



CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
DEL NOROESTE, S.C.

Programa de Estudios de Posgrado

APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE MODELOS
MÚLTIPLES EN LA EVALUACIÓN DEL
CRECIMIENTO INDIVIDUAL DEL CHANO
(*Micropogonias megalops*, GILBERT 1890) EN EL
NORTE DEL GOLFO DE CALIFORNIA

TESIS

Que para obtener el grado de

Maestro en Ciencias

Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales
(Orientación Biología Marina)

Presenta

EDGAR ARNOLDO ARZOLA SOTELO

Guaymas, Sonora, octubre del 2013.

ACTA DE LIBERACION DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B. C. S., siendo las 10 horas del día 24 del Mes de septiembre del 2013, se procedió por los abajo firmantes, miembros de la Comisión Revisora de Tesis avalada por la Dirección de Estudios de Posgrado del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., a liberar la Tesis de Grado titulada:

“APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE MODELOS MÚLTIPLES EN LA EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO INDIVIDUAL DEL CHANO (*Micropogonias megalops*, GILBERT 1890) EN EL NORTE DEL GOLFO DE CALIFORNIA”

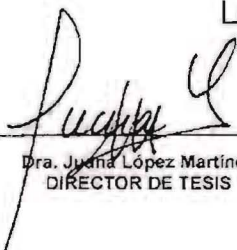
Presentada por el alumno:

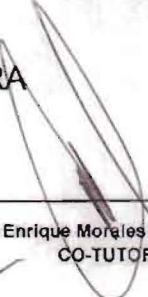
Edgar Arnoldo Arzola Sotelo

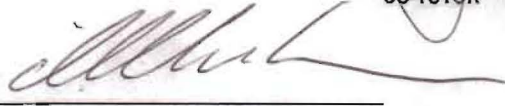
Aspirante al Grado de MAESTRO EN CIENCIAS EN EL USO, MANEJO Y PRESERVACION DE LOS RECURSOS NATURALES CON ORIENTACION EN **Biología Marina**

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron su **APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA


Dra. Juana López Martínez
DIRECTOR DE TESIS


Dr. Enrique Morales Bojórquez
CO-TUTOR


Dr. Daniel Bernardo Lluch Cota
CO-TUTOR


DRA. ELISA SERVIERE ZARAGOZA,

COMITÉ TUTORIAL

Dra. Juana López Martínez

Director de tesis

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR)

Dr. Enrique Morales Bojórquez

Co-tutor

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR)

Dr. Daniel Bernardo Lluch Cota

Co-tutor

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR)

COMITÉ REVISOR DE TESIS

Dra. Juana López Martínez

Director de tesis

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR)

Dr. Enrique Morales Bojórquez

Co-tutor

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR)

Dr. Daniel Bernardo Lluch Cota

Co-tutor

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR)

JURADO DE EXAMEN DE GRADO

Dra. Juana López Martínez

Director de tesis

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR)

Dr. Enrique Morales Bojórquez

Co-tutor

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR)

Dr. Daniel Bernardo Lluch Cota

Co-tutor

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR)

