



Universidad del Mar

Campus Puerto Ángel, Oaxaca

División de estudios de Postgrado

Demografía de la raya manchada *Urotrygon chilensis* (Günther, 1872) en el Golfo de Tehuantepec.

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de Maestro
en Ciencias: Ecología Marina

PRESENTA

Biol. Mar. Tania Ortíz Pérez

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Vicente Anislado Tolentino

CODIRECTORA DE TESIS

M. en C. Ana María Torres Huerta

Puerto Ángel, Oaxaca, México, Abril del 2014



ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

Después de haber analizado y evaluado la tesis “**Demografía de la raya manchada *Urotrygon chilensis* (Günther, 1872) en el Golfo de Tehuantepec**”, presentada por la bióloga marina **Tania Ortiz Pérez**, se considera que cumple con los requisitos académicos y la calidad necesaria para ser defendida en el examen profesional.

Comisión Revisora

Dr. Vicente Anislado Tolentino
Profesor-Investigador
Instituto de Recursos
UMAR, campus Puerto Ángel
Director

M. en C. Ana María Torres Huerta
Profesor-Investigador
Instituto de Recursos
UMAR, campus Puerto Ángel
Codirectora

Dra. Genoveva Cerdaneres Ladrón
de Guevara
Profesor-Investigador
Instituto de Recursos
UMAR, campus Puerto Ángel
Revisora

Dra. Elaine Espino Barr
Investigador Titular
CRIP-Manzanillo, Colima
INAPESCA
Revisora

Dr. Javier Tovar Ávila
Investigador Titular C, SNI 1
CRIP-Bahía Banderas, Nayarit
INAPESCA
Revisor

Puerto Ángel, Oaxaca.

DECLARACIÓN DEL AUTOR

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

Atentamente:

Biol. Mar. Tania Ortíz Pérez

ESCUCHAME QUE YO TE ESCUCHO

Sentado en mí mundo, mar, te escucho,
no entiendo tu lenguaje pero adivino tus palabras,
sé que algo quíeres decirme,
llévame adonde quíeras, ¡oh inmensidad inestable!
quiero entenderte madre agua,
quiero que entiendas mí modo humano,
quiero fundirme contigo.

ANÓNIMO

DEDICATORIA

A mi familia (Tere y los Roger's) porque gracias a su formación, apoyo e infinito amor he podido cumplir con una más de mis metas. Y lo mejor es que puedo compartirla con ustedes.

A Erick por llenar mi vida de su amor incondicional y por siempre creer en mí.

A los que brindan su tiempo y esfuerzo para expandir los conocimientos a cerca de la vida marina con el fin de utilizar los recursos razonablemente y conservar los ecosistemas.

A todos los entes que habitan en el mar y que hacen nuestra vida más divertida y emocionante.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Vicente Anislado Tolentino por permitirme entrar al equipo de trabajo y enseñarme tantas cosas, gracias por la confianza, el apoyo y el cariño, que por supuesto son mutuos.

A la H. Gabriela Gonzales Medina por el importante apoyo con las muestras y la información requerida para la realización de este trabajo.

A mi comité tutorial: M. en C. Ana María Torres Huerta (UMAR), Dra. Genoveva Cerdaneres Ladrón de Guevara (UMAR), Dra. Elaine Espino Barr (CRIP-Manzanillo) y al Dr. Javier Tovar Ávila (CRIP-Bahía Banderas, Nayarit) por sus valiosos comentarios, su disposición y apoyo, lo que mejoró la calidad de éste trabajo.

A los compas del equipo de trabajo (LIBP Y LDPP): Doris, Chely, Nancy, Emma, Dénis, Huguíño, Látin, Germán, Luis y el Vampirín por apoyarme y por esos muy buenos momentos que pasamos disfrutando de la vida juntos.

A mis compañeritos de generación porque juntos formamos una familia, aunque fuese disfuncional.

A los pescadores y trabajadores que formaron parte de los muestreos e hicieron posible la obtención de las muestras.

A mi compañero de trabajo Luis Salgado por ayudarme en todo y aguantar mis crisis existenciales, pero sobre todo por su amistad incondicional, gracias amigo!

A mis amigos que aunque no sabían nada de mi tema de tesis, siempre estuvieron apoyándome y haciendo mi vida más feliz, gracias Janet, Ferguson, Chapu, Tama, Eddi, Oax, Rambito, Aline, Albita, etc.

A Erick por su gran amor y por sobrevivir a todas las aventuras a las que ha sido sometido. Te amo y espero que nuestra historia continúe...

A mi familia, mis papás (love's), mi hermano y mi adorado sobrinito, gracias por quererme y apoyarme tanto y sobre todo por seguir creyendo en mí. Los amo muchísimo y los llevo en mi corazón.

CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABLAS.....	xi
RESUMEN.....	xii
1.0 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Batoideos.....	6
1.2 Características de la especie <i>Urotrygon chilensis</i>	8
1.3 Estatus taxonómico de la especie (Nelson, 2006).....	10
2.0 JUSTIFICACIÓN.....	11
3.0 ANTECEDENTES.....	11
4.0 HIPÓTESIS.....	14
5.0 OBJETIVOS.....	14
5.1 Objetivo general.....	14
5.2 Objetivos específicos.....	14
6.0 ÁREA DE ESTUDIO.....	15
7.0 MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
7.1 Método de campo.....	17
7.1.1 Obtención de los datos.....	18
7.1.2 Aspectos reproductivos.....	19
7.1.3 Edad y Crecimiento.....	21
7.2 Método de laboratorio.....	21
7.3 Método de gabinete.....	23
7.3.1 Estructura de tallas.....	23
7.3.2 Edad y Crecimiento.....	26
7.3.3 Talla-edad de madurez gonadal.....	29
7.3.4 Fertilidad.....	30
7.3.5 Selectividad, Mortalidad y Explotación.....	30
7.3.6 Demografía.....	33
8.0 RESULTADOS.....	35
8.1 Estructura de tallas.....	35
8.1.1 Sexos Combinados.....	35

8.2 Edad y crecimiento	39
8.2.1 Relación entre el Ancho de Disco vs Peso Total	39
8.2.2 Método Directo	39
8.2.3 Relación entre el radio vertebral (R) vs el ancho de disco (AD).....	41
8.2.4 Incremento Marginal.....	44
8.2.5 Estimación de los parámetros de las funciones de crecimiento	46
8.3 Talla-edad de madurez gonadal.....	49
8.3.1 Hembras	49
8.3.2 Machos	50
8.4 Fertilidad	51
8.5 Selectividad, Mortalidad y Explotación.....	52
8.6 Demografía	53
9.0 DISCUSIONES	58
9.1 Estructura de tallas	58
9.2 Edad y Crecimiento	59
9.2.1 Relación ancho de disco vs peso.....	59
9.2.2 Lectura de vértebras.....	61
9.2.3 Relación R vs AD	62
9.2.4 Incremento Marginal.....	63
9.2.5 Crecimiento.....	64
9.3 Talla-edad de madurez gonadal.....	65
9.4 Fertilidad	66
9.5 Mortalidad y Explotación	66
9.6 Demografía	67
10.0 CONCLUSIONES	70
11.0 GLOSARIO.....	71
12.0 REFERENCIAS	78

FIGURAS

Figura 1. Morfología típica de la familia Urotrygonidae (Tomado de Nelson, 2006).	7
Figura 2. Aspecto de una raya manchada <i>Urotrygon chilensis</i> (Günther, 1872).	9
Figura 3. Distribución de <i>Urotrygon chilensis</i>	10
Figura 4. Estaciones de muestreo realizadas en el Golfo de Tehuantepec, Oaxaca-Chiapas, México.	15
Figura 5. Principio de captura mediante red de arrastre (Tomado de FAO, 2005).	17
Figura 6. Medidas morfométricas básicas de las rayas: (LD) longitud de disco; (AD) ancho del disco, (L mix) longitud del mixoptergio.	18
Figura 7. Imagen vertebral mostrando el conteo de seis anillos de crecimiento.	22
Figura 8. Histograma que muestra la frecuencia de tallas de <i>Urotrygon chilensis</i> , basada en la variable ancho de disco (AD).	35
Figura 9. Gráfico que representa el análisis de Battacharya, mostrando los picos modales de las tallas de la población (sexos combinados, hembras y machos).	37
Figura 10. Análisis de Distribución Multinomial mostrando los grupos modales (con su valor) de las hembras de la población capturada.	38
Figura 11. Análisis de Distribución Multinomial mostrando los grupos modales (con su valor) de los machos de la población capturada.	38
Figura 12. Relación potencial entre Ancho de Disco (AD) vs Peso Total (P) de <i>Urotrygon chilensis</i>	39
Figura 13: Secuencia de cortes vertebrales mostrando las bandas de crecimiento.	40
Figura 14. Relación entre Ancho de disco (AD) vs Radio vertebral (R) de <i>Urotrygon chilensis</i>	41
Figura 15. Longitudes retrocalculadas para <i>Urotrygon chilensis</i> , con su número de anillos presentes al momento de la captura.	42
Figura 16. Incremento marginal (IM) de los ejemplares de <i>Urotrygon chilensis</i>	44
Figura 17. Porcentaje de calcificación por mes de los ejemplares de <i>Urotrygon chilensis</i>	45
Figura 18. Comparación de las curvas de crecimiento de <i>Urotrygon chilensis</i> , con los diferentes modelos.	47
Figura 19. Proporción de hembras maduras de <i>Urotrygon chilensis</i> (n=29).	49
Figura 20. Relación entre el ancho de disco y la longitud del mixoptergio de los machos de <i>Urotrygon chilensis</i> (n=94).	50

Figura 21. Fertilidad de <i>Urotrygon chilensis</i> (n= 12).	51
Figura 22. Hembra de <i>Urotrygon chilensis</i> con sus crías.	52
Figura 23. Curva de captura para <i>Urotrygon chilensis</i> (n= 74) en el Golfo de Tehuantepec.....	53
Figura 24. Curva de Sobrevivencia de <i>Urotrygon chilensis</i>	54
Figura 25. Valor reproductivo de las hembras de <i>Urotrygon chilensis</i>	56
Figura 26. Comparación de la Tasa Neta Reproductiva en los diferentes escenarios de pesca.	57

TABLAS

Tabla 1. Grupos de edades con el valor modal de la variable ancho de disco (AD), desviación estándar (S.D.), índice de separación (S.I.) y coeficiente de determinación (r^2).	36
Tabla 2. Resultados de las pruebas realizadas con los diferentes modelos de regresión, donde a=ordenada al origen, b=pendiente, R^2 =coeficiente de determinación (expresado en porcentaje) y n=número de datos analizados.	41
Tabla 3. Resultados del análisis de retrocálculo para sexos combinados.	42
Tabla 4. Matriz Clave Talla-Edad que muestra la frecuencia de edades en cada talla, el % representa el porcentaje de la muestra relacionado al número de anillos o a la edad correspondiente.	43
Tabla 5. Número de individuos dentro de la escala cualitativa de calcificación de los anillos de crecimiento, modificada de Ferreira y Vooren (1991).	45
Tabla 6. Comparación de los parámetros obtenidos con los diferentes modelos de crecimiento.	48
Tabla 7. Prueba del menor rango que indica, mediante el valor más pequeño de la sumatoria, cual es el modelo más verosímil, de acuerdo a las pruebas estadísticas analizadas (LL, AIC, Residuos).	48
Tabla 8. Porcentaje de fertilidad de las hembras preñadas de <i>Urotrygon chilensis</i>	51
Tabla 9. Valores de los parámetros pesqueros de <i>Urotrygon chilensis</i>	52
Tabla 10. Valores de los parámetros reproductivos de las hembras de <i>Urotrygon chilensis</i>	53
Tabla 11. Tabla de Vida con un escenario natural ($F=0$ año ⁻¹).	54
Tabla 12. Tabla de Vida incluyendo la mortalidad por pesca ($F=0.79$ año ⁻¹).	55
Tabla 13. Valores de los parámetros demográficos de <i>Urotrygon chilensis</i>	57

RESUMEN

La pesca de camarón con redes de arrastre, tiene un impacto negativo en las comunidades de peces demersales, sobre todo en batoideos (rayas), que son capturados como fauna de acompañamiento (FA). Para el Golfo de Tehuantepec se ha encontrado que la raya manchada (*Urotrygon chilensis*) es la especie de mayor abundancia en los descartes de FA, por lo cual evaluar su fragilidad a través de la demografía permitió determinar las edades críticas a la explotación, que servirán de línea de partida en la toma de decisiones de su manejo. Del 2006 al 2012 se colectaron 388 individuos de *U. chilensis*, a través de muestreos comerciales y biológicos en el Golfo de Tehuantepec; el análisis de tallas mostró un intervalo desde 5.6 a 27.5 cm de ancho de disco (AD) con seis modas para hembras y cuatro para machos. La relación entre AD y peso total fue alométrica positiva ($b= 3.2707$), sin diferencias significativas entre sexos ($p=0.97$). Se analizaron 184 vértebras postsinarcuales encontrado un máximo de ocho anillos de crecimiento, el Índice de efectividad de la lectura (IEL) fue de 93.88%, con un Porcentaje Promedio del Error (PPE) de 6.98% y un Coeficiente de Variación (CV) de 9.06%. Se determinó una periodicidad de formación de anillos de crecimiento anual (septiembre-febrero). De acuerdo con los resultados obtenidos, el modelo que mejor describe el crecimiento del AD fue el de Gompertz ($AD_{\infty}=31.54$; $k=0.14$; $t^*=2.12$). La talla de madurez ($AD_{50\%}$) estimada fue de 11 cm de AD, con una edad de 2 años. La fertilidad efectiva fue de 1 cría-hembra/parto. Los valores de las mortalidades ($Z=1.01$; $M=0.22$; $F=0.79$ año⁻¹) y del índice de explotación ($E=0.78$) indican una sobreexplotación. Los parámetros demográficos obtenidos: tasa reproductiva neta ($R_0=0.74$), tiempo generacional ($T=3.57$), tasa intrínseca de crecimiento ($\lambda=0.77$), y el tiempo de duplicación del tamaño poblacional ($T_{x2}=-2.59$), muestran que la condición actual de pesca se mantiene al límite inferior permisible para esta especie.

Palabras clave: *Urotrygon chilensis*, Golfo de Tehuantepec, Oaxaca, edad y crecimiento, demografía, sobreexplotación.

ABSTRACT

The shrimp catch with trawl nets has a negative impact on demersal fish communities, especially on batoids (rays) which are caught as bycatch (FA). For the Gulf of Tehuantepec it was found that the spotted ray (*Urotrygon chilensis*) is the most abundant species in the discards of bycatch, thus assessing its fragility through demography allowed for determining the critical exploitation ages which will be the starting line for decision-making management. From 2006-2012, 388 individuals of *U. chilensis* were collected through commercial and biological sampling from the Gulf of Tehuantepec. The analysis showed disc sizes ranging from 5.6 to 27.5 cm wide (AD) with six sizes for females and four for males. The relationship between disc width and total weight was positively allometric ($b=3.2707$), with no significant differences between sexes ($p=0.97$). 184 postsinarcual vertebrae were analyzed and up to eight growth rings were found. The effectiveness index reading (IEL) was 93.88% with an average percentage error (PPE) of 6.98% and a coefficient of variation (CV) of 9.06%. A periodicity of ring growth (September-February) was determined. According to the results, the model that best describes the growth of disc width was the Gompertz model ($AD_{\infty}=31.54$; $k=0.14$; $t^*=2.12$). The size at maturity ($AD_{50\%}$) was estimated at 11 cm of AD, aged 2 years. Effective fertility was 1 female-calf/parturition. The mortality values ($Z=1.01$; $M=0.22$; $F=0.79$ yr⁻¹) and the exploitation rate ($E=0.78$) indicate overexploitation. The demographic parameters obtained, net reproductive rate ($R_0=0.74$), generation time ($T=3.57$), intrinsic growth rate ($r=0.77$), and the doubling time of population size ($T_{x2}=-2.59$) show that the current status of catch is maintained at the lower limit for the species.

Key words: *Urotrygon chilensis*, Gulf of Tehuantepec, age and growth, demography, overexploitation.

1.0 INTRODUCCIÓN

La pesca es una actividad que se ha desarrollado desde las primeras etapas del hombre, en la actualidad se sabe que la mayoría de las pesquerías comerciales tienen que enfrentar una captura incidental (bycatch), la cual se puede definir como cualquier cosa que los pescadores no intentan pescar, incluyendo tortugas, peces y mamíferos (Piovano *et al.*, 2010; Carruters y Neis, 2011).

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) ha estimado que cerca de 7 millones de toneladas de peces provenientes del bycatch son descartados mundialmente cada año por pescadores comerciales. Esto equivale a cerca de 8% de la pesca mundial producida por las pesquerías marinas, ya sea con palangres o con redes de arrastre (Eayrs, 2007).

A nivel mundial, la pesca de arrastre de fondo es una de las pesquerías menos selectivas, su captura incidental puede consistir de cientos de especies y sobrepasar la captura del propio camarón hasta en una proporción de 20 a 1. Por lo que la captura y descarte de los organismos resulta en un desperdicio como fuente alimentaria, ya que normalmente mueren o agonizan cuando son regresados al mar y en consecuencia no tienen oportunidad para reproducirse o crecer a tallas más adecuadas para consumo humano. Incluso se piensa, en el caso de muchas especies de peces, que si se les da la oportunidad de crecer y convertirse en adultos, pueden llegar a contribuir con el problema de seguridad alimentaria en países en desarrollo (Eayrs, 2007).

Estudios sugieren que la pesca de arrastre destinada al camarón puede tener un efecto de deterioro en algunos ecosistemas marinos y pueden incluso dañar las propias pesquerías de camarón, debido a que el daño de una parte ocasiona cambios en otras partes del sistema (Eayrs, 2007). Por lo que la captura incidental causa alta mortalidad en grupos de invertebrados, tortugas, peces cartilaginosos (elasmobranquios) y óseos, aves y mamíferos marinos, inclusive algunas especies se encuentran bajo alguna regulación para su protección (Diamond, 2003).

Por otro lado, se sabe que la pesca de arrastre tiene un impacto considerable en la comunidad de peces bentónicos, ya que gran porcentaje de la fauna de acompañamiento está compuesta de estos vertebrados.

Incluso, el impacto de la actividad pesquera con redes de arrastre, en zonas específicas sometidas a un gran esfuerzo pesquero ha registrado una considerable baja en la abundancia de peces demersales (Amezcu-Linares, 1996). Específicamente, el impacto sobre los elasmobranquios se agrava debido a sus características biológicas lento crecimiento, madurez tardía, alta longevidad, baja fecundidad, frecuencia reproductiva desconocida, y un aparente mecanismo denso dependiente asociado a la relación stock-reclutamiento (Walker, 1992), lo cual, los hace vulnerables a la sobre explotación pesquera.

Las pesquerías pueden estar produciendo efectos negativos en las poblaciones de rayas, ya que en la mayor parte de las capturas incidentales los organismos mueren y muchas veces no se registran, por lo que esta actividad provoca un descenso tanto en abundancia como en biomasa (FAO, 2001).

Márquez-Farías (2002), señala que en la pesquería de camarón la captura incidental de rayas no ha sido formalmente cuantificada, pero la disminución de estos organismos tiene efectos ecológicos, sin duda en la biodiversidad, en el número de depredadores o especies clave, dando lugar a cambios en la estructura de su comunidad.

Por lo que, la falta de información específica, la limitada información sobre sus historias de vida y en general la inexistencia de un plan de recuperación poblacional, producen un mal manejo de las especies (Eayrs, 2007).

En la actualidad se reconoce que el propósito del manejo de pesquerías es asegurar una producción sostenible de las poblaciones (stocks) de peces, a través de acciones regulatorias. Para lograr este propósito las autoridades responsables del manejo, deben diseñar, justificar y administrar las restricciones sobre la actividad pesquera. Estas decisiones deben estar basadas en el conocimiento biológico de las especies explotadas (Salgado-Ugarte *et al.*, 2005).

Como respuesta a este problema, los pescadores y científicos han unido esfuerzos en muchos países para modificar las redes de arrastre y usar dispositivos reductores de la captura incidental (Eayrs, 2007; Sarmiento-Náfate, 2008).

A partir del 2002, la FAO ha ejecutado un programa mundial denominado “Reducción de los descartes y del impacto medioambiental causado por pesquerías”. Los objetivos principales de este programa son minimizar la captura incidental de organismos y reducir el impacto del arrastre de las redes, a través de la introducción de sistemas de pesca más apropiados para cada región (Eayrs, 2007).

Una de las formas de adquirir información útil para el manejo de las especies, es a través de la demografía, permitiendo analizar la estructura de una población mediante la caracterización de sus cohortes. Los análisis demográficos se basan en información de edad y crecimiento, mortalidad y sobrevivencia, aunado a datos de fecundidad y edad de madurez (Krebs, 1994). Una de las herramientas útiles de la demografía para describir la dinámica poblacional a través de una o varias generaciones, es la tabla de vida (Krebs, 1994), la cual ha sido usada para la valoración de las poblaciones de elasmobranchios (Cailliet, 1992; Walker, 1992; Cortés, 1995; Márquez *et al.*, 1998; Simpfendorfer, 1998).

La importancia de los estudios demográficos es que pueden ayudar a mejorar y desarrollar estrategias de regulación y conservación de las especies, mediante la descripción del incremento y la estructura de una población en un cierto tiempo (Hoening y Gruber, 1990).

Para la estimación de la edad existen métodos directos e indirectos. Los métodos indirectos se basan en el análisis de agrupamientos de individuos de talla similar (modas) que representan las cohortes de una población. Cada moda refleja el flujo anual de nuevos reclutas, y por lo tanto la progresión modal en diferentes tiempos puede ayudar a confirmar la edad relativa y el crecimiento de los peces de varios tamaños. Los métodos directos incluyen a la esclerocronología, estudio de las estructuras duras a través del tiempo, mediante la lectura de anillos o marcas de crecimiento que se forman debido a fluctuaciones estacionales del ambiente y a su interpretación. Este tipo de estudios, se relacionan con la observación directa de discontinuidades del crecimiento en estructuras esqueléticas, como producto de cambios en la tasa de crecimiento o metabolismo de los individuos durante cierto periodo y su correlación con el tiempo en que ocurrieron (Salgado-Ugarte *et al.*, 2005).

Por si solos, los estudios de crecimiento representan un parámetro básico para el análisis de las pesquerías, ya que para estimar el incremento en biomasa de la población es importante establecer la edad de los organismos. El estudio del crecimiento consiste en estimar la relación que existe entre la talla de los organismos y su edad, teniendo como objetivo fundamental estimar el número de ejemplares de cada clase de edad y su talla media (Salgado-Ugarte *et al.*, 2005). Para ello, en estudios de dinámica de poblaciones de peces, se han utilizado distintos modelos que describen el crecimiento.

En el caso de especies con poca información biológica pero con una explotación creciente, es fundamental contar con los mejores modelos de entrada en las evaluaciones destinadas a generar propuestas de regulación pesquera.

Dada la fragilidad a la sobrepesca que se ha observado en las especies pesqueras con características particulares, tales como tiburones y rayas, es decir madurez sexual tardía, baja fecundidad, alta densidad-dependencia (Musick 1999, King y McFarlane 2003), se hace prioritario que los modelos que describan la historia de vida de estas especies sean lo más robustos y confiables.

El modelo de crecimiento de von Bertalanffy (VBGM) es uno de los modelos más utilizados para describir el crecimiento en los elasmobranquios. Incluso el parámetro k , cuyo valor determina la velocidad de crecimiento, es importante para entender las respuestas de una población explotada. De hecho, k se ha utilizado como un índice de vulnerabilidad de una población sujeta a altas mortalidades y es útil para la comparación de las estrategias de historia de vida y limitaciones entre las especies (Pratt y Casey 1990; Musick 1999).

Existe una modificación del modelo de Bertalanffy conocida como modelo de crecimiento de 2 Fases (TPGM) (Soriano *et al.* 1992), el cual recientemente se ha utilizado para describir el crecimiento de diversas especies de elasmobranquios. La importancia de este modelo es que puede predecir la disminución de la tasa de crecimiento, cuando los organismos alcanzan la madurez sexual (Araya y Cubillos, 2006; Aversa *et al.*, 2011).

Por otro lado, el modelo de Gompertz ha sido utilizado para describir el crecimiento en organismos acuáticos, debido a que el aumento en tamaño de los organismos se ve reflejado en la curva que sigue el modelo (Salgado-Ugarte *et al.*, 2005).

Cualquiera que sea el modelo utilizado, se debe tomar en cuenta la biología de cada especie y sus características poblacionales. En el caso del Pacífico Central Mexicano, la distribución y abundancia de peces sobre la plataforma continental sigue patrones de comportamiento específicos. La mayor biodiversidad y biomasa se encuentran concentradas entre los 13 y 70 m de profundidad, sobre todo de especies dominantes (Amezcu-Linares, 1996).

Los hábitos reproductivos, alimentarios y las relaciones tróficas de las especies, determinan en gran medida su distribución y abundancia, repercutiendo directamente en sus movimientos y por lo tanto en su dispersión y concentración dentro de la plataforma y en los diferentes niveles de la columna de agua. Así también, las variaciones ambientales tienen relación directa con las estrategias alimentarias y por lo tanto, influyen en los patrones de distribución y abundancia de las especies (Amezcu-Linares, 1996).

En lo que respecta a los elasmobranquios, existen especies asociadas de manera indirecta a la pesca, siendo componentes regulares de la fauna acompañante en las capturas de otras pesquerías (Fischer *et al.*, 1995). De acuerdo con el Instituto Nacional de Pesca (INAPESCA, 2006), los elasmobranquios (principalmente las rayas) forman parte importante de la diversidad que compone la fauna de acompañamiento en la captura del camarón. Tal es el caso del Golfo de Tehuantepec, en el cual la flota pesquera, tanto de Oaxaca como de Chiapas, llevan a cabo sus actividades dentro de la franja costera, obteniendo considerables volúmenes de pesca incidental. Según Medina-Bautista (2011), la comunidad de rayas demersales está siendo afectada por las redes de arrastre, debido a sus hábitos bentónico-demersales.

