1-12.

Sparre, P. and S. C. Venema, 1992. Introduction to tropical fish stock assessment. Part I. Manual. FAO Fish. Tech. Pap. No. 306.1, Rev. 1. Rome, FAO. pp: 372.

Springer, V. 1964. A revision of the Carcharhinid shark genera *Scoliodon*, *Loxodon* y *Rhizoprionodon*. *Proc. U. S. Nat. Mus.* 15 (3493): 559-632.

Tovar. A. J. 2000. Edad y crecimiento del tiburón puntas negras *Carcharhinus limbatus* (Valenciennes, 1839) de las aguas de Veracruz y Tamaulipas, México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México. 67 pp.

Walker, T. I. 1998. Can shark resources be harvested sustainable?. A question revisited with a review of shark fisheries. Mar. Freshwater Res. CSIRO. Vic. Australia. 49(7): 553-72.

Walter.J.P. and D.A. Ebert. 1991 Preliminary estimates of age of the bronze whaler *Carcharhinus brachyurus* from southern Africa. *S. Afr. J. Mar. Sci.* 10: 37-44.