Dra. Dana Isela Arizmendi Rodríguez

Suplente

Centro Regional de Investigación Pesquera, INAPESCA

RESUMEN

Se analizó el crecimiento individual del chano *Micropogonias megalops* (Gilbert 1890) en el Norte del Golfo de California aplicando la teoría de modelos múltiples. Para ello se colectaron muestras de chano en las pesquerías comerciales de la zona durante 2010-2012. El tipo de crecimiento de los individuos fue obtenido a través de un análisis de isometría aplicando la prueba t de Student. Se obtuvo la longitud total media de las cohortes presentes en el estudio a través de un análisis multinomial. Se asignaron edades a un total de 1450 individuos con la utilización de una clave edad-longitud de la especie. Para el análisis de crecimiento se utilizaron 4 modelos: el de von Bertalanffy (MCVB), Gompertz, Logístico y Schnute. Los parámetros de cada modelo fueron ajustados siguiendo un algoritmo de máxima verosimilitud y sus intervalos de confianza (95%) se obtuvieron a través de perfiles de verosimilitud. Para la selección del mejor modelo se utilizó el criterio de información de Akaike (AIC) y el peso ponderado de Akaike (w_i). De acuerdo al análisis realizado, el chano presentó un crecimiento de tipo isométrico. Se lograron identificar un total de 29 cohortes en las muestras comerciales durante el periodo de estudio. Según AIC existen dos modelos dentro de los candidatos que describieron de mejor manera el crecimiento de *M. megalops*; el MCVB ($w_i = 72.8\%$) y el modelo de Schnute ($w_i = 26.8\%$). Las bases fisiológicas que soportan al MCVB para describir el crecimiento son las mismas que propone el modelo de Schnute con el caso de solución 1 que presentó. El principio de parsimonia posicionó al MCVB como el modelo que mejor describe el fenómeno en la especie al condenar el mayor número de parámetros en la ecuación de Schnute. El modelo de Gompertz ($w_i = 0.33\%$) y Logístico ($w_i = 0.005\%$) no estuvieron soportados por los datos analizados para describir el crecimiento del chano. De acuerdo a la inferencia multimodelo se obtuvo un modelo promedio, ya que no hubo un modelo entre los puestos a prueba con $w_i > 90\%$. Esto se hizo utilizando los valores de L_{inf} de los cuatro modelos candidatos y sus respectivos pesos ponderados de Akaike (w_i). El valor de L_{inf} del modelo promedio fue 428.7 mm LT (I.C. 95%, 396.8-460.6). Se concluye que la utilización de modelos múltiples, así como del criterio de información de Akaike (AIC) brindó un estimado de crecimiento fuerte para la especie, y que el mejor modelo de acuerdo a las bases biológicas, mejor ajuste, parsimonia y precisión fue el MCVB.

Palabras clave: Modelos de crecimiento, AIC, *Micropogonias megalops*, Pesquerías, NGC.

ABSTRACT

We analyzed the individual growth of bigeye croaker *Micropogonias megalops* (Gilbert 1890) in the Northern Gulf of California applying the theory of multiple models. The bigeye croaker samples were collected in commercial fisheries in the area during 2010-2012. The growth rate of individuals was obtained through an analysis of isometry applying Student's t test. We obtained the average total length present in the study cohort through multinomial analysis. Ages were assigned to a total of 1,450 individuals using an age-length key of the species. The growth analysis was made by mean of 4 models: the von Bertalanffy (VBGM), Gompertz, logistic and Schnute. The parameters of each model were adjusted following a maximum likelihood algorithm and confidence intervals (95%) were obtained through likelihood profiles. To select the best model we used the Akaike's information criterion (AIC) and Akaike's weight (w_i). According to analysis, the bigeye croaker showed growth was isometric. Were able to identify a total of 29 commercial samples cohort during the study period. According AIC two models within the candidates to better describe the growth of *M. megalops*, the VBGM ($w_i = 72.8\%$) and Schnute model ($w_i = 26.8\%$). Supporting the physiological basis for describing the growth VBGM are the same as the model proposed Schnute with the case presented by solution 1. The principle of parsimony positioned the VBGM as the model that best describes the phenomenon in the species to condemn more parameters in Schnute equation. The Gompertz model ($w_i = 0.33\%$) and Logistics ($w_i = 0.005\%$) we were supported by the data analyzed to describe the growth of bigeye croaker. According to the multi-model inference an average model was obtained, since there was no model among tested with $w_i > 90\%$. This was done using L_{inf} values for the four candidate models and their respective Akaike's weights (w_i). The L_{inf} average model value was 428.7 mm TL (95% CI, 396.8-460.6). We conclude that the use of multiple models and the Akaike's information criterion (AIC) provided a strong growth estimate for the species, and that the best model according to the biological basis, best fit, parsimony and accuracy was the VBGM.

Keywords: growth models, AIC, *Micropogonias megalops*, Fisheries, NGC.

DEDICATORIA

A toda mi familia, que siempre me han apoyado emocionalmente para cumplir las metas que me propongo en la vida.

A mi madre, quien siempre se ha esforzado por sacar a la familia adelante, un ejemplo de lucha que admiro, respeto y quiero mucho.

A mi padre, que siempre me da ánimos para estudiar, para que me supere como persona y como profesional.

A mis hermanos que con su cariño me dan motivación para seguir adelante.