1.1 Batoideos

Los peces batoideos comprenden una variedad de grupos taxonómicos, por ejemplo los peces sierra, los peces guitarra, los torpedos o rayas eléctricas, las rayas espinosas y las mantarrayas (Hamlett, 2005). Existen al menos 534 especies de batoideos (contemplando también a las fósiles) clasificadas actualmente en cuatro órdenes, 17 familias, 72 géneros (Nelson, 2006); de estas, alrededor de 450 son especies vivientes, siendo aproximadamente la mitad pertenecen a la familia Rajidae, motivo por el cual muchos trabajos han direccionado sus esfuerzos al estudio de esta familia (Fischer *et al.*, 1995).

Los batoideos se caracterizan por su cuerpo aplanado dorso-ventralmente y las aletas pectorales más o menos expandidas y fusionadas en la parte anterior, con los lados de la cabeza. Así, el cuerpo adquiere la forma de un disco, ya sea circular, ovalado o romboidal. Los ojos y los espiráculos están ubicados en el dorso o en los lados de la cabeza; mientras que la boca, los orificios nasales y las aberturas branquiales se encuentran en la superficie ventral. Carecen de aleta anal (Hamlett, 2005).

Al igual que el resto de elasmobranquios, la fecundación en los batoideos es interna, por introducción de los órganos masculinos o mixopterigios en la cloaca de la hembra. A excepción de la familia Rajidae, que es ovípara, las demás familias son vivíparas aplacentadas, y los embriones se desarrollan dentro de los oviductos de la hembra (Hamlett, 2005).

Los peces batoideos son primordialmente marinos, pero hay especies que viven en aguas salobres de las bocas de ríos y lagunas y aún en agua dulce. Están en todos los mares de la Tierra, desde el Ártico hasta el Antártico, y desde aguas costeras muy someras hasta 3,000 metros de profundidad (Nelson, 2006).

En general, las investigaciones sobre batoideos son escasas, a pesar de su relativa importancia pesquera en algunos estados de la República como Campeche, Yucatán (Castro-Aguirre y Espinosa-Pérez, 1996) y en el norte del país en Baja California Sur, Sonora y Sinaloa (Eayrs, 2007), donde existen pesquerías artesanales bien establecidas y que inciden sobre el recurso.

Las rayas registradas para el Pacífico Centro-Oriental comprenden 11 familias, 20 géneros y 42 especies (Castro-Aguirre y Espinosa-Pérez, 1996). Aunque pocas de estas especies son actualmente objeto de pesquerías dirigidas, algunas son suficientemente abundantes y su carne ha tenido buena aceptación de los consumidores, por lo que actualmente son capturadas de manera regular por pesquerías artesanales, utilizando la carne de las aletas pectorales para comercializarla en fresco, seca-salada o ahumada (Castro-Aguirre y Espinosa-Pérez, 1996).

En este estudio, se analiza el caso de uno de los elasmobranquios demersales de mayor abundancia en las capturas de camarón (Medina-Bautista, 2011), la raya manchada *Urotrygon chilensis* (Günther, 1872). Esta especie perteneciente a la familia Urotrygonidae (anteriormente incluida en Urolophidae), está conformada por las llamadas rayas redondas (Figura 1) las cuales son organismos marinos, de climas tropicales a templados y viven en la plataforma continental del Atlántico Occidental y del Pacífico Oriental (Nelson, 2006).

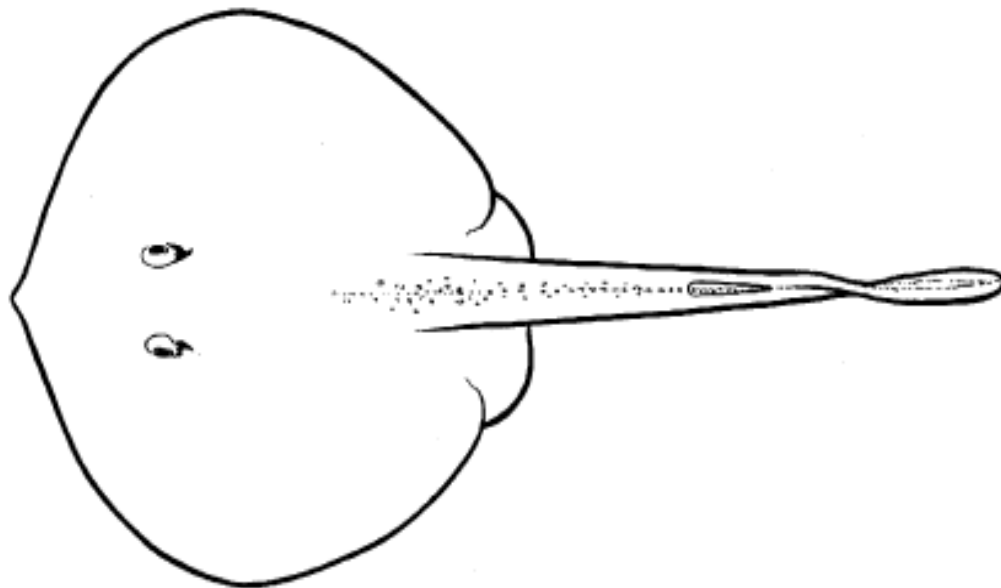


Figura 1. Morfología típica de la familia Urotrygonidae (Tomado de Nelson, 2006).

1.2 Características de la especie *Urotrygon chilensis*

De acuerdo con Fischer *et al.* (1995), Castro-Aguirre y Espinosa-Pérez (1996); Amezcua-Linares (1996) y Nelson (2006).

Nombre común: raya manchada, raya pinta, raya chilena.

Morfología externa: Talla máxima reportada 41.9 cm de longitud total (LT), (siendo común hasta 35 cm) y 16 cm de ancho del disco, el cual tiene forma sub-rómbica. La longitud del disco no supera 1.3 veces el ancho de éste, es decir, es más ancho que largo. Presenta márgenes anteriores rectos y márgenes laterales y posteriores redondeados, cubren la mitad de las aletas pélvicas. Ángulo rostral 121° (en promedio) en los machos, y 129° (en promedio) en hembras. Ojos de tamaño igual a los espiráculos, de 1.9 a 2.2 cm en el interorbital; longitud preorbital 10 a 14% de la longitud total; espiráculos sin pliegues ni tubérculos; interorbital ligeramente cóncavo, de 2.1 a 2.4 cm en el hocico. Boca con dientes agudos, piramidales, 37 en la mandíbula superior.

No presentan aleta dorsal, las aletas pélvicas son semi-triangules con extremos ondulados; aleta caudal con lóbulos dorsal y ventral no confluyentes. La cola es delgada y puede ser tan larga como el disco, presenta una espina larga y venenosa insertada hacia la mitad anterior de la cola. Coloración dorsal café claro a ligeramente oscuro, generalmente con pecas o manchas oscuras de distribución irregular (Figura 2), aunque pueden estar ausentes.

Los ejemplares mayores a 20 cm de LT presentan aguijones a lo largo de la línea media del disco y de la cola, en forma de quilla, con bases ovals e irregularmente espaciados. Los dentículos están esparcidos sobre el disco, no dispuestos en hileras, de forma erguida a levemente encorvada.

Biología y hábitos: se distribuye en la zona costera, siendo frecuente en áreas protegidas, como bahías, ensenadas de fondo arenoso y de suave pendiente, estuarios, lagunas costeras, zonas salobres y marinas con abundancia de alimento. Son ovovivíparos. Las hembras dan a luz hasta cuatro crías. Se alimentan de crustáceos, moluscos, poliquetos y otros peces pequeños. Son más comunes en áreas someras menores a 37 m.

Pesca: se captura con red de arrastre, aunque puede también capturarse con chinchorro y red agallera. No tiene importancia económica. No se utiliza para consumo humano.



Figura 2. Aspecto de una raya manchada *Urotrygon chilensis* (Günther, 1872). Fotografía propiedad del laboratorio de ictiología y biología pesquera de la Universidad del Mar.

Su distribución geográfica abarca desde el Golfo de California, pasando por las costas del Pacífico de México, Colombia, Ecuador (incluyendo las islas Galápagos), Perú y Chile (Figura 3) (Castro-Aguirre y Espinosa-Pérez, 1996, www.fishbase.org).

En general, en México la mayoría de los ejemplares de *U. chilensis* que se conocen provienen de las capturas con redes de arrastre realizadas en áreas litorales someras. Su identificación es relativamente fácil, debido a su característico patrón de pigmentación en el dorso del disco (Castro-Aguirre y Espinosa-Pérez, 1996).



Figura 3. Distribución de *Urotrygon chilensis* (Tomado de www.fishbase.org).

1.3 Estatus taxonómico de la especie (Nelson, 2006)

Reino: Animalia

Phylum: Chordata

Subphylum: Craniata

Superclase: Gnathostomata

Clase: Chondrichthyes

Subclase: Elasmobranchii

Subdivisión: Batoidea

Orden: Myliobatiformes

Suborden: Myliobatoidei

Superfamilia: Urotrygonoidea

Familia: Urotrygonidae

Género: *Urotrygon*

Urotrygon chilensis (Günther, 1871)

2.0 JUSTIFICACIÓN

El conocimiento de los recursos naturales es de gran importancia, ya que permite a la sociedad concientizar y tomar decisiones sobre su conservación y aprovechamiento responsable. La pesca del camarón es una de las actividades económicas de mayor importancia en el país, sin embargo, son muchas las especies capturadas de manera incidental en esta pesquería aportando volúmenes muy altos de la captura (Medina-Bautista, 2011). De acuerdo a Roberts y Hawkins (1999), la estrategia de proteger a la especie más frágil en este tipo de pesquería, trae como ganancia la protección de la especie objetivo.

En la pesca de arrastre de camarón en las costas de Oaxaca y Chiapas, *Urotrygon chilensis* ha sido determinada como la especie de elasmobranquio predominante, por sus altas frecuencias de abundancia, ocurrencia, e incluso en biomasa (Medina-Bautista, 2011), por lo que conocer la demografía de este organismo permitirá proponer escenarios de pesca, que puedan ser acordes con la actividad pesquera del camarón en del Golfo de Tehuantepec.

3.0 ANTECEDENTES

A escala global, desde el siglo pasado existen trabajos y publicaciones sobre las rayas, y que constituyen antecedentes básicos acerca de la taxonomía, biogeografía, descripción y distribución de las diversas especies de este grupo. Algunos de estos estudios pertenecen a los siguientes autores: Jordan y Evermann (1896-1900), Garman (1913), Meek y Hildebrand (1923), Breder (1928), Walford (1935), Beebe y Tee-Van (1941), Fowler (1941 y 1944), Hildebrand (1946), Roedel y Ripley (1950), Bigelow y Schroeder (1953), Cervigón (1966), Guitart (1974), Castro-Aguirre (1983) y Castro-Aguirre y Espinosa-Pérez, 1996).

En 1990, la NOAA publicó un número especial donde, Pratt *et al.* dieron a conocer, a través de sus reportes, importantes investigaciones acerca de la biología de los elasmobranquios, entre los que destacan reportes sobre la determinación de edad y crecimiento: Cailliet (1990); Pratt y Otake (1990); y modelos pesqueros: Anderson (1990) y Ishihara (1990).

Para el Pacífico Mexicano los esfuerzos en investigaciones sobre peces batoideos están enfocados principalmente a especies comerciales, destacando los trabajos de Villavicencio-Garayzar (1991, 1993, 1995, 1996 y 2000) realizados en el noroeste de México. En el sureste de México se tienen los trabajos de Castro-Aguirre y Espinosa-Pérez (1996) quienes proporcionaron un listado faunístico de las rayas de México, así como el de Amezcua-Linares (1996, 2008) que aporta una descripción de la especie *U. chilensis*.

Debido a la alta captura incidental de batoideos que se presenta en los arrastres camaroneros y en muchas de las pesquerías que inciden en el medio demersal, se ha provocado un detrimento severo en sus poblaciones (Dulvy y Reynolds, 2002), lo que podría tener consecuencias directas en la extinción pesquera de las especies, tal es el caso de la raya *Raja laevis*, la cual fue una especie que se extinguió de manera comercial a fines del siglo pasado (Casey y Myers, 1998); y a pesar de que ésta especie fue producto de una pesca dirigida, se sabe recientemente que las capturas incidentales pueden presentar una mayor cifra de individuos en las familias Urotrygonidae, Urolophidae y Rhinobatidae (Medina-Bautista, 2011).

Con respecto a los estudios de edad y crecimiento en los elasmobranquios, principalmente batoideos, se han visto limitados por el acceso a estructuras duras (Anislado-Tolentino y Robinson-Mendoza, 2001). Sin embargo, Gallagher *et al.* (2006) presentaron la utilidad potencial de los tachuelones de la raya *Amblyraja radiata* teñidos con nitrato de plata.

En el año 2000, Villavicencio-Garayzar realizó el primer trabajo sobre edad y crecimiento de rayas en México con la especie *Narcine entemedor* a través de las marcas de crecimiento en el borde vertebral. A partir de ese año se han realizado diversos estudios sobre la edad y crecimiento de diferentes especies de batoideos, aunque la mayoría de especies son comerciales o de importancia económica.

Se sabe que no todos los elasmobranquios presentan un crecimiento asintótico que pueda ser descrito adecuadamente con el modelo de Bertalanffy. Existen pruebas de que algunos modelos se ajustan mejor a ciertos datos, tal es el caso de *Raja naevus*, *Dipturus batis*, *Lamna nasus*, *Carcharhinus leucas* (Araya y Cubillos, 2006) y *Dipturus chilensis*, cuyo crecimiento es descrito adecuadamente mediante el modelo de 2 Fases (Aversa *et al.*, 2011).

Con respecto a los estudios de la especie, existen los trabajos de Ordoñez (2004), Rubio-Lozano (2009), Castellanos-Cendales (2010), Guzmán-Castellanos (2010), Kobelkowsky (2010), quienes se enfocan principalmente en aspectos reproductivos y alimentarios. Otros trabajos a nivel regional relevantes para este estudio son los de Silva-Nicolás y Torres-Huerta (2008) y Castellanos-Cendales (2010), quienes reportan un tipo de crecimiento en peso y talla de tipo alométrico para la especie.

Recientemente, el trabajo de Medina-Bautista (2011) reporta para el Golfo de Tehuantepec la presencia de 10 especies de batoideos impactados por la pesca de camarón durante el periodo 2004 a 2007, las cuales son *U. chilensis*, *U. nana*, *U. rogersi*, *Aetobatus narinari*, *Gimnura marmorata*, *Narcine entemedor*, *Narcine vermiculatus*, *Rinobatos leucorhynchus*, *Rhinoptera steindachneri* y *Zapterix xyster*, que de acuerdo a este autor, explicó que *U. chilensis* es la especie que representa más del 90% del total de batoideos capturados, tanto en peso (23.71%) como en frecuencia de ocurrencia (14.02%). Este autor estimó un intervalo de tallas de captura de 55 a 215 mm de ancho de disco (AD), impactando tanto a organismos juveniles como adultos. Respecto a la demografía, edad y crecimiento de la especie, la información es escasa, sin embargo, la aportación de estos autores, resulta ser de gran importancia para este estudio.

4.0 HIPÓTESIS

Se espera que mediante el análisis del efecto de los cambios en la mortalidad a través del uso de la tabla de vida, se puedan determinar las edades críticas y posibles escenarios de mortalidad por pesca, que ayuden a establecer estrategias de regulación pesquera para *Urotrygon chilensis*.

5.0 OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

Determinar los parámetros demográficos de la raya *Urotrygon chilensis* a través de una tabla de vida, que permitan conocer el estado de salud poblacional de la especie en la región del Golfo de Tehuantepec.

5.2 Objetivos específicos

1. Determinar la estructura de tallas de *U. chilensis* capturada por la pesca de arrastre camaronero en el Golfo de Tehuantepec.
2. Determinar la edad y describir el crecimiento.
3. Estimar la talla-edad de madurez sexual ($AD_{50\%}$).
4. Estimar la fertilidad expresada como número de crías por parto.
5. Estimar la mortalidad natural y por pesca.
6. Obtener los parámetros demográficos de la especie (tasa neta reproductiva, tasa de incremento poblacional, tiempo generacional).

6.0 ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio incluye la plataforma continental del Golfo de Tehuantepec, adyacente a las costas de los estados de Oaxaca y Chiapas ($96^{\circ} 7' 30''$ y $92^{\circ} 14' 30''$ O, y $14^{\circ} 30' 15''$ y $16^{\circ} 13' N$) (Figura 4).

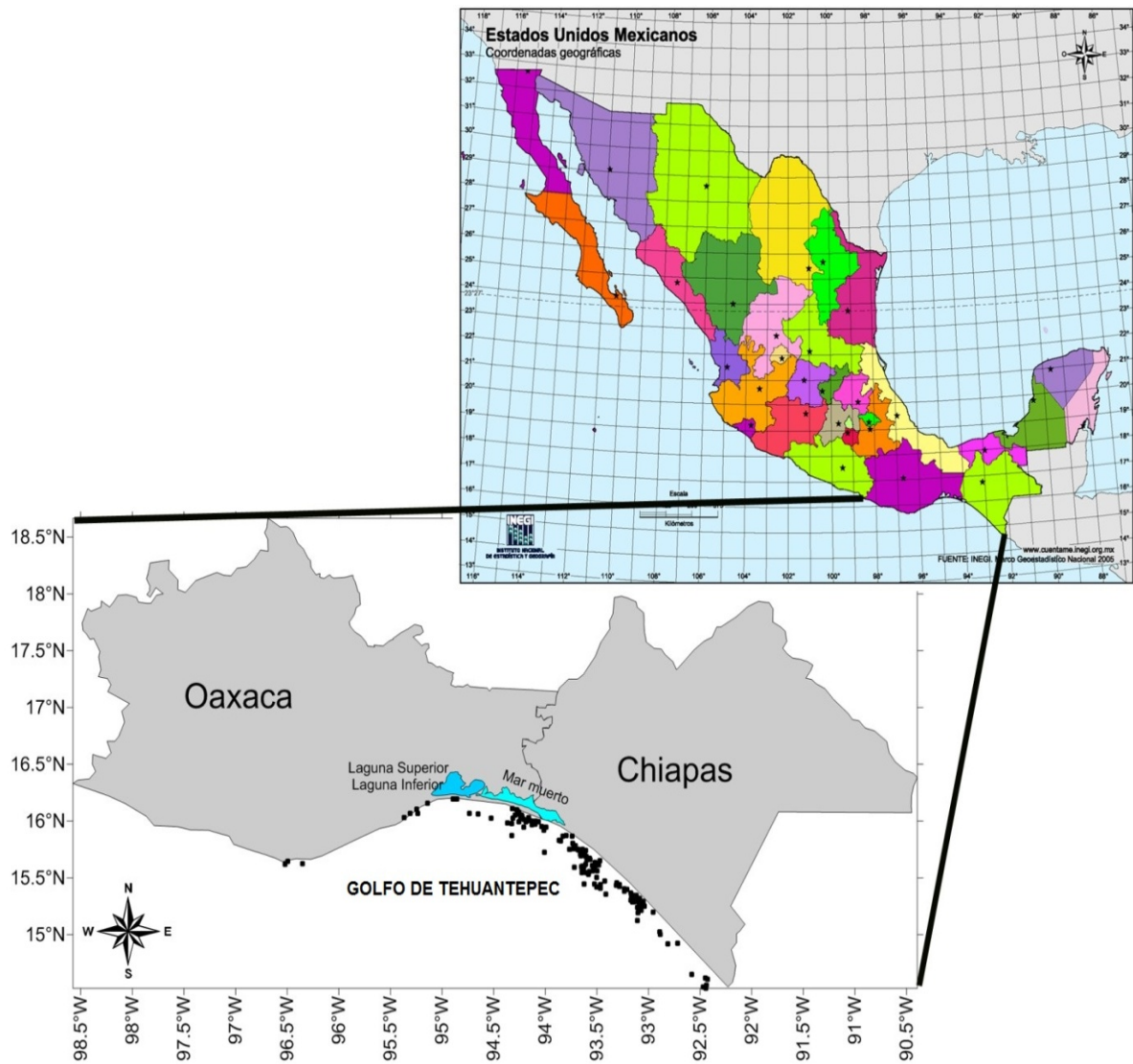


Figura 4. Estaciones de muestreo realizadas en el Golfo de Tehuantepec, Oaxaca-Chiapas, México. Modificado de [http:// www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx).

El Golfo de Tehuantepec se divide en dos principales subsistemas: el oaxaqueño, que se localiza frente a la zona entre Salina Cruz y la boca de Tonalá y el chiapaneco. El primero se caracteriza por presentar surgencias que producen valores bajos de temperatura, oxígeno disuelto y altas concentraciones de nutrientes, presenta escasas descargas de ríos y sedimentos arenosos. El subsistema chiapaneco, se localiza entre la boca de Tonalá y el río Suchiate, presenta fuerte influencia de lagunas costeras y ríos que descargan más de 1,500 millones de m³ de agua al año; este subsistema se caracteriza por presentar sedimentos son arenosos y lodosos y por la ausencia de surgencias (Tapia-García, 2007).

La región tiene un clima templado sub-húmedo, con lluvias abundantes en verano. La variación de los parámetros abióticos refleja dos estaciones climáticas en el Golfo de Tehuantepec, la temporada seca y la de lluvias. Los vientos del norte, llamados “tehuanos”, son resultado de los fenómenos meteorológicos que se generan por las características topográficas locales. Durante el verano, los vientos son débiles, y las corrientes superficiales tienen una dirección Oeste-Noroeste, con velocidades de 5 cm/s y temperaturas superficiales entre 28° y 30°C (Tapia-García, 2007).

La distribución de sedimentos (menos del 10% de barro) tiene una tendencia noroeste-sureste. Las profundidades inferiores a 80 m, se caracterizan por tener sedimentos arenosos y por una mezcla de barro y arena fangosa (Tapia-García, 2007).

La salinidad es inferior a 34.5 ‰ (debido a la influencia directa de la corriente de Costa Rica, resultado de la corriente Ecuatorial); los valores altos de temperatura se determinan por el ecuador meteorológico, donde la lluvia es abundante y los valores más bajos ocurren durante la estación seca con vientos tehuanos (Tapia-García, 2007).


















Durante el comienzo de la temporada de lluvias (marzo-mayo) se presenta gran actividad fotosintética en aguas superficiales, ya que los vientos generan surgencias, que proporcionan una alta producción primaria y por lo tanto disponibilidad de nutrientes. En mayo, la plataforma interna está influenciada por los vertidos epicontinentales, revelando la importante influencia de los procesos costeros. La dinámica de las masas de agua junto con la orografía de la región determinan las características del Golfo de Tehuantepec, y esto a su vez, determina los patrones de distribución de los organismos (Tapia-García, 2007).

7.0 MATERIALES Y MÉTODOS

7.1 Método de campo

Se analizaron los datos obtenidos de distintos viajes didácticos de pesca de camarón, en 150 estaciones, distribuidas en el Golfo de Tehuantepec, desde septiembre del 2006 a junio del 2012. La colecta de organismos se realizó mediante arrastres de fondo con redes camaroneras (changos) (Figura 5) del B/M "UMAR", el cual contaba con un casco de acero con 22.16 m de eslora, 6.56 m de manga y 135.52 t de arqueado bruto y motor con potencia de 480 HP (358 Kw), equipado para la pesca camaronera con dos redes de arrastre de fondo (una por banda), con una abertura de trabajo aproximada de 12 m, tamaño de malla de una pulgada tres cuartos (44.45 mm) en el cuerpo y de una y media pulgada (38.1 mm) en el bolso, de acuerdo a la reglamentación vigente NOM-002-PESC-1993 (SEMARNAT, 1997).

Los arrastres tuvieron una duración de entre dos a cuatro horas, sin un horario específico y las profundidades de arrastre comprendieron desde los 10 a los 25 m. los muestreos fueron realizados por el personal del Laboratorio de Ictiología y Biología Pesquera (LIBP) de la UMAR. La frecuencia de los muestreos se muestra en la siguiente tabla:

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
2006												
2007												
2008												
2009												
2010												
2011												
2012												

Nota: la última colecta (enero del 2012) se realizó de manera independiente como muestreo biológico, utilizando el mismo arte de pesca (red camaronera) para la captura de los organismos.

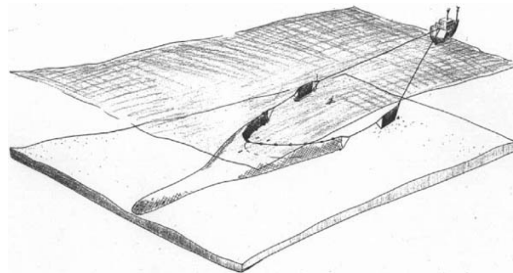


Figura 5. Principio de captura mediante red de arrastre (Tomado de FAO, 2005).

Los organismos capturados fueron identificados, etiquetados y congelados antes de ser trasladados al LIBP para su posterior manejo. La información que se generó durante todo el periodo de muestreo, se conjuntó en un llamado “año tipo”, en el cual quedan agrupados los datos de los mismos meses, aunque pertenezcan a diferentes años, quedando así, una sola lista de información para cada mes de colecta, bajo el supuesto que cada mes es característico e igual en cada año.

