



# Universidad del Mar

Campus Puerto Ángel, Oaxaca

## “Edad y crecimiento de la raya tecolota *Rhinoptera steindachneri* (Elasmobranchii: Rhinopteridae) del sureste del Golfo de California”

### Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el título profesional de:

Licenciado en Biología Marina

### Presenta:

Luis Daniel Carrillo Colín

### Dirigido por:

Dr. Juan Fernando Márquez Farías

Puerto Ángel, Oaxaca, 2015.

## **DECLARACIÓN DEL AUTOR**

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

Atentamente:

Luis Daniel Carrillo Colín

*Al comprender el orden universal, el mundo nos pertenece un poco más. No importa que rama del conocimiento estudiemos, en la oscuridad debe haber luz.*

*Caterina Da Vinci: El Origen.* De Erma Cárdenas

*A mis padres. José Antonio Carrillo Espinosa.  
María de la Luz Colín Hernández.*

*A mis hermanos. Juan Carlos Carrillo Colín.  
Mariano Carrillo Colín.*

*A mi comandante. Carlos Colín Hernández.*

*A mi pauchis y mauchis. Lucio Colín López.  
Belem Hernández de Colín.*

*A Ivette y Sebastián.*

*y por supuesto a ti, Dulce.*

## AGRADECIMIENTOS

Como en toda obra literaria, en el desarrollo del presente trabajo intervino más de una persona. Muchas gracias:

Primeramente, al proyecto PROFAPI-UAS 99-2013 “Estimación de parámetros demográficos de peces batoideos del sur de Sinaloa”, por las facilidades para la obtención de muestras.

A mi director de tesis, el Dr. Juan Fernando Márquez Farías, no solo por tenerme confianza y aceptarme en su grupo de trabajo, sino por dirigir mi trabajo de tesis, por su apoyo total e incondicional en todos sentidos y su amistad dentro y fuera del laboratorio. Gracias *Dear profesor*.

Al Dr. (c). Raúl Enrique Lara Mendoza, por tus consejos, palabras de aliento, conocimiento compartido y ayuda en todo momento desde aquella estancia de verano, pero sobre todo, gracias por abrirme las puertas de tu casa y dejarme convivir con tu bella familia.

A mis revisores, la Dra. Genoveva Cerdaneres Ladrón de Guevara y al M. en C. Alberto Montoya Márquez, por su tiempo dedicado, sus acertados comentarios y excelentes consejos hacia este trabajo. Al Dr. Pedro Cervantes Hernández, por sus particulares revisiones, por ayudarme a mejorar este escrito y por los buenos momentos dentro y fuera del aula de clases.

A mi padre, José Antonio Carrillo Espinosa, y mi madre, María de la Luz Colín Hernández. Porque la educación más básica se da dentro del hogar. No aprenderé en ningún otro lado los valores inculcados por ustedes.

A mis hermanos, Juan Carlos y Mariano Carrillo Colín. Sé que saldrán adelante y espero que esto les sirva de ejemplo; todo en la vida se puede y más con el apoyo de tu familia, a pesar de la distancia, cuentan conmigo en todo.

A mi comandante, Ing. Carlos Colín, pues esta meta personal no hubiera sido completada sin su apoyo incondicional hacia mí y mi familia. Infinitas gracias.

A la familia Colín-Hernández y Carrillo-Espinosa, por estar al pendiente en todo momento.

A mi tío Checo, Sergio Carrillo Espinosa, por preocuparse y mostrar siempre un interés hacia mí. Gracias.

Por ayudarme en los inicios de esta odisea y no hacerme extrañar el hogar, al pipis (Cesar Míreles Colín) y a la familia Briseño-Colín (Yahel y Belem). A Karla Colín Molina, por siempre estar cerca.

A mi Dulce, pues sigues conmigo a pesar de todo. *Nosotros somos otro y el mundo tan igual, somos el horizonte que se junta con el mar*. Estamos, juntos en todo.

A mis camaradas, que digo mis camaradas mis amigos, que digo mis amigos mis hermanos: Odón (padrino), Luis F. Flores (zancu), Rey David (Ereyravid), Oscar Eliel (nene), Jaime (wuerito vende quesos) y a la demás raza: Eliseo, Ramoncin, Roberto (Mark), Alfredo, Oswaldo y los que faltaron. Pues sin ustedes mi hígado estaría intacto, pero las fiestas, las anécdotas y las amistades que se formaron serían nulas. Gracias carnales y recuerden: “Somos como las *Drosophilas*, solitos llegamos a la mi...”