A mis tíos, Evangelina y Melchor, quienes siempre me han apoyado emocional y económicamente, a quienes tengo una gran admiración, cariño y respeto.

Nunca olvidaré el consejo que me dieron: “La mejor herencia que te pueden dejar tus padres, no es dinero, es la educación”.

A todos mis amigos, quienes siempre estuvieron ahí en las buenas y en las malas.

Muchas gracias.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios de maestría en su programa.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico brindado a través de la beca de Maestría (No. 413187).

A la Dra. Juana López Martínez, por todo su apoyo y confianza para realizar este trabajo de investigación, por su tiempo y por compartirme conocimiento, mi admiración y respeto.

Al Dr. Enrique Morales Bojórquez, por su conocimiento compartido, por su paciencia y gran apoyo para realizar esta tesis.

Al Dr. Daniel Bernardo Lluch Cota, por los consejos y sugerencias que fueron muy valiosas y que nutrieron fuertemente esta tesis.

Agradezco a los proyectos CIBNOR 895-1 y EP12, así como al proyecto PRODUCE Sonora 2010-2011 y 2011-2012, por permitirme formar parte de ellos con este trabajo de investigación.

A todo el personal técnico del laboratorio de Ecología pesquera del CIBNOR, unidad Sonora, campus Guaymas, en particular a la M.C. Eloisa Herrera Valdivia por su gran apoyo al permitirme hacer uso de las instalaciones y equipo, lo cual fue pieza fundamental para obtener los datos que sustentan esta tesis.

Agradezco a todo el personal del CIBNOR, desde el que opera en oficinas, biblioteca, centro de cómputo, laboratorios, mantenimiento, compañeros estudiantes e investigadores, de todos me quedó algo que influyó en este trabajo de investigación.

CONTENIDO

	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	4
2.1 Características generales del chano <i>Micropogonias megalops</i>	4
2.2 Distribución y abundancia del chano <i>Micropogonias megalops</i>	5
2.3 Alimentación y reproducción del chano <i>Micropogonias spp.</i>	6
2.4 Estructura poblacional del chano <i>Micropogonias megalops</i>	7
2.5 Crecimiento.....	7
2.6 Modelos de crecimiento individual.....	8
2.6.1 Modelo de crecimiento de von Bertalanfy (1938).....	10
2.6.2 Modelo de crecimiento de Gompertz (1825).....	11
2.6.3 Modelo de crecimiento Logístico (Verhulst 1839).....	12
2.6.4 Modelo de crecimiento de Schnute (1981).....	12
2.7 Crecimiento del chano <i>Micropogonias spp.</i>	13
2.8 Crecimiento del chano <i>Micropogonias megalops</i>	15
3. JUSTIFICACIÓN	17
4. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	18
5. HIPÓTESIS	19
6. OBJETIVOS	20
6.1 Objetivo general.....	20
6.2 Objetivos específicos.....	20
7. MATERIALES Y MÉTODOS	21
7.1 Área de estudio.....	21
7.2 Trabajo de campo y laboratorio.....	21
7.3 Análisis de datos.....	23
7.3.1 Relaciones biométricas.....	23
7.3.2 Prueba de isometría.....	24
7.3.3 Estructura de tallas y análisis multinomial.....	24
7.3.4 Tablas de edad-talla.....	26
7.3.5 Estimación de parámetros y curvas de crecimiento.....	28

7.3.6 Perfiles de los parámetros de crecimiento.....	31
7.3.7 Selección del modelo de crecimiento.....	32
8. RESULTADOS.....	35
8.1 Relaciones biométricas.....	35
8.2 Prueba de isometría.....	37
8.3 Estructura de tallas y análisis multinomial.....	38
8.4 Tablas de edad-talla.....	48
8.5 Parámetros y curvas de crecimiento.....	51
8.6 Perfiles de verosimilitud.....	55
8.7 Selección del modelo de crecimiento.....	60
9. DISCUSIÓN.....	63
10. CONCLUSIONES.....	72
11. LITERATURA CITADA.....	74