7.1.1 Obtención de los datos

De cada organismo se tomaron los datos biométricos básicos: longitud total (LT, cm), longitud del disco (LD, cm), ancho del disco (AD, cm) (Figura 6), peso total (PT, g). También se registraron los aspectos reproductivos como el sexo y el estado de madurez. Para los machos se midió la longitud interna del mixopterigio (Lmix, cm) y se determinó su estado de calcificación. Aunque no todas las medidas fueron usadas para este trabajo, pueden servir para posteriores análisis, es por ello que se trata de obtener la mayor información posible de cada organismo.

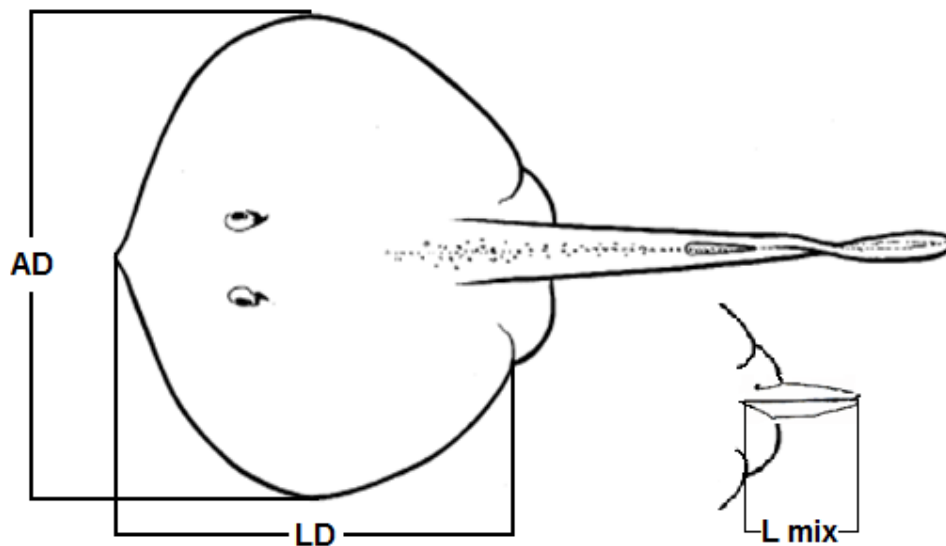


Figura 6. Medidas morfométricas básicas de las rayas: (LD) longitud de disco; (AD) ancho del disco, (L mix) longitud del mixopterigio.

7.1.2 Aspectos reproductivos

La identificación del estado de madurez de los organismos se basó en la “Escala de desarrollo gonadal ELASMO 1” de Stehmann (2002) (desarrollada a continuación), así como en la observación macroscópica de las estructuras reproductoras de cada sexo. En los casos de hembras grávidas, se registró el número de embriones.

Escala de madurez para *Urotrygon chilensis* adaptada de Stehmann (2002).

Machos

A ó 1 = inmaduro, juvenil: mixopterigios sin desarrollar, son mucho más cortos que las puntas de los lóbulos posteriores de las aletas pélvicas. Gónadas (testículos) pequeñas, conductos espermáticos rectos y en forma de hilo.

B ó 2 = madurando, subadultos: los mixopterigios comienzan a extenderse, acercándose a las puntas de los lóbulos posteriores de las aletas pélvicas, su región terminal (rifiodón) cada vez más desarrollada, pero aún con esqueleto cartilaginoso suave y flexible. Gónadas alargadas, conductos espermáticos eventualmente en forma de meandro (enrollada).

C ó 3 = adulto maduro: mixopterigios con esqueleto cartilaginoso completamente desarrollado, de igual tamaño o mayor que los lóbulos posteriores de las aletas pélvicas, sus estructuras internas y externas (rifiodón) completamente formadas. Gónadas ampliadas, conductos espermáticos enrollados a lo largo de la gónada con o sin presencia de esperma.

D ó 4 = activo, copulando: mixopterigios con el rifiodón dilatado, sus estructuras rojizas e hinchadas. El esperma fluye en las presiones de la cloaca y/o está presente en la ranura del rifiodón. Conductos de esperma en gran medida como la etapa C/3, pero puede estar poco menos lleno, mientras que la vesícula seminal puede estar bien llena.

Hembras. Estados ováricos

A ó 1 = inmadura, juvenil: ovarios pequeños, con una estructura interna gelatinosa o granulosa. No todos los ovocitos están diferenciados o uniformemente formados. Oviductos (úteros) estrechos y filiformes.

B ó 2 = madurando, subadultos: los ovarios un poco agrandados, con paredes más transparentes. Los ovocitos están diferenciados en distintos tamaños pero aun pequeños. Úteros en gran medida en estado A/1, pero pueden verse ampliados.

C ó 3 = adulto maduro: ovarios grandes y consistentes; ovocitos más grandes; úteros grandes y amplios en toda su longitud.

Hembras. Estados uterinos

D ó 4 = activa: presencia clara de vitelo en los oviductos. La cápsula del huevo todavía no está bien visible en glándula nidamental.

E ó 5 = avanzada: huevos con vitelos grandes en los oviductos. Las cápsulas de los huevos plenamente formadas en uno o los dos oviductos pero aún son blandos.

F ó 6 = extrusión: cápsulas completas, los huevos se sienten endurecidos dentro del oviducto. O bien, estos últimos pueden estar vacíos, pero aún anchos. La cápsulas probablemente acaban de ser expulsadas, lo que corresponde, ya sea con estadio D/4 ó E/5.

7.1.3 Edad y Crecimiento

Para la estimación de la edad y descripción del crecimiento se procesaron las vértebras post-sinarcuales de los organismos, mismas que se conservaron en alcohol al 70% para su posterior tratamiento.

7.2 Método de laboratorio

Debido al tamaño tan pequeño de las vértebras (mm), se implementó, para su lectura una técnica rudimentaria que consiste en los siguientes pasos:

- Enjuagar las vértebras en agua corriente durante aproximadamente 15 minutos.
- Dejar reposar las muestras en una solución con hipoclorito de sodio al 5.6 % durante el tiempo necesario (en este caso segundos) para que se ablande el tejido conjuntivo adherido a las muestras cartilaginosas.
- Limpiar las vértebras utilizando instrumental del equipo de disección para eliminar por completo el tejido conjuntivo adherido.
- Volver a enjuagar las vértebras en agua corriente hasta quitar todas las impurezas.
- Pasar las vértebras por un tren de lijas de menor a mayor número (280, 400, 600, 800, 1000, 1500 y 2000), mediante movimientos homogéneos, hasta obtener una muestra plana en forma de moño.
- Montar las muestras en portaobjetos y darles el pulido final sobre una almohadilla especial para bruñido húmedo con una solución de Alumina.
- Enjuagar las muestras para quitar cualquier impureza y dejarlas secar.

Para analizar las marcas de crecimiento, primero se observaron las laminillas bajo el microscopio óptico (OLYMPUS SZX9), al cual se le adaptó una cámara (OLYMPUS C-5050 de 5.0 megapíxeles) para tomar fotografías de cada laminilla con su muestra vertebral.

Las fotografías fueron analizadas y realizadas en sus detalles con el paquete Photoshop CS5 y una vez listas, se realizó el conteo de anillos de crecimiento por triplicado (tres diferentes lectores), a través del borde vertebral (*Corpus calcareum*, Cc) (Figura 7).

En la vértebra, se midieron la distancia del foco u origen vertebral a cada anillo (r_i) y al borde final (radio vertebral R) (Anislado-Tolentino y Robinson-Mendoza, 2001). Todas las observaciones y mediciones realizadas fueron anotadas en una base de datos para la especie, la cual se utilizó para realizar los análisis correspondientes.

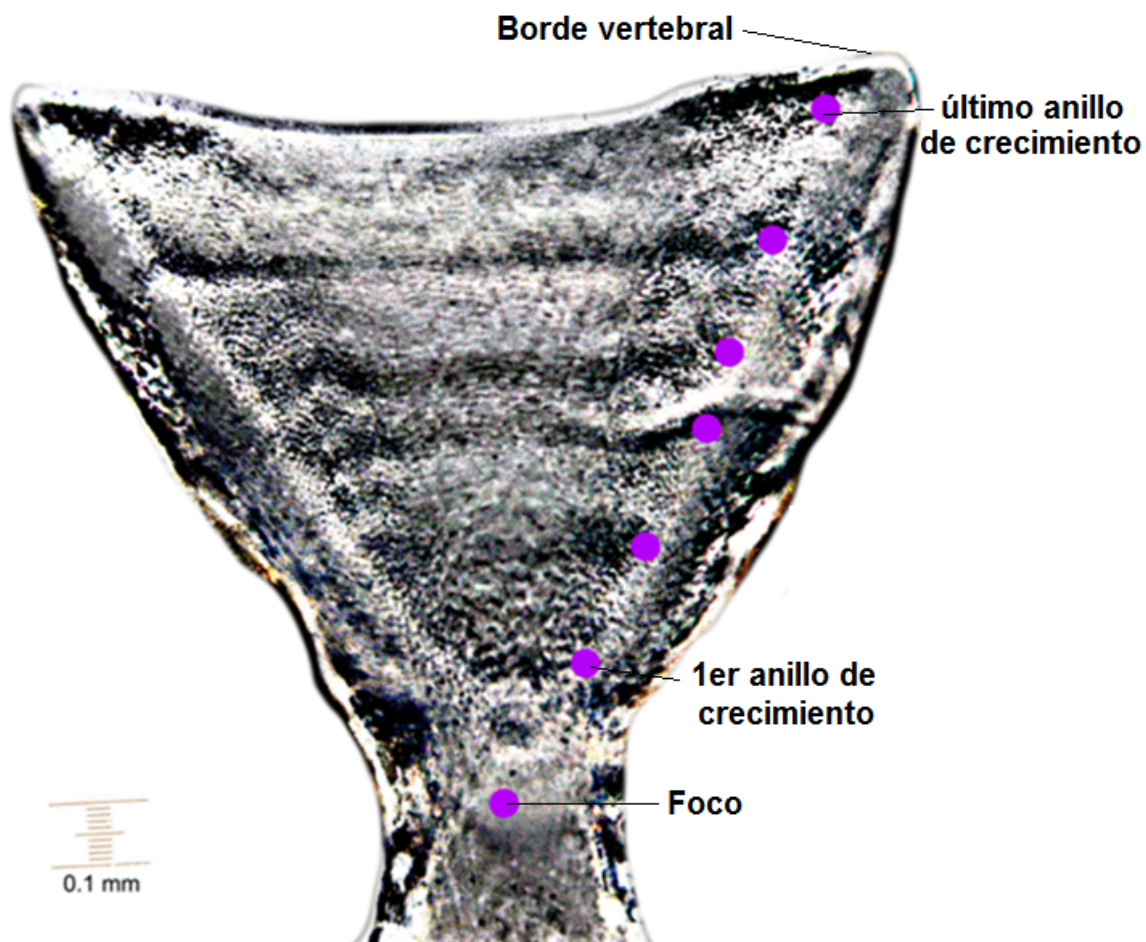


Figura 7. Imagen vertebral mostrando el conteo de seis anillos de crecimiento.

7.3 Método de gabinete

7.3.1 Estructura de tallas

Para explorar la estructura de tallas y detectar grupos modales, se utilizaron dos métodos: el análisis de Bhattacharya y el análisis de Distribución Multinomial, este último con el ajuste de la máxima verosimilitud (Haddon, 2011). La amplitud de clase para los anchos de disco fue de 0.5 cm, dado que esta es la mínima longitud confiable de ser medida por las cintas métricas utilizadas y considerando que a un mayor número de intervalos nos da un mayor información (Bhattacharya, 1967; Gulland, 1971).

7.3.1.1 Bhattacharya

El análisis de Bhattacharya es un método gráfico que consiste básicamente en separar las distribuciones normales, cada una de las cuales representa una cohorte de la población de peces de la distribución de frecuencias total. Una vez determinada la primera distribución normal (cohorte), ésta se elimina de la distribución total y se repite el mismo procedimiento hasta que ya no sea posible separar otras distribuciones normales de la distribución total (Sparre, 1997).

Cuando el logaritmo natural de las tasas sucesivas de las frecuencias se grafica contra el punto medio correspondiente a su grupo (marca de clase), una línea con pendiente negativa puede ser obtenida al identificar a cada grupo con un mínimo de tres puntos. La recta obtenida es de la siguiente forma:

$$\ln\left(\frac{FA_{i+1}}{FA_i}\right) = \ln(a) + b L_i$$

Donde: FA_i = frecuencia absoluta del grupo i , FA_{i+1} = frecuencia absoluta del grupo $i+1$, a = ordenada al origen, b = pendiente y L_i = pivote del grupo de clase i .

La longitud promedio estimada (L_i media), la desviación estándar (σ), y el número de individuos (N_i) en el grupo identificado son calculados usando:

$$\bar{L}_i = \left(\frac{\ln(a)}{-b}\right) + 0.5IC$$

$$\sigma_i = \sqrt{\left(\frac{1}{-b_i}\right) - \left(\frac{IC^2}{12}\right)}$$

$$N_i = \frac{\sigma_i - e^{\left[\left(\frac{\sum_{i=1}^K \ln(FA_i)}{K}\right) + \left(\frac{\sum_{i=1}^K (L_i - \bar{L}_i)^2}{2K\left(\sigma_1^2 + \left(\frac{IC_1^2}{12}\right)\right)}\right) + \left(\frac{IC^2}{24\sigma_1^2}\right) + \ln\sqrt{2\pi}\right]}{-IC_i}$$

Donde: IC= amplitud del intervalo de clase, FA_i = valor de la frecuencia a L_i , L_i = marca de clase i , y k = número de L_i usados, mismos que son considerados como representativos del grupo identificado.

El índice de separación (IS) de los grupos de talla-edad se estima con la función:

$$IS = \frac{\bar{L}_{i+1} - \bar{L}_i}{\sigma_{i+1} - \sigma_i}$$

Donde los valores menores a 2 muestran sobre-posición de las clases.

7.3.1.2 Distribución multinomial

En el caso de la distribución multinomial se utilizó la siguiente función de densidad (Haddon 2001):

$$P\{x_i | n, p_1, p_2, \dots, p_k\} = n! \prod_{i=1}^k \frac{P_i^{x_i}}{x_i!}$$

Donde: x_i = número de veces que un evento tipo i sucede en n muestras y P_i = probabilidades individuales de cada uno de los eventos k posibles.

Para la estimación de los parámetros del modelo, es necesario transformar la ecuación anterior en la expresión de verosimilitud:

$$-\ln L\{x_i | n, p_1, p_2, \dots, p_k\} = \sum_{i=1}^n [x_i \ln(p_i)]$$

El principal supuesto para la estimación de parámetros, es que la distribución de tallas para cada longitud (ancho de disco) media o modal pueda ser analizada con una distribución normal, determinando que cada moda corresponde a diferente cohorte en la población. Bajo esta condición, las estimaciones de las proporciones relativas esperadas de cada categoría de longitud (amplitud) se describieron a partir de la siguiente función de densidad:

$$p_{L_k} = \frac{1}{\sigma_n \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(L_k - \mu_n)^2}{2\sigma_n^2}}$$

Donde: μ_n y σ_n = media y desviación estándar del ancho de disco de cada cohorte. De tal forma que para estimar las frecuencias esperadas y los parámetros del modelo, es necesario contrastar los valores estimados y observados mediante la función logarítmica de la distribución multinomial:

$$LL\{L | \mu_n, \sigma_n\} = - \sum_{i=1}^k L_i \ln(\hat{p}_i) = - \sum_{i=1}^k L_i \ln\left(\frac{\hat{L}_i}{\sum \hat{L}_i}\right)$$

En esta expresión los parámetros μ_n y σ_n = medias y desviaciones estándar del ancho de disco de las n medias presentes en la distribución de longitudes, k = longitudes de clase, L_i = frecuencia observada de la longitud de clase de i , mientras que \hat{p}_i = proporción esperada de la longitud de clase i de las distribuciones normales combinadas.

Para la estimación de la máxima verosimilitud, se introducen valores semilla de μ_n y σ_n (de acuerdo a lo observado gráficamente), mismos que son iterados mediante la herramienta complementaria de Excel denominada Solver, esto hasta lograr el valor máximo de la LL.

7.3.2 Edad y Crecimiento

Conteo de anillos

Una vez realizado el conteo de anillos de crecimiento, se estableció la precisión de las lecturas utilizando el porcentaje promedio del error (PPE) propuesto por Beamish y Fournier (1981).

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

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

Análisis del Incremento Marginal

La periodicidad de los anillos de crecimiento se verificó con el análisis del incremento marginal (IM) propuesto por Lai y Liu (1979), con la siguiente función:

$$IM = \frac{(R - r_i)}{(r_i - r_{i-1})}$$

Donde: IM es el incremento marginal, R es el radio vertebral, r_i y r_{i-1} son la distancia del foco vertebral al último y penúltimo anillo respectivamente.

La formación del anillo se definió con el valor más bajo del promedio de la distribución.

Para validar el incremento marginal, se utilizó la clasificación de la zona marginal propuesta por Ferreira y Vooren (1991), denominada de la siguiente forma: pre-anillo: zona amplia y poco calcificada, anillo: zona de mayor calcificación y post-anillo: zona estrecha de menor calcificación.

Análisis de Retrocálculo

Antes de obtener el análisis de retrocálculo, primero se hicieron todas las posibles regresiones para ver cuál se ajustó mejor a los datos, es decir, se probaron los tres modelos (lineal, potencial y exponencial) con AD como variable independiente (x) y radio vertebral (R) como variable dependiente (y), y viceversa. Las regresiones se hicieron para sexos combinados, para hembras y para machos.

Para el análisis de retrocálculo se utilizó la función de Fraser-Lee (Francis, 1990), la cual se explica a continuación:

$$L_i = a + (L_c - a) (r_i / R)$$

$$L_c = a + b R$$

Donde: L_i es la longitud retrocalculada para el anillo i , L_c es la longitud de captura, r_i es la distancia del foco al anillo i , R es el radio vertebral, a y b son la ordenada al origen y la pendiente de la regresión lineal.

Al final, se realizó una comparación entre los resultados obtenidos mediante el método directo (retrocálculo) e indirecto (frecuencia de tallas).

Relación entre ancho de disco y peso total

La relación entre las variables ancho del disco (AD) y peso (P), se determinó mediante el modelo potencial, donde: a y b son la ordenada al origen y la pendiente.

$$P = aAD^b$$

La alometría se evaluó con la prueba T- student, propuesta por Pauly (1984) y la diferencia entre sexos se estableció mediante una prueba para comparación de regresiones (Zar, 2010).

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

Posteriormente se obtuvieron los parámetros de crecimiento de distintos modelos: Gompertz (Gompertz, 1825), von Bertalanffy y 2 Fases (Araya y Cubillos, 2006):

Función de von Bertalanffy $LT = L_{\infty} (1 - e^{-k(t-t_0)})$

Función de Gompertz $LT = L_{\infty} e^{-e^{-k(t-t_0)}}$

Función de 2 Fases $LT = L_{\infty}(1 - e^{-k*At(t-t_0)})$; $At = 1 - \frac{h}{(t-th)^2+1}$

Para los tres modelos, biológicamente:

LT/AD= longitud ó ancho de disco infinitos (AD_{inf}) se interpretan como la talla media de un pez infinitamente viejo, también suele llamarse longitud asintótica:

L_{∞} = longitud máxima teórica a la que puede llegar un individuo, se interpretan biológicamente como la talla media de un pez infinitamente viejo, también se denomina longitud asintótica,

k= constante de crecimiento relacionada con la tasa metabólica, se refiere al parámetro de curvatura, determina la rapidez con la que el pez alcanza el AD_{∞} .

t= tiempo en años y

t_0 = es considerado como el tiempo teórico a la longitud cero, careciendo de significado biológico.

En el caso del modelo de 2 Fases, **At**= factor de modificación al tiempo, **h**= magnitud y **th**= edad de transición.

Los valores de los parámetros de crecimiento se ajustaron mediante máxima verosimilitud. Una vez obtenidos los parámetros de los tres modelos de crecimiento, se compararon los valores mediante las pruebas estadísticas (LL, AIC, Residuos cuadrados) para determinar el mejor modelo, utilizando la prueba del menor rango, la cual determina mediante el valor más pequeño de la sumatoria de las pruebas estadísticas, cual es el modelo más verosímil.

7.3.3 Talla-edad de madurez gonadal

La proporción de madurez gonadal al 50%, se obtuvo por separado para hembras y machos, mediante un modelo logístico ajustando la proporción de individuos maduros a cada longitud o grupo de edad a una función logística (ojiva de madurez).

La longitud media a la madurez sexual ($AD_{50\%}$) puede ser definida como la longitud a la cual el 50% de los individuos de una población son sexualmente maduros (Salgado-Ugarte, 2005), (correspondiente a la etapa C ó 3 de la escala de madurez anteriormente descrita).

En el caso de las hembras, para obtener la talla de madurez ($AD_{50\%}$), se trabajó con la distribución binomial, considerando dos posibilidades, maduro (1) o inmaduro (0). La condición "maduro" incluyo a los organismos correspondientes a los estados C ó 3 y 4 ó D para los machos y del C ó 3 al F ó 6 para las hembras. La distribución de probabilidad de la variable binomial se obtuvo de la siguiente manera:

$$P = P^x(x; \varphi) = \varphi^x(1 - \varphi)^{(1-x)}$$

Donde: $x=0,1$

La función de verosimilitud, $L(x;\varphi)$, toma la siguiente forma:

$$L(x; \varphi) = \prod_{j=1}^N \{ \varphi_j x_j (1 - \varphi_j)^{1-x_j} \}$$

Donde: φ_j representa la probabilidad de que el individuo j de una muestra aleatoria de N organismos de una población sea maduro.

Finalmente se obtuvo la proporción de hembras que resultaron maduras (P), mediante la función de Walker (2005).

$$P = Pmax \{ 1 + e^{-Ln 19 [(AD-AD50\%)/(AD95\%-AD50\%)]} \}^{-1}$$

Donde: P es la probabilidad de que los organismos estén maduros a la longitud AD , y es una constante.

El ajuste del modelo se realizó utilizando la herramienta Solver que aparece en el programa Excel teniendo como criterio de ajuste la máxima verosimilitud.

Para obtener el estado de madurez de los machos ($AD_{50\%}$), se utilizaron los datos de longitud del mixopterigio, por lo que a diferencia de las hembras, en este caso se trabajó con una distribución normal. Se utilizó la función de White *et al.* (2008), la cual calcula las longitudes de madurez de acuerdo a las longitudes de los órganos copuladores (mixopterigios):

$$LM = b + \left\{ (a - b) \left[1 + e^{-Ln 19 (AD - AD_{50\%}) * (AD_{95\%} - AD_{50\%})^{-1}} \right]^{-1} \right\}$$

Donde: LM es la longitud del mixopterigio, a y b son los parámetros de la regresión.

Al igual que las hembras, en el caso de los machos, el ajuste se realizó utilizando la herramienta Solver que aparece en el programa Excel y como criterio de ajuste la máxima verosimilitud, en este caso para una distribución normal.

La edad de madurez se estimó a través de la ecuación de crecimiento obtenida para este estudio.

Finalmente la comparación de las tallas de madurez entre hembras y machos se realizó con una prueba de X^2 .

7.3.4 Fertilidad

En este caso, la fertilidad se consideró como el número de crías por parto (Castro y Wourms 1993). Para este trabajo, se contabilizó el número de embriones por cada hembra grávida para obtener la fertilidad.

7.3.5 Selectividad, Mortalidad y Explotación

Se estimó la selectividad de tallas a las capturas, tomando en cuenta que la selectividad es la capacidad de retención que tienen los artes de pesca con respecto al tamaño de los peces (Guerra-Sierra y Sánchez-Lizaso, 1998).

El análisis se realizó mediante una curva de selectividad para buscar los tamaños que siempre son retenidos o seleccionados, lo que se conoce como Fracción retenida (FR), cuya expresión matemática es de la siguiente forma (Guerra-Sierra y Sánchez-Lizaso, 1998):

$$\left(\frac{1}{FR} - 1\right) = a - b * AD$$

Donde: FR= fracción retenida por la captura, a= ordenada al origen y b= pendiente.

La talla de selección al 25% de retención es:

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

La talla de selección al 50% de retención es:

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

La talla de selección al 75% de retención es:

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

Posteriormente se estimaron las edades de selección correspondientes a cada talla, mediante la ecuación de crecimiento de la especie, obtenida anteriormente, esto con el fin de relacionar las capturas a una talla-edad específica.

La longevidad se obtuvo a partir de la longitud asintótica de la especie, calculada con la función de crecimiento (Guerra-Sierra y Sánchez-Lizaso, 1998):

$$\lambda = L^{\infty} * 0.95$$

La mortalidad total (**Z**) se estimó mediante el método de Beverton y Holt (1957), a partir de la función de crecimiento de la especie:

$$Z = \frac{K(L_{\infty} - L_m)}{L_m - L_c}$$

Donde: Z= mortalidad total, L_{∞} y k son los parámetros de la función de crecimiento, L_m y L_c son las tallas media y de primera captura, respectivamente.

La mortalidad natural (**M**), se obtuvo a partir de los parámetros de crecimiento de la especie, utilizando el modelo propuesto por Pauly (1980) y Roff (1984):

$$\log(M) = \log(3) + \log(L_{\infty}) + \log(k) + \log\left(1 - \left(\frac{L_{op}}{L_{\infty}}\right)\right) - \log(L_{op})$$

Donde: M= mortalidad natural, L_{∞} y k son los parámetros de la función de crecimiento y $L_{op} = 0.66 * L_{\infty}$.