A Mauricio Huaracha Carrillo, por aquella agradable visita y por tu ayuda siempre desinteresada.  
¡Gracias primazo!

A la bandita del “elasmolab” en Mazatlán: Oscar, Abarca, Naye, Allan, Borre, Manuel y Tony, por su ayuda, amistad y momentos agradables.

A mis compañeros de la generación 2009-2014, por compartir cinco años nada fáciles.

A la Universidad del Mar y a sus profesores, por la inigualable formación académica. A la Facultad de Ciencias del Mar, por la facilidad en el uso de sus instalaciones.

A Jaime Saúl Flores García, eres mi hermano a pesar de la distancia.

A ti lector, por hojear mi trabajo.

# ÍNDICE GENERAL

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>IX</b>
<b>LISTA DE TABLAS.....</b>	<b>XI</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>XII</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>XIII</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1. <i>Taxonomía</i> .....	3
1.2. <i>Descripción morfológica</i> .....	4
1.3. <i>Biología reproductiva</i> .....	5
1.4. <i>Distribución geográfica y hábitat</i> .....	6
1.5. <i>Alimentación</i> .....	6
1.6. <i>Estado de conservación de la población de R. steindachneri</i> .....	6
<b>2. ANTECEDENTES .....</b>	<b>8</b>
<b>3. JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>11</b>
<b>4. HIPÓTESIS.....</b>	<b>11</b>
<b>5. OBJETIVO GENERAL.....</b>	<b>12</b>
5.1. <i>Objetivos específicos</i> .....	12
<b>6. ÁREA DE ESTUDIO .....</b>	<b>12</b>
6.1. <i>Corrientes marinas</i> .....	13
6.2. <i>Aspectos oceanográficos generales</i> .....	14
6.3. <i>Región biogeográfica</i> .....	14
<b>7. MATERIAL Y MÉTODOS.....</b>	<b>15</b>
7.1. <i>Trabajo de campo</i> .....	15
7.2. <i>Trabajo de laboratorio</i> .....	17
7.2.1. <i>Preparación de las vértebras</i> .....	17
7.2.2. <i>Fotografías</i> .....	18
7.2.3. <i>Lectura de bandas de crecimiento</i> .....	18
7.2.4. <i>Medición de vértebras</i> .....	19
7.3. <i>Trabajo de gabinete</i> .....	20
7.3.1. <i>Proporción sexual</i> .....	20
7.3.2. <i>Distribución de frecuencia de tallas</i> .....	21
7.3.3. <i>Relación diámetro vertebral-ancho de disco</i> .....	22
7.3.4. <i>Precisión de las lecturas de bandas de crecimiento</i> .....	23
7.3.5. <i>Periodicidad de formación de las bandas de crecimiento</i> .....	25
7.3.6. <i>Estimación de parámetros de crecimiento en talla</i> .....	26
7.3.7. <i>Comparación de curvas de crecimiento</i> .....	28
7.3.8. <i>Selección del modelo</i> .....	28
<b>8. RESULTADOS .....</b>	<b>30</b>
8.1. <i>Distribución de frecuencias de tallas</i> .....	30
8.2. <i>Relación ancho de disco (AD)-diámetro vertebral (DV)</i> .....	31
8.3. <i>Lectura de vértebras</i> .....	32
8.4. <i>Precisión de las lecturas y coincidencia entre lectores</i> .....	32

8.5. Periodicidad de formación de las bandas de crecimiento.....	34
8.6. Estimación y estructura de edades .....	36
8.7. Descripción del crecimiento .....	37
8.8. Modelos de crecimiento .....	38
<b>9. DISCUSIÓN .....</b>	<b>40</b>
9.1. Proporción sexual.....	40
9.2. Frecuencia de tallas .....	41
9.3. Relación ancho de disco-diámetro vertebral.....	42
9.5. Periodicidad de bandas de crecimiento .....	44
9.6. Estimación y estructura de edades .....	47
9.7. Modelos y descripción del crecimiento .....	48
<b>10. CONCLUSIONES .....</b>	<b>54</b>
<b>11. REFERENCIAS .....</b>	<b>55</b>
<b>12. ANEXOS .....</b>	<b>71</b>

## LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 Descripción morfológica de <i>R. steindachneri</i> ; a) vista dorsal, b) vista lateral de la cabeza, c) vista ventral de la cabeza, d) dientes de la mandíbula superior, e) dientes de la mandíbula inferior.....	5
Figura 2 Órgano copulador en macho.....	5
Figura 3 Área de estudio de <i>R. steindachneri</i> en el sureste del Golfo de California. Se muestra la localidad (★) y la zona de captura (●).....	13
Figura 4 Esquema de raya ticolota <i>R. steindachneri</i> . Se muestran las medidas morfométricas consideradas: Ancho de disco (AD) y longitud corporal (LC)..	16
Figura 5 Sección removida de vértebras para determinar la edad de la raya ticolota <i>R. steindachneri</i> (línea blanca).....	16
Figura 6 Medición del diámetro vertebral (DV).....	17
Figura 7 Corte sagital de las vértebras y sección obtenida del corte.....	18
Figura 8 Sección longitudinal de una vértebra de <i>R. steindachneri</i> , macho de 81.5cm de AD con 11 bandas opacas (puntos).....	19
Figura 9 Sección longitudinal de una vértebra de <i>R. steindachneri</i> , macho de 80.1 cm de AD en la cual se observa la posición donde fueron tomadas las medidas para el análisis de incremento marginal .....	20
Figura 10 Número total de ejemplares de <i>R. steindachneri</i> recolectados en el sureste del Golfo de California durante el periodo 2008-2014 agrupados por meses.....	30
Figura 11 Distribución de frecuencia de AD (cm) de hembras y machos de <i>R. steindachneri</i> en el sureste del Golfo de California en el periodo 2008-2014.....	31
Figura 12 Relación entre el ancho de disco (AD) y el diámetro vertebral (DV) en sexos combinados de <i>R. steindachneri</i> .....	32
Figura 13 Relación lineal entre las lecturas realizadas en los cortes vertebrales en sexos combinados de <i>R. steindachneri</i> en el sureste del Golfo de California. a) Lecturas por lector 1 vs lector 2, b) Lecturas por lector 1 vs lector 3 y c) Lecturas por lector 2 vs lector 3.....	34

Figura 14	Variación bimestral de la proporción vertebral con borde opaco e hialino de la raya ticolota <i>Rhinoptera steindachneri</i> en el sureste del Golfo de California.....	35
Figura 15	Promedio bimestral del incremento marginal (IM) de <i>R. steindachneri</i> en el sureste del GC.....	35
Figura 16	Estructura de edades de hembras y machos de la raya ticolota <i>Rhinoptera steindachneri</i> en el sureste del Golfo de California durante los años 2008-2014.....	36
Figura 17	Relación entre el ancho de disco (AD) y la edad de <i>R. steindachneri</i> en el sureste del Golfo de California.....	37
Figura 18	Comparación de las curvas de crecimiento en sexos combinados ajustados con máxima verosimilitud para <i>R. steindachneri</i> .....	39
Figura 19	Curvas de crecimiento del mejor modelo (Gompertz) en sexos combinados ajustados con máxima verosimilitud para <i>R. steindachneri</i> .....	39
Figura 20	Comparación del crecimiento embrionario de <i>R. steindachneri</i> colectados en Sonora durante la temporada de pesca 1999- 2000 y el patrón estacional de la temperatura superficial del mar del año 2013 (---).....	46

## LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla I	Resultados de las pruebas realizadas con los diferentes modelos de regresión. .... 31
Tabla II	Valores del análisis de precisión de las tres lecturas en las imágenes de las vértebras de <i>R. steindachneri</i> . .... 33
Tabla III	Promedios de longitudes observadas por clases de edad para sexos combinados y separados de <i>R. steindachneri</i> en el sureste del Golfo de California..... 36
Tabla IV	Parámetros de crecimiento estimados para el modelo de von Bertalanffy, von Bertalanffy con $AD_0^*$ , Gompertz, Gompertz con $AD_0$ ..... 38
Tabla V	Estudios de edad y crecimiento de algunas rayas del género <i>Rhinoptera</i> y <i>Myliobatis</i> ..... 51