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. <i>Micropogonias megalops</i> , Gilbert 1890, “chano, berrugata o curvina ojo grande”. (Tomado de Fischer <i>et al.</i> , 1995).	1
Figura 2. Clasificación taxonómica del chano <i>Micropogonias megalops</i> . Vista lateral (Tomado de: Fischer <i>et al.</i> , 1995; Nelson, 2006).	4
Figura 3. Distribución del chano, <i>Micropogonias megalops</i> , Gilbert 1890 (puntos amarillos), en el Pacífico mexicano. Tomado y modificado de www.iobis.org/es .	5
Figura 4. Zona de estudio y ubicación de los lances realizados durante la pesca de arrastre en el 2010 en el Norte del Golfo de California (NGC).	22
Figura 5. Mediciones tomadas del chano <i>Micropogonias megalops</i> en campo y laboratorio. Longitud total en mm (LT): inicio de la boca a final de aleta caudal (línea llena). Longitud Patrón en mm (LP): inicio de la boca a inicio de la aleta caudal (línea punteada).	23
Figura 6. Relación longitud-peso (LT-PT) del chano <i>Micropogonias megalops</i> del periodo 2010-2012 en el NGC.	36
Figura 7. Relación longitud-peso (LP-PT) del chano <i>Micropogonias megalops</i> del periodo 2010-2012 en el NGC.	36
Figura 8. Relación longitud total-longitud patrón (LT-LP) del chano <i>Micropogonias megalops</i> del periodo 2010-2012 en el NGC.	37
Figura 9. Estructura de tallas del chano <i>Micropogonias megalops</i> obtenidos a través de la pesca industrial durante diciembre del 2010 en el NGC.	38
Figura 10. Estructuras de tallas del chano <i>Micropogonias megalops</i> obtenidos a través de la pesca industrial durante marzo-abril (arriba) y octubre-diciembre (abajo) del 2011 en el NGC.	39
Figura 11. Estructuras de tallas del chano <i>Micropogonias megalops</i> obtenidos a través de la pesca industrial durante enero-marzo (arriba) y artesanal durante marzo-abril (abajo) del 2012 en el NGC.	40
Figura 12. Estructura de tallas global del chano <i>Micropogonias megalops</i> obtenido a través de la pesca industrial (2010-2012) y artesanal (2012) en el NGC.	41

Figura 13.	Análisis multinomial de las estructuras de tallas de chano <i>Micropogonias megalops</i> presentes por meses en la pesca industrial y la pesca artesanal* durante el periodo de estudio en el NGC.	42
Figura 14.	Análisis multinomial de la estructura de tallas general del chano <i>Micropogonias megalops</i> 2010-2012 en el NGC.	43
Figura 15.	Longitud total media en mm de las cohortes del chano <i>Micropogonias megalops</i> identificadas en el periodo de estudio 2010-2012 en el NGC.	46
Figura 16.	Longitud total media (mm) y edad de las cohortes de chano <i>Micropogonias megalops</i> , presentes en los muestreos de origen industrial y artesanal en el Norte del Golfo de California durante el periodo de estudio (2010-2012).	47
Figura 17.	Longitud total media (mm) y edad de las cohortes de chano <i>Micropogonias megalops</i> , presentes en la distribución de frecuencias general del periodo de estudio 2010-2012 en el Norte del Golfo de California.	47
Figura 18	Distribución de frecuencias de edad y longitud para el chano <i>Micropogonias megalops</i> en el Norte del Golfo de California.	50
Figura 19	Valores observados y curva de crecimiento descrita por el modelo de von Bertalanffy (MCVB, 1938) para el chano <i>Micropogonias megalops</i> en el Norte del Golfo de California.	51
Figura 20	Valores observados y curva de crecimiento descrita por el modelo de Gompertz (1825) para el chano <i>Micropogonias megalops</i> en el Norte del Golfo de California.	52
Figura 21	Valores observados y curva de crecimiento descrita por el modelo Logístico (Verhulst, 1839) para el chano <i>Micropogonias megalops</i> en el Norte del Golfo de California.	52
Figura 22	Valores observados y curva de crecimiento descrita por el modelo de Schnute (1981) para el chano <i>Micropogonias megalops</i> en el Norte del Golfo de California.	53
Figura 23	Valores observados y curvas de crecimiento descritas por los modelos para el chano <i>Micropogonias megalops</i> en el Norte del Golfo de California.	54
Figura 24	Perfiles de los parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy, con los valores de verosimilitud, Chi cuadrada e intervalos de confianza (95%) en el chano <i>Micropogonias megalops</i> en el Norte del Golfo de California.	55