La mortalidad por pesca (**F**) se estimó mediante la sustracción de la mortalidad natural de la mortalidad total (Gulland, 1971):

$$F = Z - M$$

La tasa de explotación (**E**), se refiere a la fracción de muertes causadas por la pesca, por lo que se utilizaron los valores de Z y F obtenidos anteriormente, empleando la función de Gulland (1971):

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

7.3.6 Demografía

Para el análisis demográfico se realizó una tabla de vida para la especie, partiendo de los valores de los parámetros de edad-crecimiento (tomados del modelo más verosímil de acuerdo a los criterios ya expuestos en el apartado correspondiente), reproductivos (fertilidad, $AD_{50\%}$ cm, $t_{50\%}$ años) y pesqueros (Z, M, F, E) calculados anteriormente. Esto con el fin de obtener y graficar la sobrevivencia y otros parámetros demográficos de interés.

A continuación se obtuvieron los parámetros demográficos de interés:

La Tasa Neta Reproductiva (R_o), se define como el número esperado de hijas productivas, producidas por una hembra a lo largo de su vida, se estimó con la función (Krebs, 1994):

$$R_o = \sum_0^{\infty} l_x * m_x$$

El Tiempo Generacional (T ó G), o periodo transcurrido a partir del nacimiento de los padres al nacimiento de los hijos, se obtuvo mediante la función (Krebs, 1994):

$$T = \frac{\sum l_x * m_x * x}{R_o}$$

La Tasa Intrínseca de Crecimiento Poblacional (r_m) es la capacidad innata de incremento para las condiciones ambientales específicas, y se obtiene con la siguiente función (Krebs, 1994):

$$r_m = \frac{\log(R_o)}{T}$$

La Tasa Neta de Crecimiento Poblacional (λ) se considera un valor finito de incremento, por lo que su obtención es la siguiente (Krebs, 1994):

$$\lambda = e^{rm}$$

Para estimar el Tiempo Teórico de Duplicidad del Tamaño Poblacional (T_{x2}) se usó la función (Krebs, 1994):

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

El Valor Reproductivo (V_x/V_0) se refiere a la contribución de individuos en cada edad, por lo que se debe obtener para cada grupo de edad (Krebs, 1994):

$$\frac{V_x}{V_0} = \frac{e^{rm*x}}{l_x} * \sum_{y=x}^{x \max} e^{-rm*x} * l_x * m_x$$

Donde: para todos los casos, x = edad, l_x = proporción de hembras sobrevivientes, m_x = fertilidad o número de crías nacidas en la generación.

Todos los parámetros demográficos se obtuvieron para dos diferentes casos, el primero sin tomar en cuenta la mortalidad por pesca ($F=0$ año⁻¹) y el segundo con el valor real de mortalidad por pesca ($F=0.79$ año⁻¹) obtenido para este trabajo; esto con el fin de poder comparar los escenarios de pesca actual que determinan el estado de la población.

8.0 RESULTADOS

Durante los muestreos biológicos realizados desde 2006 al 2012 en el Golfo de Tehuantepec, se registró un total de 388 organismos de *Urotrygon chilensis*, de los cuales 191 fueron hembras y 197 machos).

8.1 Estructura de tallas

8.1.1 Sexos combinados

La distribución y frecuencia de tallas de *U. chilensis* mostró una amplia gama de tallas, tanto para hembras como para machos, en la que la mayoría de los grupos de edades tienen representantes, con tallas desde 5.6 hasta 27.5 cm de AD, aunque algunos con mayor número de organismos, con excepción de tallas entre los 23 a los 26 cm de AD, que corresponden a ejemplares adultos, los cuales estuvieron ausentes en las capturas (Figura 8).

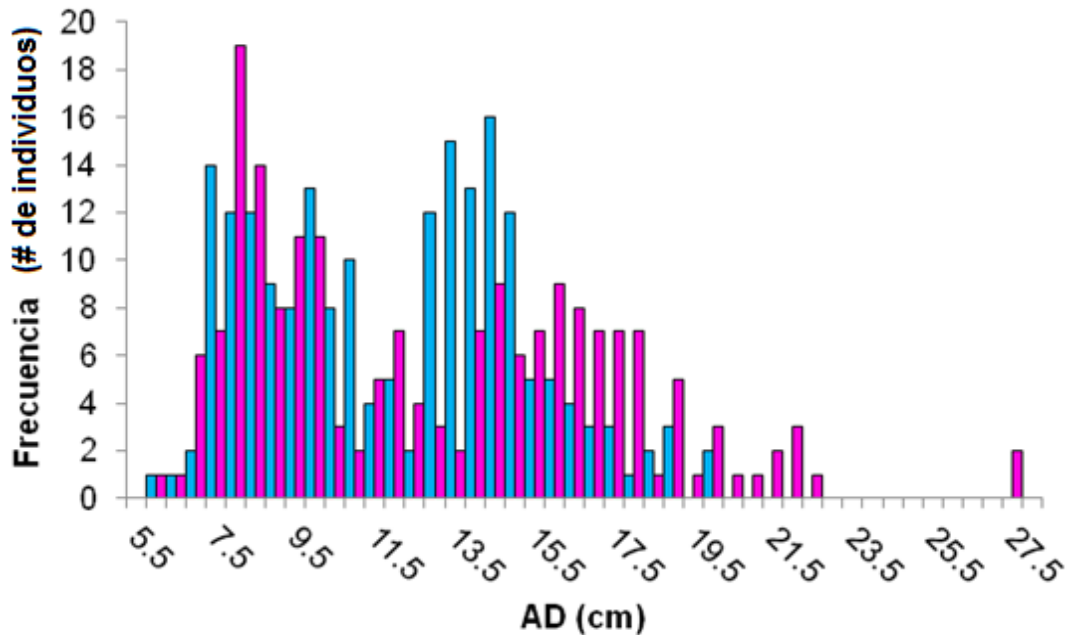


Figura 8. Histograma que muestra la frecuencia de tallas de *Urotrygon chilensis*, basada en la variable ancho de disco (AD). Las barras azules indican la frecuencia de los machos y las rosadas las de las hembras.

Los resultados del análisis de Bhattacharya mostraron ocho picos de frecuencia para la especie, a lo largo de toda la gama de la anchura del disco, los cuales representan los grupos modales de la población (Tabla 1).

Tabla 1. Grupos de edades con el valor modal de la variable ancho de disco (AD), desviación estándar (S.D.), índice de separación (S.I.) y coeficiente de determinación (r^2).

Grupo	Moda	S.D.	S.I.	r²	n
1	7.67	0.71	n.a.	0.99	113
2	9.37	0.34	2.16	1	40
3	10.61	0.5	2.08	1	31
4	12.82	0.54	2.21	1	49
5	14.11	0.51	2.04	1	62
6	15.92	0.73	2.08	0.81	51
7	18.42	0.28	2.18	1	12
8	21.25	0.53	2.22	0.86	8
					366

Cuando el análisis se realiza por sexos separados, se tiene que para el caso de las hembras, se siguen conservando las 8 modas, pero para el caso de los machos, sólo se muestran 6 modas. En todos los casos, el grupo menos representativo son los adultos. En el análisis de Bhattacharya, las modas pueden mostrarse traslapadas y no se aprecian las cohortes de toda la gama de tallas (Figura 9).

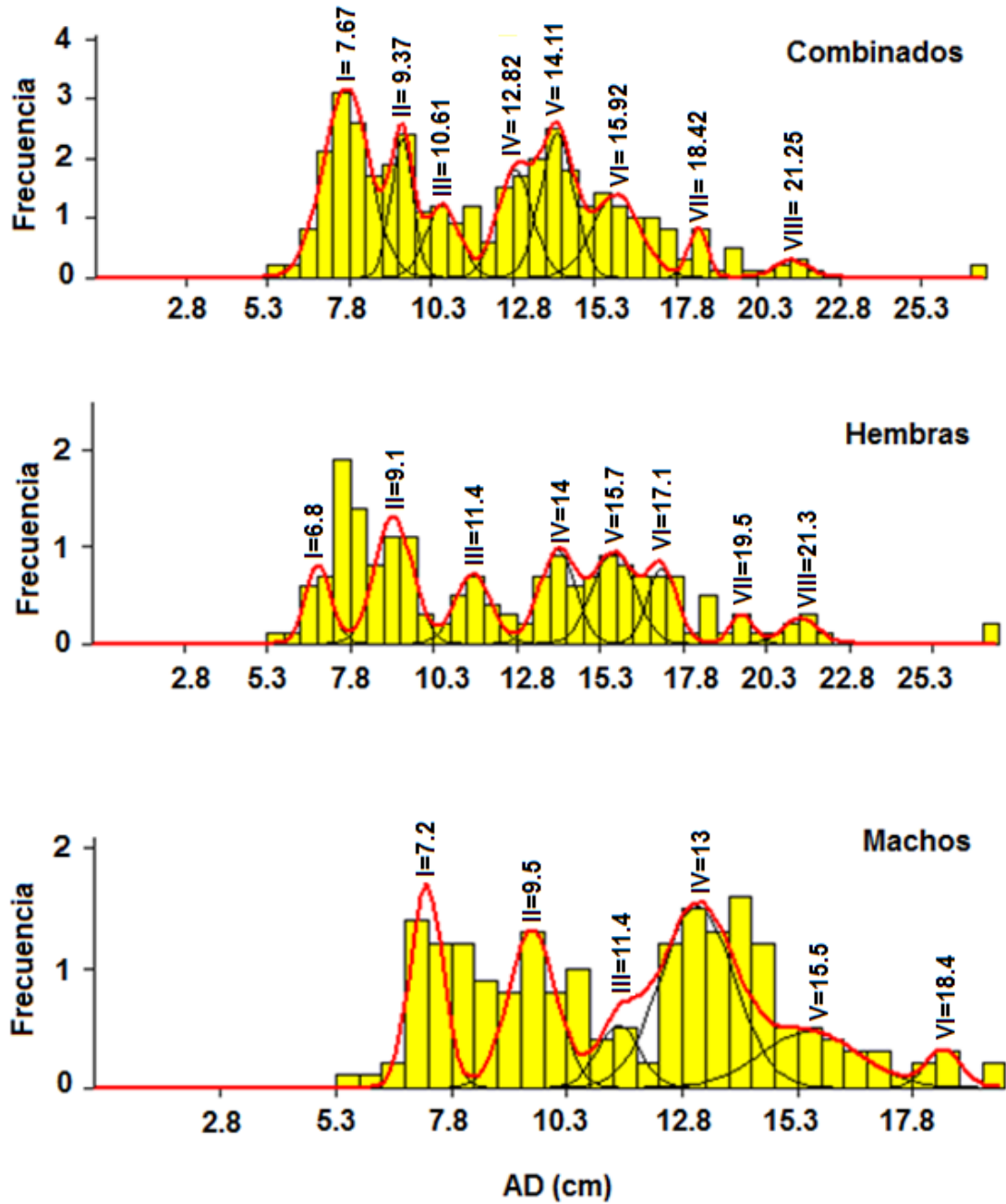


Figura 9. Gráfico que representa el análisis de Bhattacharya, mostrando los picos modales de las tallas de la población (sexos combinados, hembras y machos).

A pesar de que el análisis de Distribución Multinomial arrojó menor número de modas tanto en hembras (6) como en machos (4), se sigue conservando la idea de tener menos grupos modales para los machos en comparación con las hembras. (Figuras 10 y 11).

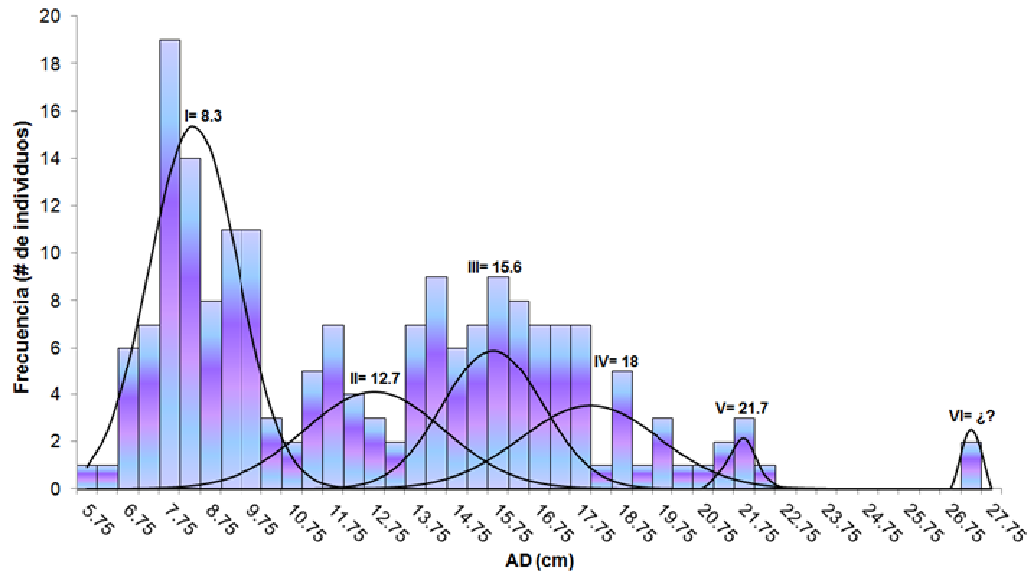


Figura 10. Análisis de Distribución Multinomial mostrando los grupos modales (con su valor) de las hembras de la población capturada.

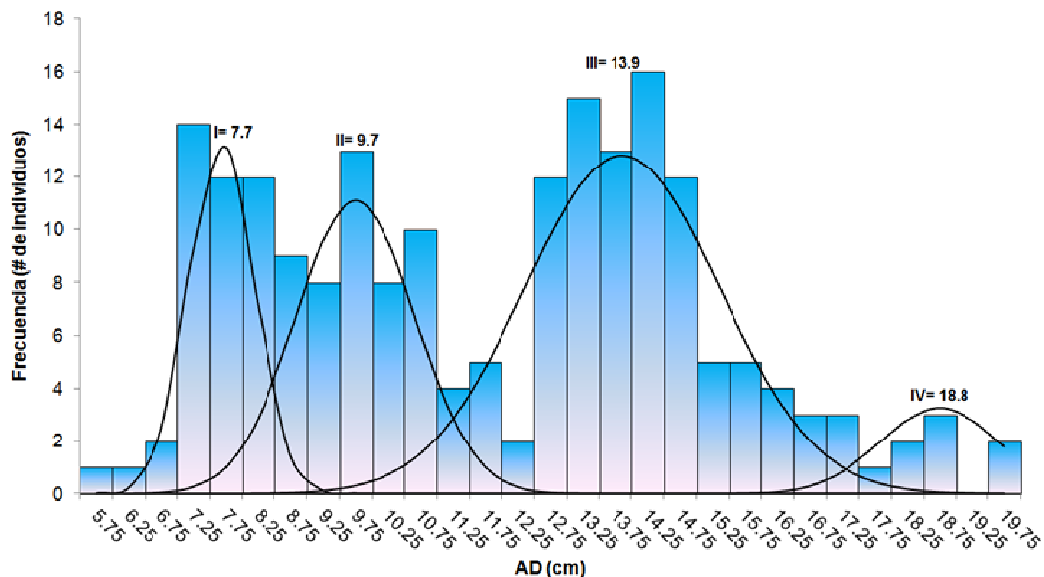


Figura 11. Análisis de Distribución Multinomial mostrando los grupos modales (con su valor) de los machos de la población capturada.

8.2 Edad y crecimiento

8.2.1 Relación entre el ancho de disco vs peso total

El análisis de regresión mostró que ambas variables presentan una relación de tipo alométrica positiva ($b= 3.2707$, $R^2= 1$, $F_{(385, 384)} = 15927.15$, $n= 386$), lo que indica que una de las dos tiende a aumentar más que la otra. En este caso, la tasa de aumento en peso es mayor que la tasa de aumento en longitud. Esta relación se mantiene en ambos sexos, ya que no existió diferencia significativa entre las curvas de ambos ($F_{(385, 384)} = 0.0341$, $p=0.97$) (Figura 12).

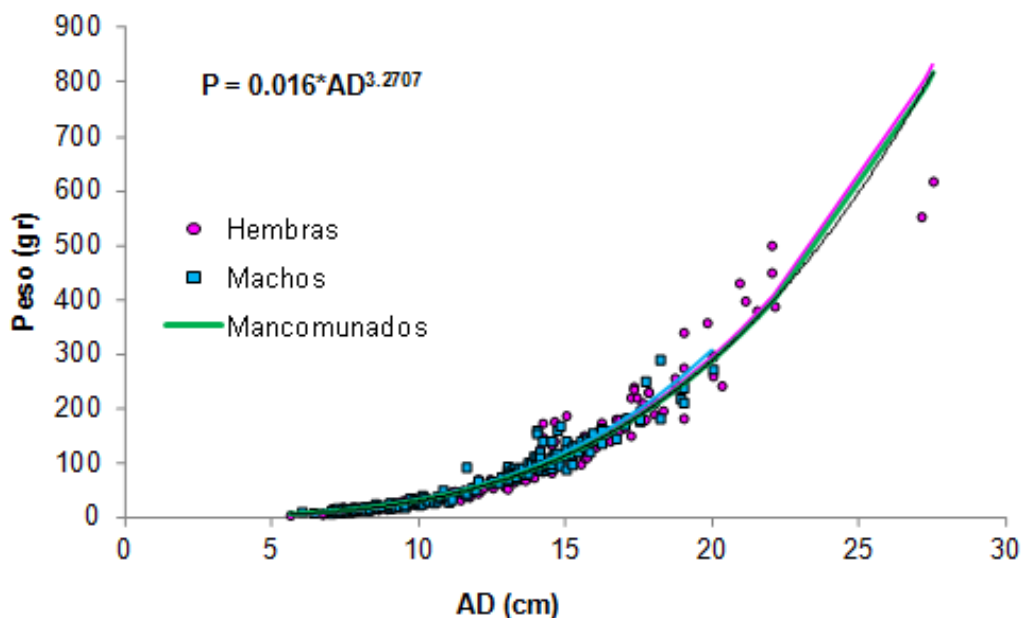


Figura 12. Relación potencial entre Ancho de Disco (AD) vs Peso Total (P) de *Urotrygon chilensis*, sin diferencias significativas entre hembras y machos ($n=386$, $\alpha=0.05$, $p=0.9664$, $F=0.0341$, $R^2=1$).

8.2.2 Método directo

En total se analizaron 184 vértebras, 80 de hembras entre 6.7 a 27.5 cm de AD y 104 de machos de 6.4 a 20 cm de AD. Las vértebras analizadas presentaron desde uno hasta ocho anillos de crecimiento (Figura 13). Los conteos entre los tres lectores mostraron consistencia en la lectura de anillos de crecimiento, con un valor del Porcentaje Promedio del Error PPE= 6.98% por debajo del valor común (15%), un Coeficiente de Variación CV= 9.06 también menor a los valores óptimos (10) y un Índice de efectividad de la lectura aceptable IEL= 93.88%.



Figura 13: Secuencia de cortes vertebrales mostrando los anillos de crecimiento. Cada corte corresponde a diferentes organismos con distintas edades desde uno hasta ocho años.

8.2.3 Relación entre el radio vertebral vs el ancho de disco

En total se realizaron 18 pruebas, de las cuales la mejor opción, por presentar el valor más alto de correlación, fue la relación potencial AD vs R para sexos combinados (Tabla 2). Por lo que se utilizó la función potencial para obtener las longitudes retrocalculadas.

Tabla 2. Resultados de las pruebas realizadas con los diferentes modelos de regresión, donde a=ordenada al origen, b=pendiente, R²=coeficiente de determinación (expresado en porcentaje) y n=número de datos analizados.

Resultados de la Regresión para sexos combinados					
Relación	Modelo	a	b	R ² (%)	n
AD vs R	lineal	0.017	0.008	78.54	184
	potencial	0.0032	1.258	78.58	184
	exponencial	0.0215	0.097	74.88	184
R vs AD	lineal	4.394	101.100	78.54	184
	potencial	61.142	0.624	78.58	184
	exponencial	7.8707	6.298	76.54	184

La relación entre el radio vertebral (R) y el ancho de disco (AD) dio como resultado una alometría positiva (Figura 13), donde el incremento de la vértebra es más rápido que el incremento del disco. Independientemente del tipo de relación que presentan las variables, se puede considerar adecuado su uso para el análisis de retrocálculo.

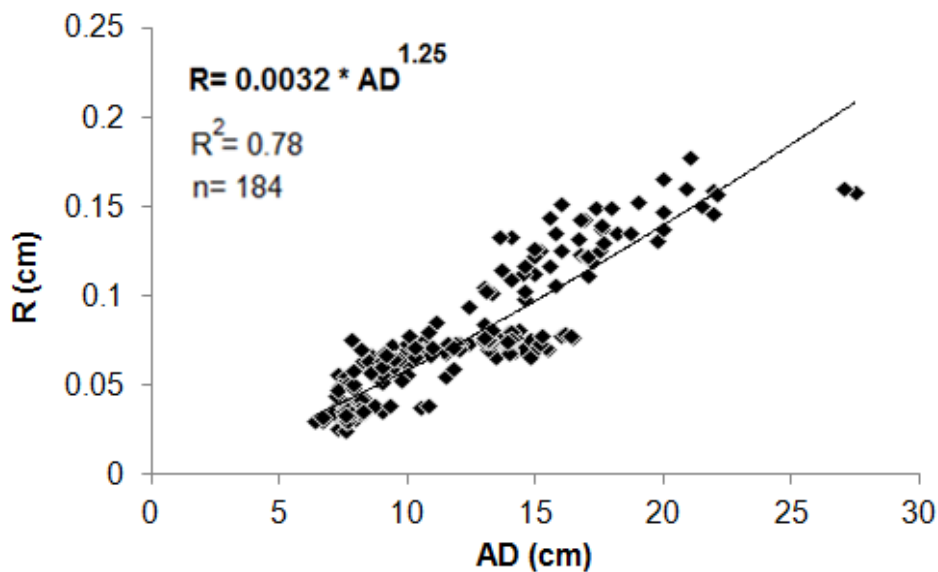


Figura 14. Relación entre Ancho de disco (AD) vs Radio vertebral (R) de *Urotrygon chilensis*.

Así mismo, se encontró que no existen diferencias significativas ($t= 1.651$, $p= 0.103$) entre las pendientes de machos y hembras, por lo que el análisis de retrocálculo se hizo con sexos combinados (Tabla 3).

Tabla 3. Resultados del análisis de retrocálculo para sexos combinados.

	Anillo 1	Anillo 2	Anillo 3	Anillo 4	Anillo 5	Anillo 6	Anillo 7	Anillo 8
	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8
Mínimo	4.675	5.882	7.562	8.862	9.639	10.551	11.248	19.184
Máximo	13.785	16.910	19.239	21.404	24.659	23.555	25.562	20.123
Promedio	7.746	9.810	11.562	13.093	14.217	15.137	17.393	19.655
S	1.546	1.848	2.169	2.373	2.621	2.843	3.916	0.470
CV	1.995	1.884	1.876	1.812	1.844	1.878	2.251	0.239
Varianza	2.443	3.865	5.051	5.631	6.870	8.080	15.331	0.220
n	167	145	117	87	68	37	17	3

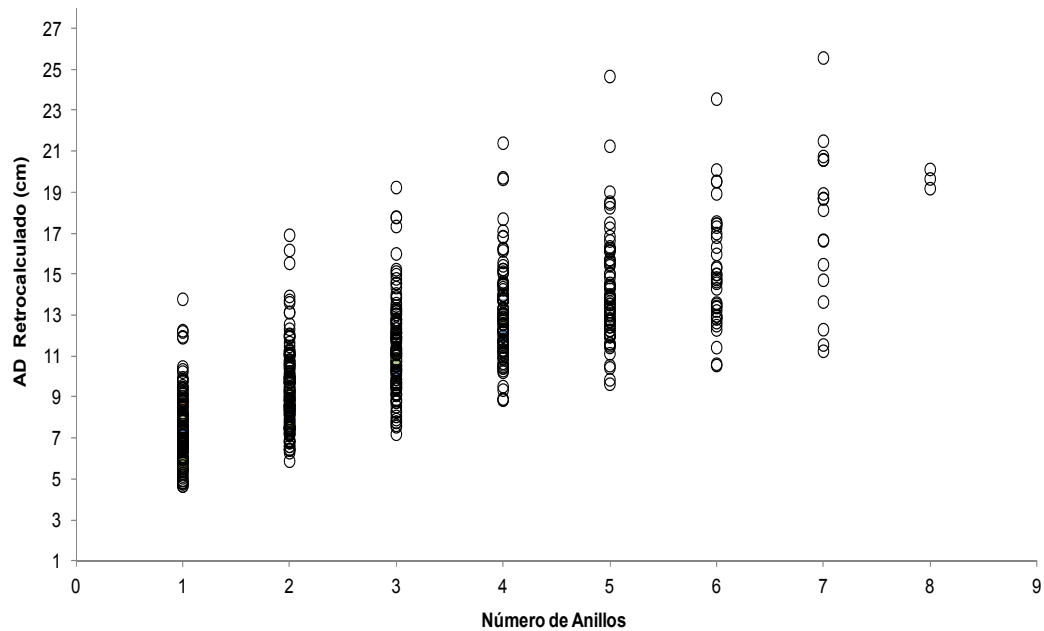


Figura 15. Longitudes retrocalculadas para *Urotrygon chilensis*, con su número de anillos presentes al momento de la captura.

Tabla 4. Matriz Clave Talla-Edad que muestra la frecuencia de edades en cada talla, el % representa el porcentaje de la muestra relacionado al número de anillos o a la edad correspondiente.

AD (cm)	Edad									Suma	%
	0	1	2	3	4	5	6	7	8		
6		3								3	1.5
7	10	6	12	1						29	14.8
8	4	5	4	3						16	8.2
9	3	5	3	4	1					16	8.2
10		3	7	5		1				16	8.2
11			2	5	1	1				9	4.6
12				2				2		4	2.0
13				5	4	7	5	1		22	11.2
14				2	4	8	5	1		20	10.2
15				2	4	3	3	1		13	6.6
16					1	3	4	2		10	5.1
17					1	5	2	1		9	4.6
18					1	1	1			3	1.5
19								1	1	2	1.0
20					1	1		1	1	4	2.0
21								7	8	15	7.7
22				1				2		3	1.5
23										0	0.0
24										0	0.0
25										0	0.0
26										0	0.0
27						1		1		2	1.0
Suma	17	22	28	30	18	31	20	20	10		
%	8.7	11	14	15	9.2	16	10	10	5.1		

Se demostró que no existen diferencias significativas en las longitudes (AD) obtenidas por ambos métodos directo (retrocálculo) e indirecto (frecuencia de tallas) ($p > 0.05$). Por lo tanto, el mejor análisis para este caso resulta ser el retrocálculo, ya que tiene mayor confiabilidad al provenir de un análisis directamente de las estructuras duras (método directo).

8.2.4 Incremento marginal

El promedio del incremento marginal (IM), presenta el valor máximo en septiembre y el valor mínimo durante el mes de febrero.

Para ver la diferencia del incremento marginal en los diferentes meses de captura, se realizó un ANOVA (en el paquete estadístico MiniTab), el cual mostró que no había diferencia significativa en el IM por mes ($F=74.45$, $p=0.18$).

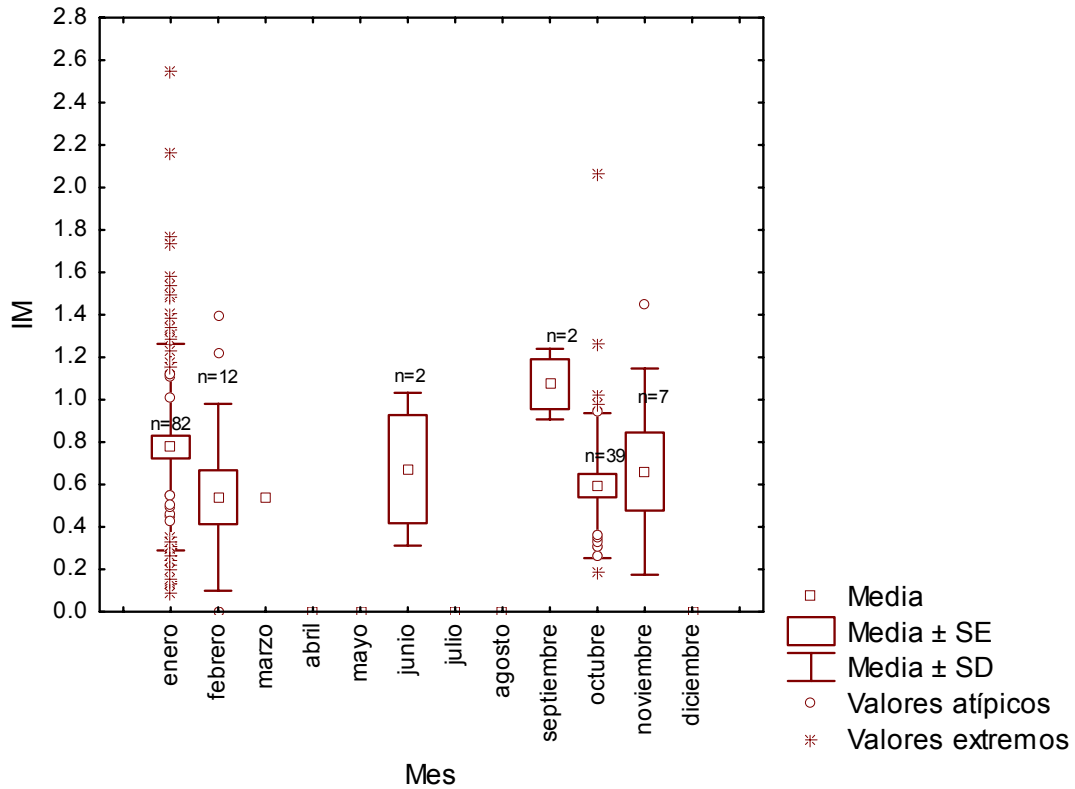


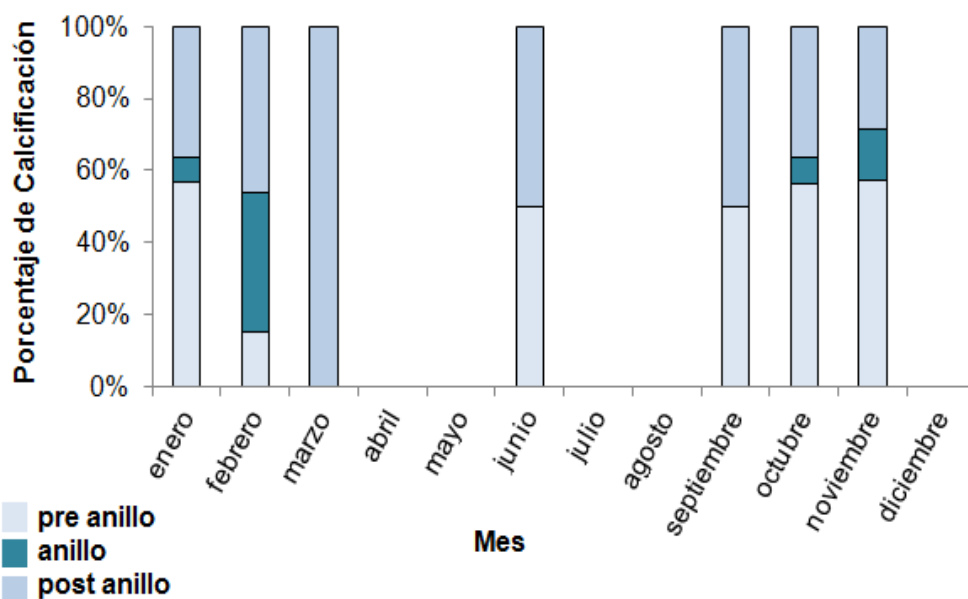
Figura 16. Incremento marginal (IM) por mes de los ejemplares de *Urotrygon chilensis*.

Para realizar la clasificación de calcificación de los anillos de crecimiento, propuesta por Ferreira y Vooren (1991), primero se construyó una tabla (Tabla 5) con el número de individuos presentes en cada mes.

Tabla 5. Número de individuos dentro de la escala cualitativa de calcificación de los anillos de crecimiento, modificada de Ferreira y Vooren (1991).

	pre anillo	anillo	post anillo
enero	64	8	41
febrero	2	5	6
marzo	0	0	1
abril	0	0	0
mayo	0	0	0
junio	1	0	1
julio	0	0	0
agosto	0	0	0
septiembre	1	0	1
octubre	23	3	15
noviembre	4	1	2
diciembre	0	0	0

A pesar de que existen vacíos de información en algunos meses, debido a que no aparecieron los organismos al momento de la captura, se puede observar la distribución de los anillos a lo largo del año tipo (Figura 17), considerando la aparición de un anillo anual, entre octubre y febrero. No se puede asegurar que exista otro anillo al año por la falta de información.

Figura 17. Porcentaje de calcificación por mes de los ejemplares de *Urotrygon chilensis*.

8.2.5 Estimación de los parámetros de las funciones de crecimiento

El análisis del crecimiento de los organismos se realizó para sexos combinados, probando los modelos de crecimiento: de 2 Fases, de von Bertalanffy y de Gompertz (Figura 18), contruidos básicamente con los mismos parámetros biológicos

En cuanto a los parámetros obtenidos en los diferentes modelos de crecimiento, se puede observar en la Tabla 6, que los valores de amplitud de disco (AD_{∞}) no presentan una amplia variación entre sí, aunque cabe resaltar que el mayor valor del AD_{∞} se obtuvo con el modelo de Bertalanffy. En el caso de la velocidad de crecimiento (k), se observa un valor similar entre los modelos de 2 Fases y Gompertz, sin embargo existe una diferencia considerable entre ambos modelos con el valor obtenido mediante la función de Bertalanffy. Aun así, en todos los casos los valores son bajos para la especie.

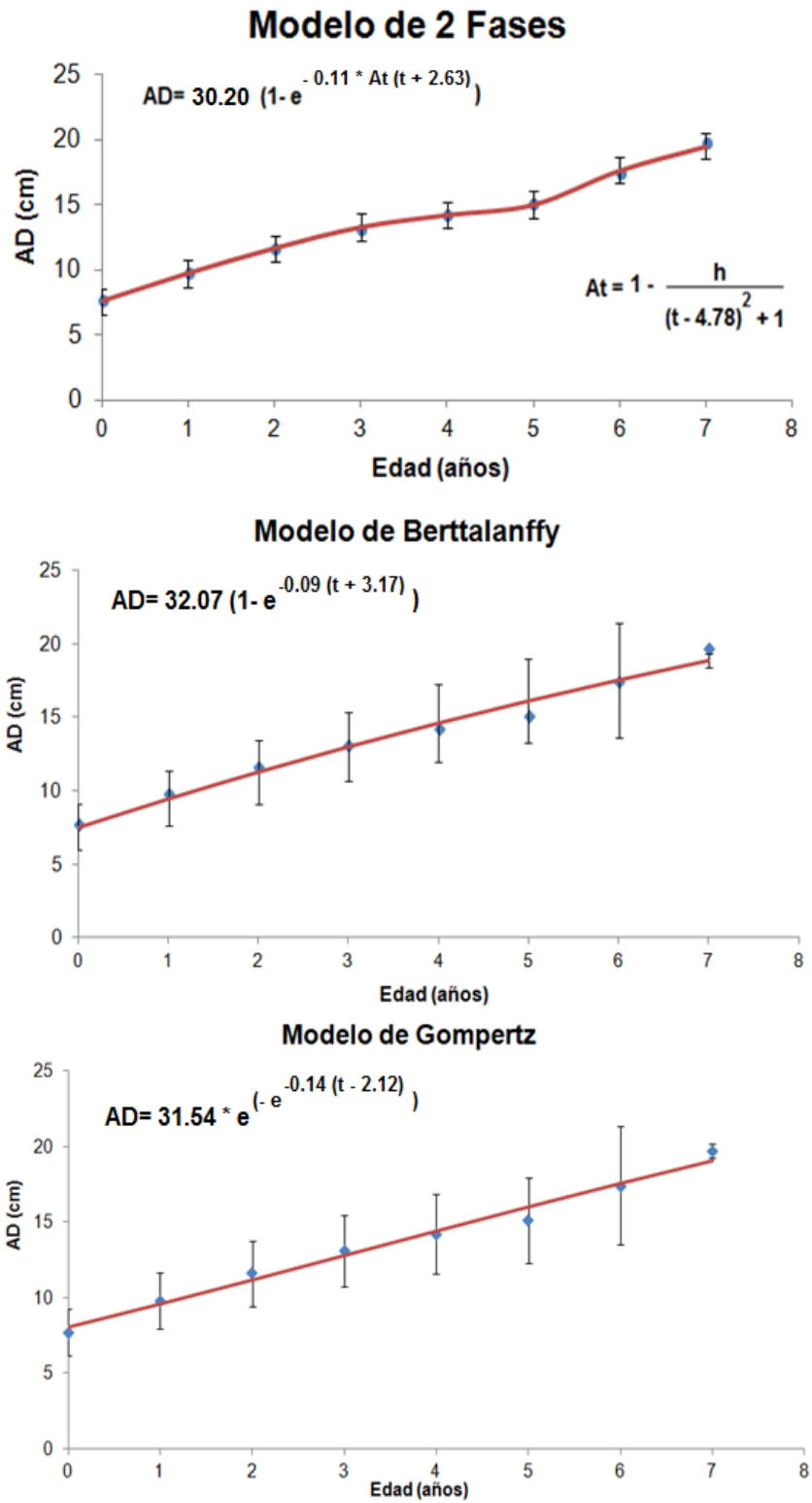


Figura 18. Comparación de las curvas de crecimiento de *Urotrygon chilensis*, con los diferentes modelos.

Tabla 6. Comparación de los parámetros obtenidos con los diferentes modelos de crecimiento.

Parámetros	Modelos de crecimiento		
	2 fases	Bertalanffy	Gompertz
AD	30.2	32.07	31.54
k	0.11	0.09	0.14
to	-2.63	-3.17	2.12
h	0.19		
Th	4.68		

El modelo de crecimiento más verosímil para la especie, resultó ser, de acuerdo a la prueba del menor rango, el modelo de 2 Fases junto con el modelo de Gompertz, utilizando el criterio de parsimonia, se eligió como mejor modelo al de Gompertz, ya que su función es más simple (Tabla 7), y al igual que en las otras funciones, la curva propuesta por Gompertz (1825), muestra como la tasa de incremento en biomasa de un pez, va disminuyendo a lo largo de su vida, hasta hacerse prácticamente cero, por lo que resulta ideal para describir la distribución por edades.

Para el modelo de Gompertz se calcula que los organismos pueden extender su ancho de disco hasta los 31.54 cm, con una constante de crecimiento (k) baja (0.14), y una longevidad de 29.9 años.

Tabla 7. Prueba del menor rango que indica, mediante el valor más pequeño de la sumatoria, cual es el modelo más verosímil, de acuerdo a las pruebas estadísticas analizadas (LL, AIC, Residuos).

Pruebas	Modelos de crecimiento		
	2 fases	Bertalanffy	Gompertz
-LL	7.57	8.61	8.53
AIC	25.13	23.21	23.06
Residuos	0.43	2.51	2.36
Rangos	2 fases	Bertalanffy	Gompertz
-LL	1	3	2
AIC	3	2	1
Residuos	1	3	2
Suma	5	8	5

8.3 Talla-edad de madurez gonadal

8.3.1 Hembras

Para el presente estudio, los resultados muestran que 50% de las hembras llegan a una talla de madurez ($AD_{50\%}$) aproximadamente a los 12 cm de ancho de disco (a una edad de 2 años aproximadamente) y a los 13 cm la mayoría de los organismos ya se encuentran maduros (Figura 19).

Por otro lado, el porcentaje de hembras maduras (72%) fue significativamente mayor al de las hembras inmaduras (28%).

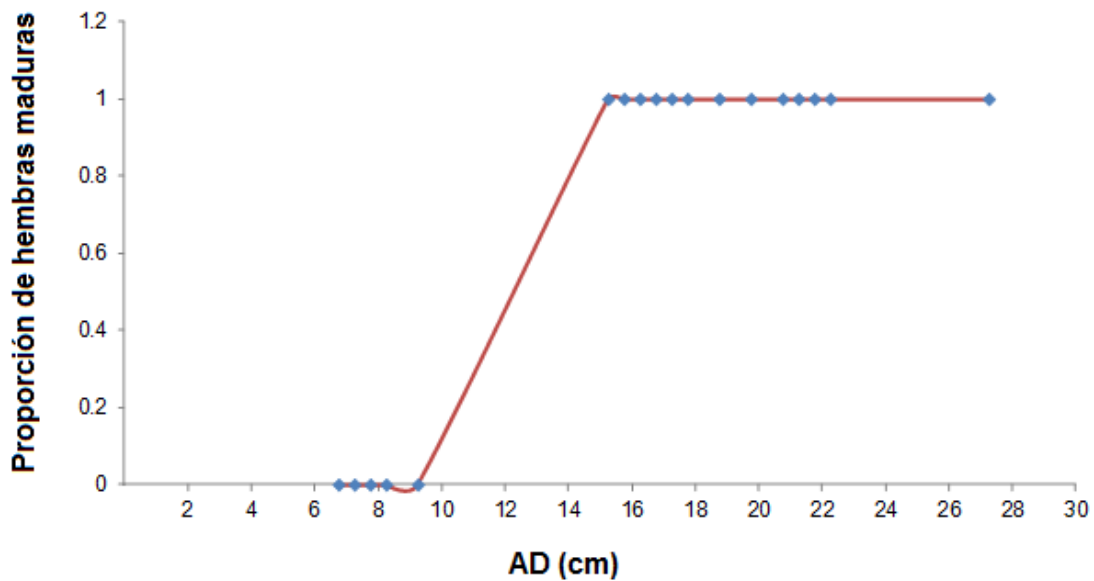


Figura 19. Proporción de hembras maduras de *Urotrygon chilensis* (n=29).

8.3.2 Machos

De acuerdo a los resultados, 50% de los machos llegan a una talla de madurez ($AD_{50\%}$) aproximadamente a los 11 cm de ancho de disco (a una edad de 2 años aproximadamente) y es a los 14 cm cuando la mayoría de los organismos se encuentran maduros (Figura 20).

Analizándolo desde otra perspectiva, el porcentaje de machos maduros (29%) fue significativamente menor al de los machos inmaduros (71%).

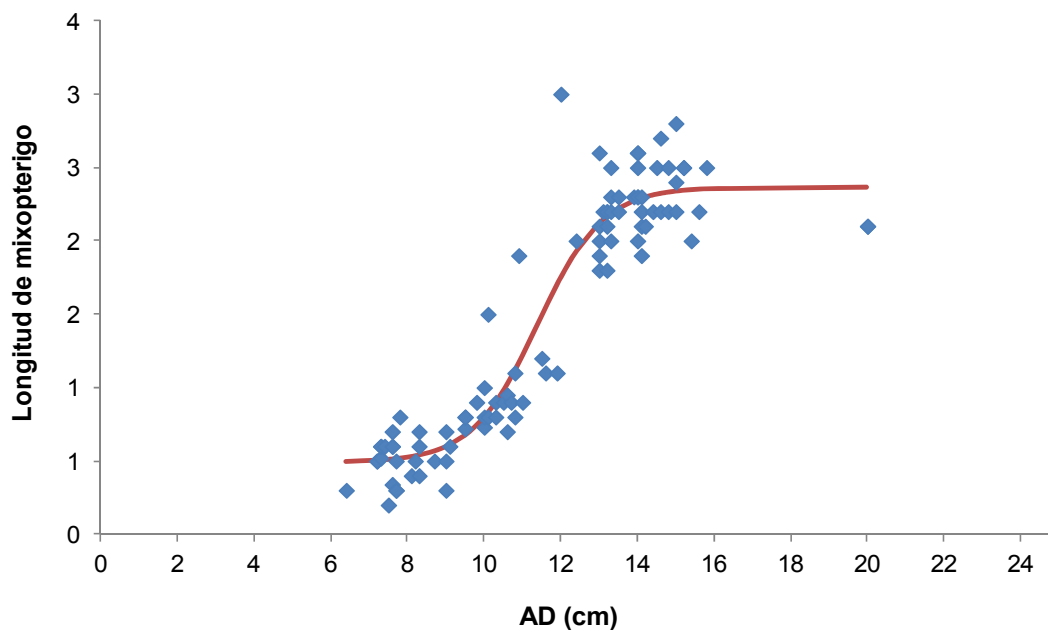


Figura 20. Relación entre el ancho de disco y la longitud del mixopterigo de los machos de *Urotrygon chilensis* (n=94).

La prueba X^2 reveló que no existen diferencias significativas entre las tallas de madurez de hembras y machos ($p=0.765$), por lo que se puede decir que ambos maduran a las mismas longitudes.

8.4 Fertilidad

La fertilidad tuvo un intervalo para esta especie, de 1 a 4 embriones, con un promedio y una moda de 2 embriones respectivamente (Figura 21).

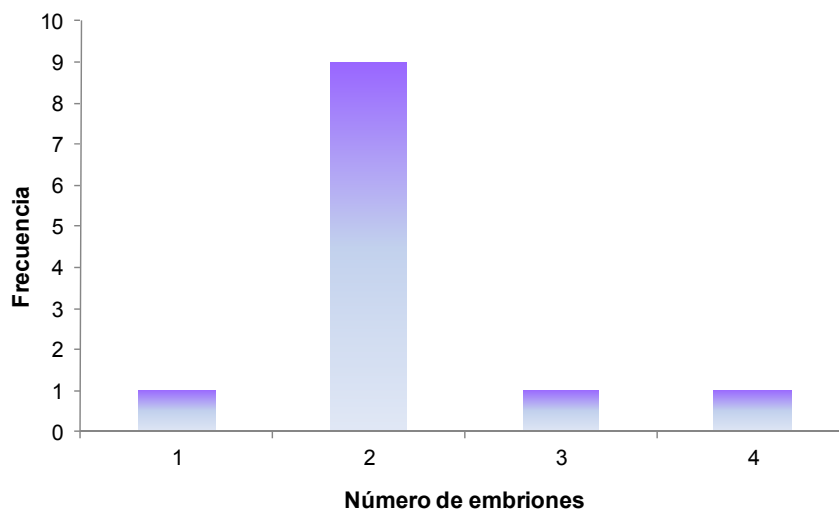


Figura 21. Fertilidad de *Urotrygon chilensis* (n= 12).

La hembra que tuvo un embrión midió 17.6 cm de AD, las tallas de las hembras con dos embriones estuvieron entre los 15.2 a 22.1 cm de AD y las tallas de las hembras con 3 y 4 embriones midieron 19.8 y 20.9 cm de AD respectivamente.

El mayor porcentaje de hembras (75%) correspondió con una fecundidad de 2 embriones (Tabla 8). En todos los casos (excepto con una cría), los embriones se alojaron en ambos úteros, por lo que se da por entendido que la especie tiene ambos úteros funcionales.

Tabla 8. Porcentaje de fertilidad de las hembras preñadas de *Urotrygon chilensis*.

Fertilidad	Porcentaje %
1 embrión	8.3
2 embriones	75.0
3 embriones	8.3
4 embriones	8.3

Figura 22. Hembra de *Urotrygon chilensis* con crías.

8.5 Selectividad, Mortalidad y Explotación

El resultado de la selectividad de la pesca de arrastre, indica que el intervalo de tallas de las capturas es amplio (Figura 23), reclutando a los organismos (AD 25%) desde los 9 cm de AD, cuando no han cumplido el año de vida libre; la primera captura (AD 50%) se realiza cuando los organismos tienen poco más de dos años con aproximadamente 11 cm de AD y la máxima captura (AD 75%) se observa con organismos están cumpliendo 4 años de edad con un AD de 14.5 cm (Tabla 9).

Tabla 9. Valores de los parámetros pesqueros de *Urotrygon chilensis*.

Selectividad de Captura		AD (cm)	t (años)
AD 25%	reclutas	9.00	0.50
AD 50%	primera captura	11.75	2.21
AD 75%	máxima captura	14.51	3.93
Tmax teorica	Longevidad (λ)	29.96	23.34

La Z estimada fue de 1.01 año^{-1} , mientras que M resultó en un valor de 0.22 año^{-1} , y en consecuencia F fue de 0.79 año^{-1} .

Con respecto al índice de explotación del recurso, se puede decir que presenta un valor alto, de $E = 0.78$, debido a que la mortalidad por pesca también lo fue. Si se traduce el valor de explotación a un porcentaje, indica que 78 organismos de cada 100 son capturados por la pesca de arrastre.

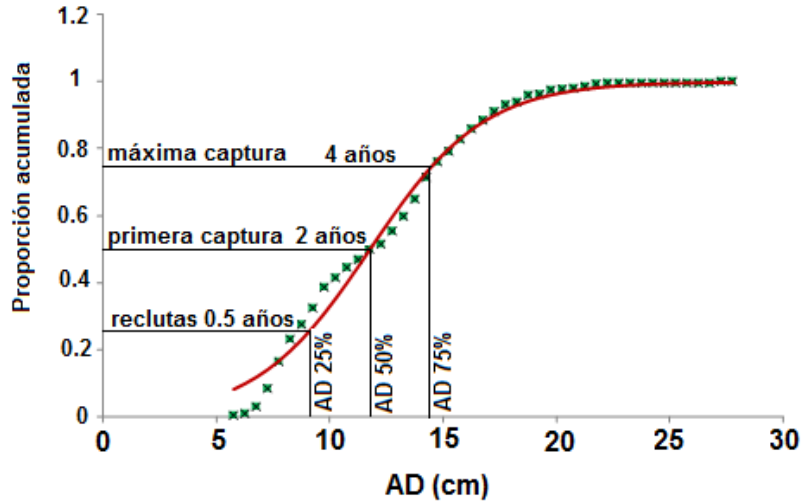


Figura 23. Curva de captura para *Urotrygon chilensis* (n= 74) en el Golfo de Tehuantepec.

8.6 Demografía

Los parámetros reproductivos obtenidos (Tabla 10) se retoman, ya que son importantes valores semilla para analizar la demografía de la especie.

Tabla 10. Valores de los parámetros reproductivos de las hembras de *Urotrygon chilensis*.

Parámetros reproductivos	Símbolos	Valor
Fertilidad (crias hembras x madre)	m_x	2
AD 50% (cm)	AD_{medio}	11.75
t 50% (años)	T_{medio}	2.21

En un escenario natural, es decir, sin la presión de pesca, la sobrevivencia de la especie (l_x), disminuye progresivamente desde el primer año (Figura 24); la esperanza reproductiva (V_x), tiene sus valores máximos a la edad 3, después se va reduciendo conforme crece la especie (Tabla 11).

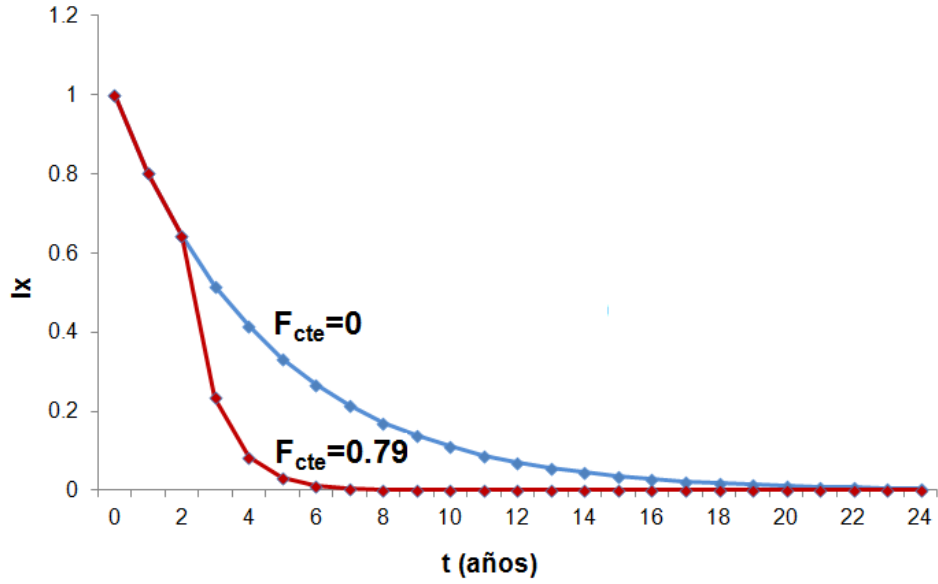


Figura 24. Curva de Sobrevivencia de *Urotrygon chilensis*.

Tabla 11. Tabla de Vida con un escenario natural (F=0 año-1).

Tiempo		Sobrevivencia	Fertilidad	Esperanza reproductiva		Euler ajuste para r_m^A	Valor reproductivo
x	AD ^A	lx	mx	Vx = (Lx*mx)	lx*mx*x	exp(-r _m *x)*lx*mx	Vx / Vo
0	8.21	1	0	0.00	0.00	0.00	2.00
1	9.79	0.8025	0	0.00	0.00	0.00	2.93
2	11.41	0.6440	0	0.00	0.00	0.00	4.30
3	13.03	0.5169	2	1.03	3.10	0.64	4.29
4	14.62	0.4148	2	0.83	3.32	0.43	4.29
5	16.17	0.3329	2	0.67	3.33	0.30	4.29
6	17.64	0.2671	2	0.53	3.21	0.20	4.29
7	19.03	0.2144	2	0.43	3.00	0.14	4.29
8	20.33	0.1720	2	0.34	2.75	0.09	4.29
9	21.53	0.1381	2	0.28	2.49	0.06	4.28
10	22.63	0.1108	2	0.22	2.22	0.04	4.28
11	23.64	0.0889	2	0.18	1.96	0.03	4.27
12	24.54	0.0714	2	0.14	1.71	0.02	4.25
13	25.36	0.0573	2	0.11	1.49	0.01	4.23
14	26.09	0.0460	2	0.09	1.29	0.01	4.20
15	26.75	0.0369	2	0.07	1.11	0.01	4.16
16	27.33	0.0296	2	0.06	0.95	0.00	4.09
17	27.85	0.0238	2	0.05	0.81	0.00	4.00
18	28.30	0.0191	2	0.04	0.69	0.00	3.86
19	28.71	0.0153	2	0.03	0.58	0.00	3.66
20	29.06	0.0123	2	0.02	0.49	0.00	3.36
21	29.37	0.0099	2	0.02	0.41	0.00	2.93
22	29.65	0.0079	2	0.02	0.35	0.00	2.30
23	29.89	0.0063	2	0.01	0.29	0.00	1.36
24	30.10	0.0051	2	0.01	0.24	0.00	0.00

Cuando se incorpora el esfuerzo pesquero, los valores de sobrevivencia de la especie (l_x), disminuyen abruptamente desde el tercer año hasta los 11 años, edad a partir de la cual se vuelve nula la sobrevivencia (Figura 24).

La esperanza reproductiva (V_x), tiene sus valores máximos a la edad 3 años, sólo se conserva hasta los 7 años y a partir de los 8 años se vuelve nula (Tabla 12).

Tabla 12. Tabla de Vida incluyendo la mortalidad por pesca ($F=0.79$ año⁻¹).

Tiempo		Sobrevivencia	Fertilidad	Esperanza reproductiva		Euler ajuste para r_m^A	Valor reproductivo
x	AD ^A	l_x	m_x	$V_x = (L_x * m_x)$	$l_x * m_x * x$	$\exp(-r_m * x) * l_x * m_x$	V_x / V_0
0	8.21	1	0	0.00	0.00	0.00	2.00
1	9.79	0.8025	0	0.00	0.00	0.00	1.91
2	11.41	0.6440	0	0.00	0.00	0.00	1.82
3	13.03	0.2346	2	0.47	1.41	1.05	1.82
4	14.62	0.0854	2	0.17	0.68	0.50	1.82
5	16.17	0.0311	2	0.06	0.31	0.24	1.82
6	17.64	0.0113	2	0.02	0.14	0.11	1.82
7	19.03	0.0041	2	0.01	0.06	0.05	1.82
8	20.33	0.0015	2	0.00	0.02	0.03	1.82
9	21.53	0.0005	2	0.00	0.01	0.01	1.82
10	22.63	0.0002	2	0.00	0.00	0.01	1.82
11	23.64	0.0001	2	0.00	0.00	0.00	1.82
12	24.54	0.0000	2	0.00	0.00	0.00	1.82
13	25.36	0.0000	2	0.00	0.00	0.00	1.82
14	26.09	0.0000	2	0.00	0.00	0.00	1.82
15	26.75	0.0000	2	0.00	0.00	0.00	1.82
16	27.33	0.0000	2	0.00	0.00	0.00	1.81
17	27.85	0.0000	2	0.00	0.00	0.00	1.81
18	28.30	0.0000	2	0.00	0.00	0.00	1.80
19	28.71	0.0000	2	0.00	0.00	0.00	1.77
20	29.06	0.0000	2	0.00	0.00	0.00	1.72
21	29.37	0.0000	2	0.00	0.00	0.00	1.62
22	29.65	0.0000	2	0.00	0.00	0.00	1.41
23	29.89	0.0000	2	0.00	0.00	0.00	0.95
24	30.10	0.0000	2	0.00	0.00	0.00	0.00

En un escenario natural ($F=0$ año⁻¹) el valor reproductivo aumenta, teniendo sus máximos valores entre los 2 y los 6 años, manteniéndose relativamente constante y comenzando a decrecer a edades adultas; sin embargo en un escenario con presión pesquera, la pesca ($F=0.79$ año⁻¹) influye negativamente en el valor reproductivo, ya que éste disminuye desde la primera edad, decayendo en los adultos (Figura 25).

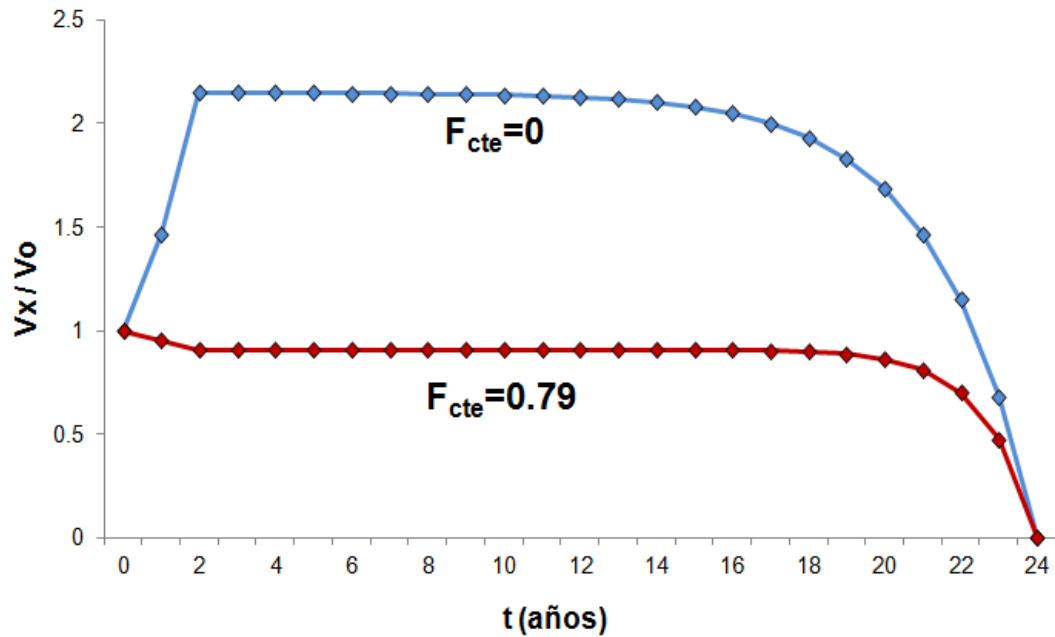


Figura 25. Valor reproductivo de las hembras de *Urotrygon chilensis*.

En un escenario natural, la tasa neta reproductiva presenta un valor de 5.19, es decir, que cada hembra aporta durante su vida aproximadamente 5 hijas hembras; mientras que con la mortalidad por pesca, la tasa neta reproductiva disminuye a 0.74, lo cual expresa que no existe recuperación de la especie. Es decir, la condición ideal para que la especie se pueda recuperar ($R_0=1$), exige una presión por pesca menor (Figura 26).

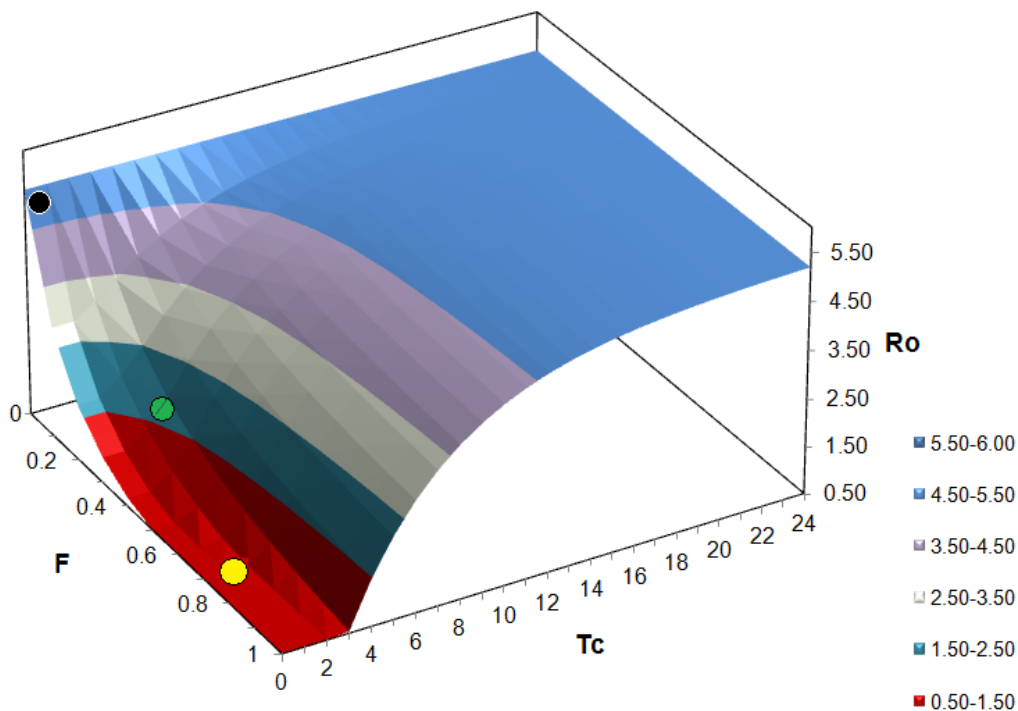


Figura 26. Comparación de los diferentes escenarios pesqueros, donde el círculo negro representa el valor que tendría la Tasa Neta Reproductiva de la especie si no existiera un esfuerzo pesquero, el círculo amarillo corresponde al estado actual ($F=0.79$ año⁻¹ y $R_0=0.74$) y el círculo color verde asemeja un estado mínimo (con $R_0>1$), donde la presión pesquera permite que la población se recupere.

En condiciones naturales, las hembras aportarían 5.19 crías por generación (R_0), pero con la condición pesquera actual aportan casi un ejemplar al año, ($R_0= 0.74$).

Con respecto a las tasas de crecimiento, también se observa una disminución de los valores en condiciones con pesca, haciendo que la población tarde más tiempo en recuperarse; lo cual se ve reflejado en el tiempo de duplicación del tamaño poblacional, el cual resultó ser negativo para este caso, lo que indica que la población está decreciendo (Tabla 14).

Tabla 13. Valores de los parámetros demográficos de *Urotrygon chilensis*.

Parámetros Demográficos	Símbolo	Condición Natural	Condición Actual
		($F=0$)	($F=0.79$)
Tasa neta reproductiva	R_0	5.19	0.74
Tiempo generacional	G o T	6.89	3.57
Tasa intrínseca de crecimiento poblacional	r_m^{\wedge}	0.16	-0.27
Tasa instantánea de crecimiento	e_r^{\wedge}	1.18	0.77
Tiempo de duplicación del tamaño poblacional	T_x2	4.27	-2.59

9.0 DISCUSIONES

9.1 Estructura de tallas

La amplitud de disco máxima encontrada para la especie en este trabajo (27.5 cm de AD), es similar a la reportada por Robertson y Allen (2002) para el Pacífico, Rubio-Lozano (2009) para Sinaloa, Torres-Huerta (2012) para el Golfo de Tehuantepec y Torres-Palacios (2010) para el Pacífico Centro-Sur Colombiano, de 25 a 26 cm de AD; mayor a la reportada por Medina-Bautista (2011) de 21.5 cm de AD para el Golfo de Tehuantepec y menor a la registrada por Bizarro *et al.* (2009) de 33 cm de AD para Sinaloa.

Aunque las diferencias en las tallas no resultan ser tan amplias, es probable que se deban simplemente a que los organismos se extrajeron de distintos lugares del Pacífico, es decir, a diferencias latitudinales, ya que en general los organismos de latitudes altas llegan a crecer más, y seguramente pertenecían a diferentes stocks o poblaciones. También se debe tomar en cuenta que las capturas de otros trabajos Bizarro *et al.* (2009) se realizaron con redes de enmalle y no con redes de arrastre, lo que podría influir en las tallas de captura.

Para el presente estudio, las hembras de *U. chilensis* alcanzaron tallas mayores (máximo= 27.5 cm de AD) y tuvieron mayor número de grupos modales (según los análisis de Bhattacharya y Multinomial) en comparación con los machos (máximo= 20 cm de AD), ya que su gama de longitudes fue mayor. Esta diferencia entre sexos es común en varias especies de elasmobranchios con adaptación vivípara, pues al aumentar la amplitud del disco, también aumenta la cavidad abdominal permitiendo albergar más crías. En este caso particular, los organismos con mayor amplitud de disco corresponden a hembras grávidas.

El método de Battacharya está diseñado para estimar componentes bien separados en distribuciones normales, sin embargo puede enmascarar información que propicie una mala interpretación de los datos, por lo que fueron tomados en cuenta los resultados del análisis de Distribución Multinomial. Éste último análisis es más confiable, ya que se basa en probabilidad de cada punto, obteniendo la máxima probabilidad de ajuste.

Biológicamente se sabe que los elasmobranquios crecen rápidamente en su primera etapa de vida, por lo que se esperaría un cambio considerable en el tamaño de los organismos del primero al segundo grupo de edad; esto se ve reflejado (con el análisis de Distribución Multinomial) en las hembras de *U. chilensis*, quienes prácticamente duplicaron su tamaño del primer grupo de talla-edad (I=8.3 cm de AD) al segundo (II=12.7 cm de AD). En el caso de los machos, los tamaños de los organismos en los primeros dos grupos de talla-edad son muy similares (I=7.7 y II=9.7 cm de AD), quizás porque hubo menor número de grupos de talla-edad para este género.

Otros trabajos reportan una distribución bimodal para la especie: Torres-Huerta (2011) obtiene valores modales de 7 a 9 y de 13 a 15 cm de AD para el Golfo de Tehuantepec y Rubio-Lozano (2009) de 10 a 12 y de 18 a 20 cm de AD para Sinaloa.

Al respecto, Salgado-Ugarte *et al.* (2005) comenta que el número y localización de las modas puede o no corresponder a un componente individual. La presencia de más de una moda sugiere la existencia de una mezcla, por lo que si son convenientes los análisis que detectan multimodalidad.

La frecuencia multimodal de los tamaños de peces indica la presencia de grupos con edad semejante y por tanto contiene información importante para entender el crecimiento como parte de la biología pesquera.

9.2 Edad y Crecimiento

9.2.1 Relación ancho de disco vs peso

La relación entre las variables peso y longitud está dada por una ecuación potencial, la cual tiene dos constantes (a y b), donde b es una constante que determina la proporcionalidad de los incrementos de la longitud respecto al peso (Salgado-Ugarte, *et al.*, 2005).

En peces, el valor de esta constante fluctúa entre 2 y 4, en el caso de los peces, cuando $b=3$, se asume que la gravedad específica del pez no cambia y presenta un crecimiento isométrico. Un valor significativamente menor o mayor de 3 indica un crecimiento alométrico.

Cuando el valor es menor a 3, se muestra que el pez es menos pesado para la longitud que alcanza y un valor mayor de 3 indica que el pez llega a ser más pesado para su longitud conforme incrementa en talla (Salgado-Ugarte, *et al.*, 2005).

En este caso, $b > 3$, lo que corresponde a un crecimiento alométrico positivo, donde la tasa de crecimiento en peso es mayor que la tasa de crecimiento en longitud. Y aunque no hubo diferencias significativas entre las curvas de machos y hembras, para una longitud total determinada, las hembras presentaron mayor peso corporal y mayor anchura de disco que los machos, esta situación puede deberse, como se mencionó anteriormente, a que las hembras cargan el peso de los ovocitos o embriones, por lo que necesitan una cavidad ventral más extensa que los machos debido a las características propias de reproducción de la especie.

Además, una condición más robusta implicaría una mayor capacidad de almacenamiento energético, lo cual puede reflejarse en un crecimiento más rápido o mayor fecundidad. Existen también otros factores que influyen sobre las diferencias de peso entre los organismos de las mismas tallas, como la cantidad de alimento ingerido, el estado de madurez, peso del hígado, entre otros.

Existen pocas investigaciones que describen el tipo de crecimiento en las rayas, algunos trabajos realizados en el Pacífico mexicano reportan una alometría para la especie: Silva-Nicolás y Torres-Huerta (2008) obtuvieron un valor de $b=3.26$ para el Golfo de Tehuantepec, Oaxaca; y Castellanos-Cendales (2010) una $b=2.5$ para Sinaloa.

El analizar la relación entre talla y peso es importante para conocer la dinámica de la población, lo que resulta de gran utilidad para el manejo de las pesquerías, ya que la proporción puede variar en diferentes lugares por la disposición de alimento y en ciertos momentos del año debido a los cambios fisiológicos derivados de la reproducción. Tales conocimientos ayudan a tomar decisiones de manejo para cada población analizada.

9.2.2 Lectura de vértebras

Las vértebras son estructuras duras que han sido usadas para determinar la edad en los elasmobranquios, ya que forman parte de la espina dorsal, donde el *centrum* crece en forma radial depositando marcas (anillos) en función de cambios en el metabolismo a través del tiempo (Salgado-Ugarte, *et al.*, 2005).

La formación de anillos de crecimiento se produce por la depositación de material calcificado a través del tiempo, en general se forman bandas opacas en verano (crecimiento rápido) y bandas translúcidas en invierno (crecimiento lento). Por lo que un anillo consta de dos bandas, una opaca y una translúcida. Esta cuestión puede variar en cada organismo principalmente por la disponibilidad y asimilación del alimento (Salgado-Ugarte, *et al.*, 2005).

Los anillos se forman, ya sea por cambios fisiológicos o por fuertes fluctuaciones medioambientales, pero en zonas tropicales no se producen estos cambios drásticos y en consecuencia es muy difícil utilizar los anillos estacionales para determinar la edad. Si bien para la zona de estudio no están bien marcadas dichas estaciones, sí se tienen bien reconocidas y marcadas las estaciones de secas y lluvias. Lo más conveniente para analizar especies tropicales es un análisis de frecuencia de tallas combinado con la lectura de anillos (Salgado-Ugarte, *et al.*, 2005).

La lectura de vértebras puede realizarse con las estructuras enteras o bien de un corte longitudinal pasando por el centro vertebral, como fue el caso de este trabajo. Cualquiera que sea el caso, es importante realizar las pruebas pertinentes (Promedio Porcentual del Error, Índice de Efectividad de la lectura y Coeficiente de Variación), para verificar la correcta lectura de los anillos de crecimiento. También se tomó en cuenta para la lectura, la marca de nacimiento, observándose como un cambio de ángulo a lo largo del *corpus calcareum* de la vértebra.

Las variaciones en la depositación de los anillos, han hecho que se prueben distintas técnicas de lectura, en este caso, los anillos fueron contados sobre el *corpus calcareum* de la vértebra, sin necesidad de utilizar tinción alguna, lo que se reflejó en el Índice de Eficiencia de la lectura (IEL= 93.88%).

9.2.3 Relación radio vertebral vs ancho de disco

En los trópicos generalmente los eventos medioambientales varían, por lo que no todas las especies presentan crecimientos isométricos, cuando la longitud del pez varia con relación al radio vertebral, ésta relación puede ser lineal o también puede ocurrir que el crecimiento de la vértebra sea más rápido (relación potencial) (Salgado-Ugarte, *et al.*, 2005).

En esta especie, la regresión entre el ancho de disco (AD) y el radio vertebral (R) mostró una relación de tipo alométrica positiva, indicando que es más rápido el crecimiento de las vértebras que el del ancho de disco, es decir, por lo que es de esperarse que el retrocálculo que mejor se ajusta sea el de tipo no lineal.

Como se mencionó anteriormente, la relación entre la longitud (o ancho) del pez y el radio vertebral no siempre es lineal, la alometría ha sido descrita en otros elasmobranchios como *Mustelus canis* (Cochrane *et al.*, 2002), *Galeorhinus galeus* (Duarte *et al.*, 2001) y *Malacoraja senta*, (Natanson *et al.*, 2007) todos los casos para el océano Atlántico, en los cuales es una función curvilínea la que describe la relación de las variables. Aunque se sabe también que la alteración de la densidad vertebral ha sido reportado en otras especies de rayas y potencialmente se ha atribuido a los cambios ontogenéticos en la dieta, la distribución de la profundidad, o reabsorción de elementos (Campana, 2001).

Otros trabajos han reportado una relación lineal entre el radio vertebral y la longitud total, tal es el caso de *Amblyraja radiata* (Sulikowski *et al.*, 2005; Gallagher *et al.*, 2006) en el noreste del Atlántico, *Bathyraja trachura* (Davis *et al.*, 2007) en el Pacífico norte, *Raja binoculata* y *Raja rhina* (Gburski *et al.*, 2007) en el Golfo de Alaska.

La diferencia en la relación lineal o potencial de las variables de crecimiento, puede deberse a la zona en la que se distribuyen los organismos. Si se analiza los casos descritos anteriormente se puede observar que las especies con crecimiento isométrico son aquellas que se distribuyen en zonas templadas o frías y las especies con crecimiento alométrico viven en zonas cálidas y tropicales. Esto significa que la temperatura es una variable que influye directamente en el crecimiento de los organismos, de manera que a mayor calor las estructuras vertebrales pueden aumentar más rápido que el propio organismo.

9.2.4 Incremento marginal

A partir del análisis de Incremento Marginal (IM) de los anillos de crecimiento vertebrales de *U. chilensis* en el Golfo de Tehuantepec, se encontró que no existen diferencias significativas del IM por mes. Sin embargo, el valor máximo en septiembre y el mínimo en febrero indican la formación de un anillo, esto bajo el supuesto de que cuando el incremento de la amplitud del margen de la estructura calcificada es relativamente pequeño, indica que un anillo se está formando. La formación del anillo a finales del invierno puede ser debido a la fijación de calcio proveniente del consumo alimenticio, debido a la mayor disponibilidad de alimento en época de surgencias en invierno (Tapia-García, 2007).

La variación del IM depende de diversos factores intrínsecos y extrínsecos (Campana 2001), por lo que los datos no siempre se ajustan al crecimiento bertalanffyano, a veces, se inclinan más por el crecimiento descrito con la función de Gompertz, incluso se han reportado elasmobranquios con crecimiento en 2 Fases, tales como *Raja clavata*, *Raja batis*, *Raja naevus* para el mar Céltico, *Lamna nasus* para el norte del Atlántico, *Triakis semifasciata* para California, *Carcharhinus leucas* para el sur del Golfo de México (Araya y Cubillos, 2006) y *Dipturus chilensis* (Aversa *et al.*, 2011) para Argentina. Dicho crecimiento puede estar relacionado con el cambio energético del crecimiento a la madurez gonádica que utilizan las especies en la transición de juveniles a adultos.

Los organismos que siguen un crecimiento descrito por el modelo de Gompertz presentan al inicio un crecimiento lento de posible adecuación, seguido por una segunda etapa de crecimiento rápido donde los individuos ganan la mayor parte de su biomasa, y finalmente otra etapa de crecimiento lento que tiende a la asíntota (Deakin 1970). Mientras que el modelo de 2 Fases describe mejor a los organismos con gastos energéticos distintos, es decir, aquellos que sufren un cambio radical debido a la madurez sexual, por lo que en esa etapa se llega a detener el crecimiento, mismo que continúa una vez que se adecuan a la madurez hasta llegar a la asíntota (Soriano *et al.* 1992; Araya y Cubillos, 2006; Aversa *et al.*, 2011)

9.2.5 Crecimiento

En este trabajo se utilizó el método frecuentemente usado para la determinación de la edad, que es la interpretación y conteo de marcas de crecimiento, las cuales aparecen en las estructuras duras de los organismos (vértebras), reflejando la influencia ambiental. En este caso, el crecimiento fue descrito a través del modelo de Gompertz y mostró que *U. chilensis* crece en forma acelerada. El crecimiento puede tener relación con la longevidad (Cailliet, 2001), ya que en etapas adultas los incrementos son menores y las estructuras duras pueden presentar sobrelapamiento de anillos, lo cual se conoce como fenómeno de Rosa Lee (Francis, 1990).

Una característica deseable de una ecuación de crecimiento, es que el número de parámetros no sea excesivo, sino que sea lo más simple posible, que en lo posible éstos parámetros tengan un significado biológico y que si se extrapola mas allá de las edades observadas, conduzca a resultados razonables (Gulland, 1971). Aunque los datos pueden producir curvas que no son representativas del crecimiento de una especie, ya que las estimaciones de los parámetros están fuertemente influenciadas por los extremos de la curva de crecimiento (Haddon, 2001).

Las diferencias de crecimiento entre elasmobranquios se deben a factores tanto extrínsecos como intrínsecos, dentro de éstos últimos están las diferencias de las tasas metabólicas, las cuales varían debido a cambios de distribución latitudinal y de profundidad (Cailliet *et al.* 2001). En este caso se trabajó con una especie de distribución tropical con hábitos bentónico-demersales cuya tasa metabólica es más acelerada que la de las especies de elasmobranquios de aguas profundas o templadas.

El determinar correctamente la edad de los organismos acuáticos es una de las tareas más importantes en la biología pesquera. La importancia de la determinación de la edad y la descripción del crecimiento de los peces, radica en poder determinar la composición de talla-edad de las poblaciones, su velocidad de crecimiento, la longevidad, la edad de primera madurez y la tasa de reclutamiento, lo que permite inferir los grupos de talla-edad que sostienen a la pesquería y con ello abordar estudios para el manejo y ordenamiento pesquero, permitiendo así la conservación de las especies (Gulland, 1971).

Dada la fragilidad a la sobrepesca que se ha observado en muchas especies de tiburones y rayas, se hace prioritario que los modelos que describan la historia de vida de estas especies sean lo más robustos y confiables (Musick 1999).

9.3 Talla-edad de madurez gonadal

La madurez sexual es una etapa en la vida de los organismos, la cual está representada por la completa formación del sistema reproductor y tiene como función preparar fisiológicamente a los organismos para su reproducción. Comúnmente los elasmobranquios presentan madurez tardía, ya que la reproducción es un proceso que requiere un gasto considerable de energía por lo que los recursos destinados para el crecimiento pueden disminuir (Hamlett, 2005).

La determinación de la talla de madurez ($AD_{50\%}$) es importante, ya que define el tamaño al cual, por lo menos la mitad de la población, ya tiene la capacidad de reproducirse. La talla de madurez suele ser una característica distintiva de las poblaciones y permite evaluar la influencia de los eventos pesqueros. Para este trabajo, las hembras alcanzaron tallas y pesos mayores que los machos, lo que indica que llegan a crecer más y por lo tanto su talla de madurez es mayor que la de los machos, cuestión que se ve reflejada en las tallas de madurez obtenidas (hembras: $AD_{50\%}= 12.1$ cm y machos: $AD_{50\%}= 11.4$ cm). En los elasmobranquios es común que existan diferencias de tallas entre hembras y machos. De esta manera, cuando las hembras crecen más que los machos es porque invierten su energía en el crecimiento y esto se refleja en un retraso en la madurez sexual (Cortés, 2000).

Haciendo la comparación entre la tallas de madurez obtenidas en este trabajo ($H=12.1$ y $M=11.4$ cm de AD) con las de otros autores (Ordoñez, 2004 para el Pacífico central mexicano; Rubio-Lozano, 2009 para la costa de Sinaloa y Medina-Bautista, 2011 para el Golfo de Tehuantepec) de entre 14 y 15 cm de AD, resultan ser menores, es decir, los organismos maduran a una talla menor y por lo tanto a una menor edad.

La disminución de la talla de madurez puede deberse a la sobreexplotación, ya que en ciertos casos la alta presión pesquera incide sobre la población, logrando que los organismos maduren más rápido al sentirse amenazados (Rose, *et al.*, 2001; Heppel *et al.*, 2005).

9.4 Fertilidad

Se sabe que los representantes de la familia Urotrygonidae presentan baja fertilidad, entendida como el número de crías por parto, donde el promedio de crías por camada es aproximado a tres. Cuando se tiene baja fertilidad, por lo general se producen crías de talla grande, la cual es una táctica reproductiva para favorecer la supervivencia de la descendencia, puesto que los neonatos son menos susceptibles a la depredación (Babel, 1967).

Para este trabajo se reportó una fertilidad promedio de dos crías por hembra, resultado similar a lo encontrado por Ordoñez (2004) y Rubio-Lozano (2009), quienes reportan un promedio de 1.7 crías por parto para la especie. En los tres trabajos, se reporta a las hembras de mayor talla con el mayor número de crías. Esta situación supone una relación positiva entre el tamaño de la madre y el número de crías.

En la raya *U. chilensis* ambos úteros son funcionales, es decir, tanto el lado derecho como el izquierdo tiene la capacidad de albergar embriones. Al respecto, Babel (1967) comenta que este patrón es común en varias rayas, aunque puede variar, ya que conforme crece la madre, alguno de los úteros puede volverse más o menos funcional.

9.5 Mortalidad y Explotación

La comparación de la mortalidad total (Z) con otras especies, es algo difícil debido a los diferentes esfuerzos pesqueros de cada región y las diferentes estrategias de respuesta a la presión pesquera que cada especie experimenta (Cortés, 1995).

Se revisaron los trabajos realizados con otros batoideos, se observó que la mortalidad natural (M) no depende de la longitud de los organismos, ni de la tasa de crecimiento individual, sino de un conjunto de factores asociados al propio entorno de las especies, como puede ser la competencia intra e inter específica o la contaminación del hábitat, por lo que resulta casi imposible determinarlos con claridad, ya que se encuentran añadidos a las respuestas adaptativas de las propias especies para tratar de mantenerse en equilibrio ante el estrés y que se observan por lo general en la reducción de la talla de madurez, longevidad y fecundidad (Daimond, 1989).

Con respecto a la mortalidad por pesca, el valor estimado en este trabajo ($F=0.79 \text{ año}^{-1}$) resulta ser alto, al igual que el valor de explotación ($E=0.78$), que resulta ser mucho más alto de lo que propone Gulland (1971) de $E=0.5$ para considerarse una pesca con un rendimiento sostenible. Por lo que se considera que la población se encuentra en los niveles máximos de explotación. No existen más datos acerca de los valores de mortalidad de esta especie en particular, por lo que es necesario seguir con las evaluaciones del recurso.

La presencia de *U. chilensis* en el ecosistema bentónico-demersal es de gran importancia como especie clave, ya que regula otras poblaciones que aumentarían su densidad en ausencia de la especie y sustituirían su papel en el eslabón alimenticio. Es decir, al haber sobrepesca de la especie, la población disminuye y es probable que otra población o especie sustituya o reemplace su nicho y siga consumiendo las mismas presas (Álvarez-Rubio *et al.* 1990; Krebs, 1994; Camhi & Musick, 2002).

Finalmente se debe tomar en cuenta que cualquier valor de la mortalidad puede ser subestimado, lo que ocasionaría graves consecuencias para manejo del stock. Lamentablemente hacen falta más esfuerzos para poder estudiar las estrategias de pesca locales.

9.6 Demografía

Se sabe que los condricios presentan poblaciones muy sensibles al esfuerzo pesquero, debido a su densodependencia (Compagno, 1984; Compagno *et al.*, 1989; Hoening y Gruber, 1990), es por esta razón que se evaluaron tanto el escenario natural (sin mortalidad pesquera) como el actual (contemplando el esfuerzo pesquero), para poder comparar y definir el daño ecológico.

El uso de las tablas de vida es frecuentemente observado en los análisis demográficos, ya que es un método robusto, matemáticamente hablando, el cual está enfocado principalmente a la valoración de alternativas en el manejo de las pesquerías (Hoening y Gruber, 1990; Cailliet, 1992; Roff, 1992; Musick, 1996).

Como ya se ha mencionado, los batoideos al igual que otros condriictios, también presentan cierta fragilidad, lo cual se ve reflejado, en esta especie, en los valores de la tasa intrínseca de crecimiento (r), que representa la capacidad innata de incremento para condiciones ambientales específicas (Krebs, 1994).

En ambos escenarios analizados (con $F=0$ año⁻¹, $r=0.16$ y $F=0.79$ año⁻¹, $r=-0.27$), los valores de r resultan ser muy bajos para llegar a sostener la renovación poblacional, la cual se mantiene con un valor mínimo de $r=0.5$, pero cuando presenta un valor negativo, como en el caso del escenario actual, se determina que la población disminuye (Ricker, 1975; Beverton y Holt, 1956 y 1957; Gulland, 1971). Aunque no hay que olvidar la elasticidad de las especies, considerada como la capacidad de reponer la pérdida de densidad poblacional ante una mortalidad alta (Caswell, 2001).

Asimismo, la tasa neta reproductiva (R_0), confirma la fragilidad de la especie encontrando valores de 5.2 hijas/madre para un escenario libre de pesca y de 0.74 hijas/madre tomando en cuenta la presión pesquera. Al respecto Hoening y Gruber, 1990; Cailliet, 1992 y Cortes, 1995 comentan que cuando $R_0=1$ se puede considerar que la población se encuentra en el punto de equilibrio.

El valor de la tasa instantánea de crecimiento (e^r), igualmente llamada lambda (λ), también disminuyó del escenario natural ($\lambda=1.18$) al actual ($\lambda=0.77$), mostrando un decremento en el crecimiento. Los estudios demográficos realizados con otros batoideos han arrojado valores de $\lambda =1.2$ para *Torpedo californica* (Neer y Cailliet, 2001), $\lambda=1.2$ para *Dasyatis violacea* (Mollet, 2002), $\lambda=1.14$ para *D. diptera* (Smith, 2005), $\lambda= 1.23$ para *Leucoraja erinacea*, $\lambda=1.221$ para *Diapterus leavis*, y $\lambda=1.139$ para *L. ocellata* (Frisk *et al.*, 2002).

Cuando se comparan los diferentes escenarios (condición natural y actual), se puede observar que los parámetros demográficos de la población cambian, de manera que los valores se hacen más bajos cuando existe la condición de pesca, aunque ésta sea incidental, haciendo evidente que la explotación influye de manera directa en el crecimiento de la población.

Lo anterior hace evidente la importancia del uso de las tablas de vida, como herramienta para generar estrategias de una pesquería responsable, tomando en cuenta la biología de las especies y sus estrategias ecológicas. Ya que los elasmobranquios forman parte de las comunidades marinas, al protegerlos se lograría también la protección de otras especies en lo que se denomina “efecto sombrilla” (Daimond, 1989).

Debido a la carencia de datos de captura y esfuerzo de muchas especies de peces, resulta difícil la evaluación de la dinámica de poblaciones y manejo pesquero, por lo que una opción es integrar el uso de técnicas demográficas con patrones de reproducción y supervivencia con el fin de determinar la productividad de las poblaciones y evaluar su potencial (Musick 1999; Hoenig y Gruber 1990), lo cual es importante para conocer la susceptibilidad de las poblaciones. La mayoría de las especies de elasmobranquios son susceptibles a la pesca debido a sus bajas tasas de crecimiento poblacional (Cortés, 2002).

En el caso particular de los batoideos, ya han sido reportados casos de colapso de poblaciones pesqueras como resultado de la intensiva pesca dirigida o incidental (Musick, 2005), y debido a su baja resiliencia, algunos están siendo sobre explotados aun como componentes de la pesca incidental de otras pesquerías (Dulvy y Reynolds, *et al.*, 2002).

Casey y Myers (1998) evidenciaron el primer registro de extinción pesquera de una especie de raya del Atlántico, *Raja laevis*, ocasionada por sobreexplotación, dando por hecho la alta fragilidad de los elasmobranquios en todo el planeta. Debido a esta situación, algunas especies de elasmobranquios han sido propuestas como candidatas para su protección.

En cuanto a la población de *Urotrygon chilensis* en el Golfo de Tehuantepec, se considera que está siendo sometida a una fuerte mortalidad por pesca, debido a la intensa pesquería de arrastre del camarón, de la cual la especie forma parte importante de la fauna de acompañamiento.

10.0 CONCLUSIONES

El presente estudio proporciona datos que muestran a *Urotrygon chilensis* como una especie frágil ante la sobreexplotación ocasionada por la pesca incidental, que aún cuando posee un crecimiento individual moderado, su tasa neta reproductiva y su tasa instantánea de crecimiento poblacional son bajas. Por lo que se recomienda tomar a esta especie como un indicador del estado de salud de las comunidades demersales sometidas a presión pesquera por parte de la flota pesquera.

A la luz de los resultados las conclusiones puntuales de este trabajo son:

- El análisis de estructura de tallas resultó ser más robusto con el uso del ajuste multinomial. Se encontró que las hembras son más longevas llegando a cinco grupos de talla-edad, mientras que los machos sólo a cuatro.
- Se determinó una relación alométrica positiva entre el ancho de disco vs peso para ambos sexos, sin diferencias significativas ($P < 0.05$).
- Se encontró que las vértebras postsinarcuales son estructuras robustas y confiables para la determinación de la edad. El IEL fue de 94% con un PPE de 7% y un CV de 9.
- La relación entre el radio vertebral y el ancho de disco fue alométrica positiva, lo que indica que la estructura crece más rápido que el propio organismo.
- Dado el tamaño de la muestra de vértebras y el sesgo en los meses de muestreo, no fue posible determinar la periodicidad de la formación de anillos, quedando tentativamente como anillo anual formado en el mes de febrero.
- Los resultados muestran que el modelo que explica con mayor veracidad el crecimiento de esta raya fue el de Gompertz, en el cual el ancho de disco infinito fue de 31.5 cm, mostrando un crecimiento moderado ($k=0.14$ y $t_0=2.12$).
- No se encontró diferencia significativa en las tallas de madurez al 50% entre hembras (11.4 cm) y machos (12.1 cm), alcanzada a una edad aproximada de dos años.
- Se encontró que la especie tiene baja fertilidad presentando regularmente dos crías por parto, con ambos úteros funcionales.

11.0 GLOSARIO

Anillo de crecimiento: círculo conformado de dos bandas, una hialina y otra opaca que forma una marca de crecimiento.

Ancho de disco: medida de longitud que se refiere a la mayor envergadura que presenta el disco (aletas pectorales).

Año tipo: periodo de tiempo que agrupa los datos de los mismos meses en un solo grupo (mes), aunque pertenezcan a diferentes años, bajo el supuesto que cada mes es característico e igual en cada año.

Batoideos: son los elasmobranquios más evolucionados, presentan reducción de estructuras principalmente en las aletas y en la columna vertebral (sinarcualia).

Bentónico: se refiere a fauna que habita el fondo marino.

Biomasa: Se refiere a la abundancia del stock en unidades de peso.

Captura incidental (Bycatch): Parte de la captura pescada incidentalmente cuando se realiza un esfuerzo pesquero directo, dirigido a capturar una especie objetivo, incluyendo animales que no son objetivo y material inerte. Algo o todo el bycatch que se sube a bordo, puede regresar al mar como descarte, usualmente muerto o agonizando.

Coefficiente de Correlación (R): medida que califica el ajuste entre dos variables: un valor negativo significa que cuando una variable aumenta, la otra disminuye; si el valor es positivo quiere decir que cuando una variable aumenta, la otra también lo hace sin que esto quiera decir que existe una acción directa de una variable sobre la otra. Chale

Coefficiente de determinación (R^2): expresa la fracción de la variabilidad de Y debida a X (o a las X, en el caso multivariado).

Cohorte: conjunto de individuos de una población pertenecientes a la misma generación.

Crecimiento: aumento en el tamaño y biomasa a través del tiempo. El crecimiento está relacionado con el nivel trófico, siendo que crecen más rápido los primeros eslabones.

Crecimiento alométrico: tasa de crecimiento específica de una parte corporal, no tiene una relación constante con la tasa de crecimiento específico de otra parte, por lo que no se presenta una relación lineal, sino que la tasa de crecimiento de una de las partes es mayor que la otra.

Crecimiento isométrico: cuando al crecer, la tasa de crecimiento específica de una parte corporal, guarda una relación constante con la tasa de crecimiento específico de otra parte.

Cúspide: proyección sobre un diente, que se puede presentar en las laterales de éste.

CV: coeficiente de variación, medida de error o de dispersión que muestra los datos que salen de la media, es decir, la proporcionalidad de la desviación.

Depredador clave (especie sombrilla): regula otras poblaciones pero también tiene depredadores.

Demografía: (demos=pueblo, grafos=descripción) ciencia que analiza la estructura y dinámica de las poblaciones.

Demersal: fauna que vive en los fondos marinos.

Densodependencia: cuando la tasa intrínseca de crecimiento depende del tamaño poblacional.

Disco: estructura circular anterior, que abarca la cabeza, el tronco y las aletas pectorales de las rayas y de algunos tiburones con cuerpos dorso-ventralmente aplanados.

Dispositivo reductor de bycatch: cualquier modificación a la red diseñada para reducir la captura del bycatch. Otras modificaciones que pueden reducir el bycatch están incluidas en el sistema de lastre.

Edad: tiempo que ha vivido un ser vivo, generalmente expresado en años.

Elasticidad (resiliencia): capacidad de regresar al estado original después de la perturbación.

Elasmobranquios: peces cartilagosos con branquias en forma alargada, incluye a los tiburones y rayas.

Embrión: organismo en etapa inicial de desarrollo, ya sea dentro del huevo o del útero.

Esclerocronología: estudio de las estructuras calcificadas de los organismos para reconstruir su historia.

Especie: unidad fundamental en la clasificación de los seres vivos, basada en una población de individuos que se reproducen entre sí.

Espina: fuerte estructura insertada en la piel de algunas rayas.

Espiráculo: abertura respiratoria por detrás del ojo de tiburones y rayas.

Fecundidad: número de ovocitos producidos por cada hembra.

Fertilidad a (x): número de crías hembras que nacen por cada madre.

Golfo: porción grande del océano encerrado por puntas o cabos.

Gónada: órganos reproductores que producen los gametos o células sexuales, además de secretar sustancias para la reproducción.

Grupo de talla-edad: grupo o cohorte resultante del análisis de frecuencias de tallas, que representa una posible edad de los individuos contenidos en este grupo.

Heterocedasticidad: cuando los datos presentan diferente varianza, es decir, están desproporcionados con respecto a la media.

Homocedasticidad: cuando los datos se encuentran en la misma área (misma varianza). Igual proporción de desviación con respecto a la media.

Hígado: órgano glandular con actividad metabólica, que participa en la síntesis de proteínas plasmáticas, almacenaje de vitaminas y glucógeno y eliminación de toxinas.

IM: incremento marginal, indica la periodicidad de la formación del anillo de crecimiento, para saber si los anillos se forman cada año o cada cuanto.

Índice de Akaike: índice de criterio de información que mide la calidad relativa de modelos estadísticos. Es un indicador de la información que se pierde por utilizar un modelo en particular, por lo que se utiliza como medida de selección de modelos, buscando los valores mínimos.

Índice de Mortalidad: número de muertes por cada mil, que ocurren en un periodo anual.

Longitud media de madurez sexual: longitud a la cual 50% de los individuos están sexualmente maduros.

Longitud total: línea recta de máxima longitud en un pez.

Madurez sexual: etapa de adecuación en la que se completa la formación de los órganos reproductores.

Máxima verosimilitud: método de ajuste de curvas basado en la verosimilitud estadística de cada punto de la curva, que en su conjunto son tomados como eventos independientes, el método usa la iteración de las constantes de la función hasta encontrar la curva que presente la mayor verosimilitud acumulada, se recomienda usar valores semilla lo más cercano a la realidad biológica del fenómeno a estudiar.

Mortalidad: número de defunciones en cierto periodo de tiempo y espacio.

Morfometría: mediciones realizadas a los organismos para conocer su conformación anatómica particular. En los peces, las longitudes se toman en línea recta, no alrededor de la curva del cuerpo.

Modelación: proceso de extracción de las propiedades del sistema que consideramos esenciales para abordar un problema de investigación. Persigue la descripción de los comportamientos de los objetos que forman el sistema.

Modelo robusto: aquel modelo poco sensible a los errores de medición de las variables o de estimación de los parámetros.

Modelo de 2 Fases: representa a los organismos con crecimiento extremo (lento, rápido), presentan dos fases, existen cambios energéticos dirigidos a la reproducción, donde el punto de inflexión es la madurez sexual. Para iteróparos.

Modelo de von Bertalanffy: caracteriza a los organismos que al nacer crecen rápidamente y que después llegan a un punto de inflexión hasta llegar a una asíntota.

Modelo de Gompertz: representa a los organismos que al inicio tienen un crecimiento lento de posible adecuación, seguido por una segunda etapa de crecimiento rápido donde los individuos ganan la mayor parte de su biomasa, y finalmente otra etapa de crecimiento lento que tiende a la asíntota.

Modelo logístico: es una curva sigmoidea, crecimiento lento al principio, después una fase de aceleración y cuando la población se acerca a la capacidad de carga el crecimiento disminuye hasta llegar a la estabilidad.

Mixopterigios: órganos copuladores pareados, presentes en los machos de los elasmobranchios, con forma alargada y con una hendidura longitudinal que termina en un orificio por donde sale el esperma.

Oviparidad: modalidad de reproducción que incluye el depósito de huevos al medio externo, donde completan su desarrollo antes de la eclosión.

Ovoviviparidad: modalidad de reproducción en la que la madre deposita los huevos dentro de su vientre y estos permanecen dentro del cuerpo de la hembra hasta el momento de la eclosión.

Pesca responsable: Actividades pesqueras que, además de ser sustentables, también proveen a los consumidores con elementos nutritivos de alta calidad que cumplen con estándares apropiados de inocuidad alimentaria.

Pesca sustentable o sostenible: Actividades pesqueras que no causan cambios no deseados en la productividad biológica y económica, biodiversidad, o estructura y funcionamiento del ecosistema desde una generación humana a la siguiente. La pesca es sustentable cuando ésta puede ser conducida por un largo plazo a un nivel aceptable de productividad biológica y económica, sin ocasionar cambios ecológicos que comprometan las opciones de generaciones futuras.

PPE: porcentaje promedio del error, maneja una desviación estándar para ver qué tan diferentes fueron las lecturas de los distintos lectores y así conocer la precisión del conteo de anillos de crecimiento. Se acepta hasta un 20% de error.

Punto de Inflexión de la curva: momento en el cual la tasa de crecimiento deja de aumentar y comienza a disminuir.

Reproducción: proceso biológico por el cual las especies se perpetúan.

Reclutamiento: número de peces de un grupo anual que entra a la fase de explotación del stock en un periodo dado por el proceso de crecimiento de los individuos pequeños.

Retrocálculo: cálculo de longitudes pretéritas.

Resiliencia: capacidad de recuperación de la población después de un evento de estrés.

Resistencia: capacidad del sistema para hacer frente a una perturbación para no cambiar su estructura y dinámica.

Selectividad: Habilidad para capturar animales objetivo seleccionando la especie y la talla durante la operación pesquera, permitiendo que el bycatch escape sin lastimarlo. En la pesca de camarón esto puede ser influenciado por la hora y ubicación de la operación pesquera, el tamaño, diseño y operación del arte de pesca y las prácticas de procesamiento a bordo.

Sensibilidad: grado de alteración del sistema en respuesta a un cambio conocido en alguno(s) de sus componentes. A partir de los análisis de sensibilidad se pueden identificar los componentes más importantes del modelo.

Tabla de vida: tabla estadística que contiene el número de individuos en cada una de las edades, sus probabilidades de supervivencia y sus tasas de fecundidad. La forma en que crecerá la población dependerá de la tasa de supervivencia $S(x)$ en las diferentes edades.

Tasa neta reproductiva (R): número de crías que llega a tener una hembra durante toda su vida.

Tiempo generacional (G): edad promedio de las crías de todos los individuos de la población.

Varianza: medida de dispersión que muestra el área de dispersión de los datos.

Vértebras: cada una de las estructuras que conforman la columna vertebral, unidas por tejido conjuntivo.

Vértebras monospóndilas: los elasmobranquios tienen dos tipos de vértebras, las monospóndilas se extienden desde el condrocráneo, son más largas y tienen una por miotoma.

Vértebras diplospóndilas: las diplospóndilas se extienden en la parte posterior del cuerpo, son más cortas y tienen dos por miotoma. En la mayoría de las especies de tiburones, la transición de vértebras monospóndilas a diplospóndilas comienza por encima de las aletas pélvicas.

Verosimilitud: la máxima probabilidad que se presenta en una distribución de probabilidades y que tiene lugar en la media.

Viviparidad uterina: tipo de ovoviviparidad en el que existe trofonemata para alimentación de los embriones. Las ventajas de este modo reproductivo es que se reduce la tasa de mortalidad (estrategia k) y se asegura la sobrevivencia de crías que son potencialmente viables.

12.0 REFERENCIAS

- Alverson D. L., & M. J. Carney.** 1975 A Graphic review of the growth and decay of population cohorts. *J. Cons. Int. Explor. Mer.* 36 (2): 133-143 p.
- Alvares-Rubio B., F. Amezcua-Linares & M. Alvarez-Rubio.** 1990. Análisis de la diversidad, amplitud y traslape de nicho en la comunidad de peces del sistema Teacapan-Agua Brava, Nayarit, México. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM.
- Amezcua-Linares F.** 1996. Peces demersales de la plataforma continental del Pacífico Central de México. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM-CONABIO. México. 184 p.
- Amezcua-Linares F.** 2008. Peces demersales del Pacífico de México. ICMYL, UNAM, México 281 pp.
- Anderson E. D.** 1990. Fishery models as applied to elasmobranch fisheries: 473-484. En: Pratt H. L. Jr., Gruber S. H. y Taniuchi T. (Eds). *Elasmobranch as living Resources: advances in the biology, ecology systematic, and status of fisheries.* NOAA. Tech. Rep. NMFS. 90 U. S. Dep. of Commerce.
- Anislado-Tolentino V. & C. Robinson-Mendoza.** 2001. Edad y crecimiento del tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffith y Smith, 1834) en el Pacífico central de México. *Rev. Ciencias Marinas.* 127 (4): 501-520 p.
- Araya M. & L. A. Cubillos.** 2006. Evidence of two-phase growth in elasmobranchs. *Environ Biol Fish.* 77: 293-300.
- Au D. W. & S. E. Smith.** 1997. A Demographic Method with Population Density Compensation for Estimating Productivity and Yield per Recruit of the Leopard Shark (*Triakis semifasciata*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science.* 54: 415-420 p.
- Aversa M. I., S. L. Dans, N. A. García & E. A. Crespo.** 2011. Modelos de crecimiento ajustados a datos de largo a la edad de *Dipturus chilensis*. *Revista Chilena de Historia Natural* 84: 33-49.
- Babel J.S.** 1967. Reproduction, life history and ecology of the round stingray, *Urolophus halleri* Cooper. *Fisheries Bulletin of the California Department of Fish and Game.* 137: 1-104.
- Barreto H. & Howland F.** 2006. *Introductory Econometrics via Monte Carlo Simulation with Microsoft Excel.* With a CD program. Cambridge University Press. NY. USA. 753 p.

- Beamish R. J. & D. A. Fournier.** 1981. A method for comparing the precision of a set of age determinations. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*. 38: 982-983.
- Beebe W. y J. Tee-Van.** 1941. Fishes from the tropical eastern Pacific. Rays, mantas and chimaeras. *Zoologica*, N.Y. 26 (3): 245-280.
- Beverton R. J. H., y S. J. Holt.** 1956. A Review of Methods for Estimating Mortality Rates in Fish Populations with Special References to Sources of Bias in Catch Sampling. *Rapp. P. V. Réun. Cons. Int. Explor. Mer.* 140: 67-83.
- Bhattacharya C. G.** 1967. A simple method of resolution of a distribution into gaussian components. *Biometrics*, 23: 115-35.
- Bigelow, H. B. y W. Schroeder.** 1948-1953. Sharks. En: A. E. Parr and Y. H. Olsen (Eds) *Fishes of the Eastern North Atlantic*. Sears Found. Mar. Res. Yale Univ., New Haven. Part 1. p 59. 546.
- Bizarro J. J., W.D. Smith, R. E. Hueter, J. Tyminski, J. F. Márquez-Farías, J. L. Castillo-Géniz, G. M. Cailliet & J. C. Villavicencio-Garayzar.** 2009. El estado actual de los tiburones y rayas sujetos a explotación comercial en el Golfo de California: una investigación aplicada al mejoramiento de su manejo pesquero y conservación. Traducido por Leonardo Castillo-Géniz. *Moss Landing Marine Laboratories Tech. Pub.* 261 p.
- Breder C. M. Jr.** 1928. Elasmobranch from Panamá to lower California. *Bull. Bingham Oceanographic collection*. New York. 2 (1): 1-18.
- Cailliet, G. M.** 1990. Elasmobranch age determination and verification: an updated review, in elasmobranchs as living resources: *Advances in the Biology, Ecology, Systematics, and the Status of the Fisheries*, W. S. Pratt, Jr., S. H. Gruber, and T. Taniuchi, Eds., *NOAA Tech. Rep.* 90:157–165.
- Cailliet G. M.** 1992. Demography of central California population of the leopard shark *Triakis semifasciata*. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*.43:183-193.
- Cailliet G. M., A. H. Andrews, E. J. Burton, D. L. Watters, D. E. Kline & L. A. Ferry-Graham.** 2001. Age determination and validation studies of marine fishes: Do Deep-Dwellers Live Longer Exp. *Gerontol.* 36: 739-764.
- Camhi M. & J. Musick.,** 1998. Sharks on the line. *Wave.* 9 (1): 1-12.
- Campana S. E.** 2001. Accuracy, precision and quality control in age determination, including review of the use and abuse of age validation methods. *Journal of Fish Biology.* 59: 197–242 p.

Carruters E. H. & Neis B. 2011. Bycatch mitigation in context: Using qualitative interview data to improve assessment and mitigation in a data-rich fishery. *Biological Conservation* 144: 2289-2299.

Castellanos-Cendales L. 2010. Hábitos alimenticios de *Urobatis halleri* y *Urotrygon chilensis* (Chondrichthyes: Urolophidae), en Sinaloa, México. Tesis de maestría. UNAM, Instituto Nacional de Pesca-CRIP-Mazatlán. Ciencia, Tecnología e Innovación para el desarrollo de México.

Casey J. M. & R. A. Myers. 1998. Near extinction of a large, widely distributed fish. *Science*. 281: 690-692.

Castro, J. I. & J. P. Wourms. 1993. Reproduction, placentation, and embryonic development of the Atlantic Sharpnose Shark, *Rhizoprionodon terraenovae*. *Journal of Morphology*. 218:257-280.

Castro J. I. 1983. The sharks of north american waters. Texas A & M. University Press, College Station, Texas. 179 p.

Castro-Aguirre, J. L. & H. Espinosa-Pérez. 1996. Listado faunístico de México. VII. Catálogo sistemático de rayas y especies afines de México (Chondrichthyes: Elasmobranchii: Rajiformes: Bateoideiomorpha). México. Instituto de Biología-UNAM. 75 p.

Caswell, H. 2001. Matrix population models. Sinauer Associates, Inc., Sunderland Massachusetts.

Cervigón F. M. 1966. Los peces marinos de Venezuela. Volumen I/II. Fundación La Salle de Ciencias Naturales, Caracas.

Chapman, D. G. 1961. Statistical problems in dynamics of exploited fisheries populations. En: Neyman, J. (Ed), Proc. 4th Berkeley Symp. on Mathematics, Statistics and Probability, Vol. IV. University of California Press, Berkeley. 153-168 p.

Compagno L. J. V. 1984. Species Catalogue. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of sharks species known to date. FAO. Fish. Synop., Vol. 4. No. 125. United Nations Development Programme/Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Compagno L. J. V., D. A. Ebert y M. J. Smale. 1989. Guide to the shark and rays of southern Africa. Struik Publisher, Cape Town. 160 p.

Cortés E. 1995. Demographic analysis of the Atlantic sharpnose shark, *Rhizoprionodon terraenovae*, in the Gulf of Mexico. U.S. Fish Wild. Serv. Fishery Bulletin. 93: 57-66.

Cortés, E. 2000. Life history patterns and correlations in sharks. *Reviews in Fisheries Science*. 8(4): 299-344 p.

Conrath C. L., J. Gelsleichter & J. A. Musick. 2002. Age and growth of the smooth dogfish (*Mustelus canis*) in the northwest Atlantic ocean. *Fish. Bull.* 100: 674-682.

Cochrane K. L. 2005. Guía del administrador pesquero. Medidas de ordenación y su aplicación. Documento técnico de pesca. Capítulo 2. FAO. Departamento de pesca. Instituto de investigación marina. Noruega. 424 p.

Daimond J. M. 1989. The present, past and future of human-caused extinction's. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.* 325: 469-477.

Davis C. D., G. M. Cailliet & D. A. Ebert. 2007. Age and growth of the rough-tail skate *Bathyraja trachura* (Gilbert 1892) from the eastern North Pacific. *Environ. Biol. Fish.* 80: 325-336.

Deakin M. 1970. Gompertz curves, allometry and embryogenesis. *Bulletin of Mathematical Biophysics* 32 (3): 445-452.

Duarte P. N., A. A. Silva, G. M. Menezes & R. M. Pinho. 2001. Staining techniques for ageing tope shark, *Galeorhinus galeus* (Linnaeus, 1758), from the Azores: a comparison based on precision analysis. *Archipelago. Life and Marine Sciences.* 18:65-74.

Dulvy N. K. & J. D. Reynolds. 2002. Predicting extinction vulnerability in skates. *Conservation Biology.* 16 (2): 440-450.

Eayrs S. 2007. Guía para reducir la captura de fauna incidental (bycatch) en las pesquerías por arrastre de camarón tropical. FAO, Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Roma. 110 p.

FAO. 1999. Informe del grupo técnico de trabajo de la FAO sobre la conservación y ordenación del tiburón. Tokio, Japón, 23-27 de abril de 1998. *FAO Informe de Pesca.* No. 583. Roma, FAO. 1999. 30 p.

FAO. 2001. La ordenación pesquera. 1. Conservación y ordenación del tiburón. FAO. Orientaciones Técnicas Para La Pesca Responsable. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Roma. 66 p.

Ferreira B. P. & C. M. Vooren. 1991. Age, growth, and structure of vertebra in the school shark *Galeorhinus galeus* (Linnaeus, 1758) from southern Brazil. *Fishery Bulletin.* 89 (1): 19-31.

Fisher, W., Krupp, F, Schneider, W. Sommer, C. Carpenter, K.E. & Niem, V. H. 1995. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro-Oriental. Vol. II. Vertebrados, Parte 1. Roma. 647-1200 p.

Fowler Henry W. 1941 Contributions to the biology of the Philippine archipelago and adjacent regions. *Bull. 100 U. S. nat. mus.* 13: 290-324.

- Francis R. I. C. C.** 1990. Back- calculation of fish length: a critical review. *J. Fish. Biol.* 36: 883-902.
- Frisk M. G., T. J. Miller, & M. J. Fogarty.** 2001. Estimation and analysis of biological parameters in elasmobranchs fishes: a comparative life history study. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 58: 969–981.
- Froese, R. & D. Pauly.** 2009. Fish Base. World Wide Web electronic publication. Sitio: www.fishbase.org, version (11/2009).
- Gallagher M. J., M. J. Green & C. P. Nolan.** 2006. The potential use of caudal thorns as a non-invasive ageing structure in the thorny skate (*Amblyraja radiata* Donovan, 1808). *Environ Biol Fish.* 77: 265-272.
- Garman S. W.** 1913. The Plagiostomia (sharks, skates and rays). *Memoirs of Harvard Museum of Comparative Zoologie* 36: 1-528.
- Gburski C. M., S. K. Gaichas & D. K. Kimura.** 2007. Age and growth of big skate (*Raja binoculata*) and longnose skate (*R. rhina*) in the Gulf of Alaska. *Environ. Biol. Fish.* 80: 337-349.
- Gompertz B.** 1825. On the nature of the function expressive of the law of human mortality, and on a new mode on determining the value of live contingencies. *Philosophical transactions of the royal society of London.* 115: 513-585.
- Guerra-Sierra A. & J. L. Sánchez-Lizaso.** 1998. Fundamentos de explotación de recursos vivos marinos. Ed. ACRIBIA. España. 249 p.
- Guitart, D.J.** 1974. Sinopsis de los peces marinos de Cuba. I. Academia de Ciencias de Cuba: 1-121.
- Gulland, J.A., & S.J. Holt.** 1959. Estimation of growth parameters for data at unequal time intervals. *J. Cons. CIEM*, 25 (1): 47-9 p.
- Gulland, J. A.** 1969. Manual of methods for fish stock assessment. Part 1: Fish population analysis. *FAO Manual of Fisheries Science.* 4: 154 p.
- Gulland J. A.** 1971. The fish resources of oceans. *FAO. Fishing New Books. LTD.* Surrey England.
- Guzmán-Castellanos A. B.** 2010. Estudio del Contenido Estomacal de la Raya *Urotrygon chilensis* (Günther, 1871) (Myliobatiformes: Urolophidae) en el Golfo de Tehuantepec, México. Tesis de maestría. IPN. CIIDIR-IPN/CICIMAR-IPN Baja California Sur.
- Haddon M.** 2011. Modelling and quantitative methods in fisheries. *Secon Chapman and Hall Book, CRC Press.* Florida 449 p.

Hamlett W. C. 2005. Reproductive biology and phylogeny of Chondrichthyes. Sharks, Batoids and Chimaeras. Science Publishers, INC. Notre Dame, Indiana. 575 p.

Hewitt, D. A. & J. M. Hoening. 2005. Comparison of two approaches for estimating natural mortality based on longevity. Fishery Bulletin 103(2): 433-437 p.

Heppell S. S., S. A. Heppell, A. J. Read & L. B. Crowder. 2005. Marine conservation biology: the science of maintaining the sea's biodiversity. BookMatters. Berkeley. 470 p.

Hilborn R. & C. J. Walters. 1992. Quantitative fisheries stock assessment: Choice, dynamics and uncertainty. Chapman and Hall, New York. 570 p.

<http://www.fishbase.org>. Consultado en marzo del 2013.

[http:// www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx). Consultado en septiembre del 2013.

Hildebrand S. F. 1946. A descriptive catalog of the shore fishes of Peru. Bulletin of the United States National Museum. 189: 1-530.

Hoening J. M. & S. H. Gruber. 1990. Life-history patterns in the elasmobranchs: implications for fisheries management. En: Pratt H., L., Jr., Gruber S., H. y Taniuchi T. (Eds). Elasmobranch as living resources: Advances in the biology, ecology, systematics, and status of fisheries. NOAA. Tech. Rep. NMFS. 90 U. S. Dep. of Commerce. 1-16 p.

INAPESCA. 2006. Sustentabilidad y pesca responsable en México: evaluación y manejo. SAGARPA, Instituto Nacional de Pesca. México. 544 p.

Ishihara H. 1990. The skates and rays of the western north Pacific an overview of their fisheries utilization and classification. En: H. L. Pratt Jr., S. H. Gruber & T. Taniuchi (eds.) Elasmobranchs as living resources: Advances in the biology, ecology, systematic and the status of the fisheries. NOAA Tech. Rep. 90, Tokyo. 485- 497.

Jordan P. S. y B. W. Evermann. (1896-1900). The fishes of north and middle America: a descriptive catalogue of the species of fish-like vertebrates found in waters of North America, North isthmus of Panama. Bull. U. S. Natl. Mus. 47 (part I-IV): 1-3313.

Kobelkowsky. 2010. Anatomía comparada del sistema digestivo de las rayas *Urotrygon chilensis* y *Dasyatis sabina* (Myliobatiformes). Revista Chilena de Historia Natural 83 (3): 387-394 p.

Krebs C. J., 1994. Ecology. The Experimental analysis of distribution and abundance. Fourth Edition. Harper Collins Collage Publishers. 810 p.

Lai H. L. & H. C. Liu. 1979. Age determination and growth of red snapper (*Lutjanus sanguinius*) in the North Australian waters. Acta Ocean. Taiwanica. 10: 160-170.

- Márquez F. J. F., J. L. Castillo G. & M. C. Rodríguez de la Cruz.** 1998. Demografía del cazón pech, *Sphyrna tiburo* (Linnaeus, 1758), en el sureste del Golfo de México. *Ciencias Marinas*. 24 (1): 13-34 p.
- Márquez-Farías J. F.** 2002. The artisanal ray fishery in the Gulf of California: development, fisheries research and management issues. IUCN Shark specialist group. *Shark News*. 14: 1-5.
- Medawar P. B. & J.S. Medawar.** 1996. De Aristóteles a Zoológicos. Un diccionario filosófico de biología. Fondo de cultura económica. México. 298 p.
- Medina-Bautista J.** 2011. Elasmobranchios capturados por la pesquería de arrastre camaronero en el Golfo de Tehuantepec. Tesis de licenciatura. Universidad de Mar. 107 p.
- Meek S. E. y S. F. Hildebrand.** 1923-1928. The marine fishes of Panama. *Field. Mus. Nat. Hist. (Zool.)* 15: 1045 p.
- Mollet H. F.** 2002. Distribution of the pelagic stingray, *Dasyatis violacea* (Bonaparte, 1832), off California, central America, and worldwide. *Marine Freshwater Review* 53: 525–530.
- Musick John A., J. C. Desfosse, J. C. Wilk, S. McMillan y E. Grogan.** 1996. Historical Comparison of the Structure of Demersal Fish Communities Near a Deep-Sea Disposal Site in the Western North Atlantic. *J. Marine Env. Eng.* 3: 149–71.
- Musick J. A.** 1999. Criteria to define extinction risk in marine fishes. *Fisheries*. 24 (12): 6-4.
- Natanson L. J., J. A. Sulikowski, J. R. Kneebone & P. C. Tsang.** 2007. Age and growth estimates for the mouth skate *Malacoraja senta* in the Gulf of Maine. *Environ. Biol. Fish.* 2: 293-308.
- Neer J. A.** 2008. The biology and ecology of the pelagic stingray, *Pteroplatytrygon violacea* (Bonaparte, 1832). En: Camhi M. D., E. K. Pikitch, E. A. Babcock (Eds.), *Sharks of the open ocean: Biology fisheries and conservation*. Blackwell Publishing, Oxford. 152–159.
- Nelson J. S.** 2006. *Fishes of the world*. 4th edition. WILEY. Canadá. 622 p.
- Ordoñez J.** 2004. Aspectos reproductivos y alimenticios de la raya pinta *Urotrygon chilensis* (Gunther, 1871) (Pisces: Urolophidae) en el Pacífico Central Mexicano. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. 62 p.
- Otake T.** 1990. Classification of reproductive modes in sharks with comments on female reproductive tissues and structures. En: H.L. Pratt, Jr., S.H. Gruber & T. Taniuchi (eds.), *Elasmobranchs as living re- sources: advances in the biology, ecology, systematic and the status of the fisheries*. NOAA Tech. Rep. NMFS. 111-130.

- Pauly D.** 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameter and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *J. Const. Int. Explor. Mer.* 39 (3): 175-192.
- Pauly D. & J. L. Munro.** 1984. Once more on the comparison of growth in fish and invertebrates. *Fishbyte* 2: 21 p.
- Pauly D.** 1984. Fish Population Dynamics in Tropical Waters: a manual for use with programmable calculators. *ICLARM Studies and Reviews* 8. 325 p.
- Piovano, S., Cló S. & Giacoma C.** 2010. Reducing longline bycatch: The larger the hook, the fewer the stingrays. *Biological Conservation* 143: 261–264 p.
- Pratt, H. L. Jr.** 1988. Elasmobranch gonad structure: a descriptive survey. *Copeia*. (3): 719-729 p.
- Pratt H. L. Jr. & J. I. Castro.** 1990. Shark reproduction: parental investment and limited fisheries, an overview. En: *Discovering Sharks* (Gruber, S. H. Ed.). *Underwater Naturalist*. 20 (1): 56-60.
- Pratt, Jr. H. L., Gruber S. H. & Taniuchi T.** 1990. Elasmobranchs as Living Resources: Advances in the Biology, Ecology, Systematics, and the Status of the Fisheries. NOAA Technical Report NMFS 90. 518 p.
- Reva Berman & D. R. Brooks.** 1994. *Escherbothrium molinae* n. gen. et n. sp. (Eucestoda: Tetraphylliidea: Triloculariidae) en *Urotrygon chilensis* (Chondrichthyes: Myliobatiformes: Urolophidae) from the Gulf of Nicoya, Costa Rica. *J. Parasitology*. 80 (5): 775-780 p.
- Ricker W. E.** 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull. Fish. Res. Board Can.* (191): 382 p.
- Roberts C. M. & J.P. Hawkins.** 1999. Extinction risk in the sea. *Trends in Ecology and Evolution* 14: 241-246 p.
- Robertson D. R. & G. R. Allen.** 2002. Peces costeros del Pacífico Oriental Tropical: Un sistema de información. Smithsonian Tropical Research Institute. Panamá. ISBN: 9962-614-02-3.
- Roedel P. M. & W. E. Ripley.** 1950. California sharks and rays. *Calif. Fish Game, Fish Bull.* 75, 88 p.
- Roff D. A.** 1984. The evolution of life history parameters in teleosts. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*. 41: 989-1000.
- Rose K. A., J. H. Cowan Jr., K.O. Winemiller, R. A. Myers & R. Hilborn.** 2001. Compensatory density dependence in fish populations: importance, controversy, understanding and prognosis. *FISH and FISHERIES*. 2: 293–327.

- Rubio-Lozano M. S.** 2009. Aspectos reproductivos de la raya *Urotrygon chilensis* (Günther, 1871) en las costas de Sinaloa, México. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. 75 p.
- SAGARPA.** 2007. Norma oficial mexicana NOM-029-PESC-2006, pesca responsable de tiburones y rayas. Especificaciones para su aprovechamiento. Diario oficial de la Federación. Miércoles 14 de febrero de 2007. Primera sección. 44 p.
- Salgado-Ugarte I. H., J. L. Gómez-Márquez & B. Peña-Mendoza.** 2005. Métodos actualizados para análisis de datos Biológico-Pesqueros. Facultad de estudios superiores, Zaragoza. UNAM. México. 240 p.
- SEMARNAT.** 1997. NOM-002-PESC-1993. Para ordenar el aprovechamiento de las especies de camarón en aguas de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos.
- Sarmiento Náfate, S.** 2008. Alternativas para reducir la captura incidental en la pesca de arrastre del camarón, en el Golfo de Tehuantepec, México. Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Nayarit, 79 p.
- Silva-Nicolás y Torres-Huerta.** 2008. Distribución, abundancia y variación intraespecífica en la morfología externa de la raya chilena (*Urotrygon chilensis*) en el Golfo de Tehuantepec, México. En: III Simposium nacional de tiburones y rayas. Facultad de Ciencias, UNAM, SOMEPEC. 252 p.
- Simpfendorfer, C. A.** 1998. Mortality estimates and demographic analysis for the Australian sharpnose shark, *Rhizoprionodon taylori*, from northern Australia. Fishery Bulletin. 97: 978-986.
- Sparre P.** 1997. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales, Parte 1: Manual FAO, Roma, 420 p.
- Stehmann M. F. W.** 2002. Proposal of a maturity stages scale for oviparous and viviparous cartilaginous fishes (Pisces, Chondrichthyes). Archive of Fishery and Marine Research. 50 (1): 23-48 p.
- Sulikowski J. A., J. R. Kneebone, S. Elzey, J. Jurek, P. D. Danley, W. H. Howell y P. C. W. Tsang.** 2005. Age and growth estimates of the thorny skate (*Amblyraja radiata*) in the western Gulf of Maine. Fish. Bull. 103:161-168.
- Tapia-García M.** 2007. El Golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México. 240 p.
- Taylor, C. C.** 1960. Temperature, growth and mortality-the Pacific clocker. J. Conseil. 177: 124-261 p.

- Torres-Huerta A. M.** 2012. Peces batoideos de la plataforma continental del Golfo de Tehuantepec. Universidad del Mar. Instituto de Recursos. Informe Final SNIB-CONABIO. Proyecto HJ031. México, D.F. 68 p.
- Torres-Palacios K.** 2010. Técnicas morfométricas aplicadas al estudio taxonómico de rayas espinosas americanas del género *Urotrygon* (Batoidea: Urotrygonidae), del Pacífico Centro-Sur Colombiano. Universidad del Valle, Colombia. Tesis de Licenciatura. 78 p.
- Villavicencio-Garayzar, C.** 1991. Observación de *Mobula munkiana* (CHONDRICHTYES: MOBULIDAE) en la Bahía de la Paz, Baja California Sur, México. Revista de Investigación Científica 2(2): 78-81.
- Villavicencio-Garayzar, C.** (1993a). Notas sobre *Gymnura marmorata* (PISCES: DASYATIDAE) en Bahía Almejas, B.C.S., México. Revista de Investigación Científica 3(1): 91-94.
- Villavicencio-Garayzar, C.** (1993b). Observaciones sobre la abundancia y biología reproductiva de *Narcine brasiliensis* (Pises: Torpenidae) en Bahía Almejas, Baja California Sur, México. Revista de Investigación Científica 3(1): 95-99.
- Villavicencio- Garayzar, C.** (1993c). Biología reproductiva de *Rhinobatos productus* (Pises: Rinobatidae), en Bahía Almejas, Baja California Sur, México. Revista de Biología Tropical, 41(3): 777-782.
- Villavicencio-Garayzar C.** 1995. Observaciones sobre la biología reproductiva de *Narcine brasiliensis* (Olfers) (Pisces: Narcinidae), en la bahía Almejas, B.C.S. México. Rev. Inv. Cient., 4 (1): 95-99.
- Villavicencio- Garayzar, C.** 1996. Tallas, proporción de sexos y reproducción de *Myliobatis californica* y *M. longirostris* (Pises: Myliobatidae) en Baja California Sur, México. Revista de Biología Tropical, 43(2): 291-295.
- Villavicencio-Garayzar C. J.** 2000. Taxonomía, abundancia estacional, edad y crecimiento y biología reproductiva de *Narcine entemedor* Jordan y Starks (Chondrichthyes; Narcinidae), en bahía Almejas, B. C. S., México. Tesis doctoral. UANL. 138 p.
- Walford L. A.** 1935. The sharks and rays of California. Calif. Div. Fish and Game, Fish. Bull. 45: 1-66.
- Walker T. I.** 1992. Fishery simulation model for sharks applied to the gummy shark, *Mustelus antarcticus* Günther, from Southern Australian Waters. Australian Journal of Marine and Freshwater Research. 43: 195-212.
- Walker T. I.** 2005. Reproduction in fisheries science. En: **Hamlett W. C.** Reproductive biology and phylogeny of Chondrichthyes. Sharks, Batoids and Chimaeras. Science Publishers, INC. Notre Dame, Indiana. 575 p.

White W. T., C. Bartron & I. C. Potter. 2008. Catch composition and reproductive biology of *Sphyrna lewini* (Griffith & Smith) (Carcharhiniformes, Sphyrnidae) in Indonesian waters. The Fisheries Society of the British Isles, Journal of Fish Biology. 72: 1675-1689. <http://www.blackwell-synergy.com>.

Zar J. H. 2010. Biostatistical analysis. Fifth Edition. New Jersey. Pearson Prentice Hall. 994 p.