Figura 25	Perfil de los parámetros de crecimiento del modelo de Gompertz, con los valores de verosimilitud, Chi cuadrada e intervalos de confianza (95%) en el chano <i>Micropogonias megalops</i> en el Norte del Golfo de California.	56
Figura 26	Perfil de los parámetros de crecimiento del modelo Logístico, con los valores de verosimilitud, Chi cuadrada e intervalos de confianza (95%) en el chano <i>Micropogonias megalops</i> en el Norte del Golfo de California.	57
Figura 27	Perfil de los parámetros de crecimiento del modelo de Schnute, con los valores de verosimilitud, Chi cuadrada e intervalos de confianza (95%) en el chano <i>Micropogonias megalops</i> en el Norte del Golfo de California.	58
Figura 28	Curva de crecimiento e intervalo de confianza (95%) del modelo ganador (MCVB) en el análisis de AIC para el chano <i>Micropogonias megalops</i> en el Norte del Golfo de California	62

LISTA DE TABLAS

		Página
Tabla I	Lecturas de la edad relativa a la talla del chano <i>Micropogonias megalops</i> en el Alto Golfo de California, obtenidas por Román-Rodríguez (2000).	27
Tabla II	Características de los modelos utilizados en la evaluación del crecimiento individual del chano, <i>Micropogonias megalops</i> (Gilbert, 1890) en el Norte del Golfo de California.	29
Tabla III	Prueba de la t de Student para analizar el tipo de crecimiento del chano <i>Micropogonias megalops</i> en el NGC. Datos generales de las relaciones biométricas obtenidas en laboratorio LT-PT y LP-PT del 2010-2012.	38
Tabla IV	Cohortes de chano <i>Micropogonias megalops</i> (Gilbert, 1890), identificadas con análisis multinomial; en la pesca industrial del 2010-2012 en el NGC. *No asignado en clave edad-talla de Román-Rodríguez (2000).	44
Tabla V	Cohortes de chano <i>Micropogonias megalops</i> (Gilbert, 1890), identificadas con análisis multinomial; en la pesca artesanal del 2012 en el NGC. *No asignado en clave edad-talla de Román-Rodríguez (2000).	45
Tabla VI	Cohortes generales de chano <i>Micropogonias megalops</i> (Gilbert, 1890), identificadas con análisis multinomial; en la pesca industrial y artesanal del 2010-2012 en el NGC.	45
Tabla VII	Frecuencias porcentuales de tallas relativas a la edad del chano <i>Micropogonias megalops</i> , basadas en la clave edad-talla de Román-Rodríguez (2000).	48
Tabla VIII	Tallas relativas a la edad del chano <i>Micropogonias megalops</i> del periodo de estudio 2010-2012, siguiendo las lecturas de Román-Rodríguez (2000).	49
Tabla IX	Comparación de los parámetros de crecimiento de cada uno de los modelos puestos a prueba en el chano <i>Micropogonias megalops</i> . *Valores calculados a partir de los parámetros estimados del modelo general de Schnute.	54
Tabla X	Valores e intervalo de confianza (95%) de los parámetros, función de máxima verosimilitud y Chi cuadrada “X ² ” para cada modelo de crecimiento puesto a prueba en el chano <i>Micropogonias megalops</i> del 2010-2012 en el NGC.	59
Tabla XI	Valores del criterio de información de Akaike (AIC) y plausibilidad de los modelos de crecimiento puestos a prueba	60

en el chano *Micropogonias megalops* en el Norte del Golfo de California.

Tabla XII	Valores de AIC, plausibilidad, longitud asintótica (L_{∞}) e I.C. (95%) para cada modelo de crecimiento puestos a prueba en el chano <i>Micropogonias megalops</i> en el Norte del Golfo de California. *Modelo promedio.	61
-----------	--	----

1. INTRODUCCIÓN

El Golfo de California es una de las áreas pesqueras más productivas a nivel nacional (Cisneros, 2001; SAGARPA, 2002). En particular el Norte del Golfo de California que incluye al Alto Golfo de California, es un área muy importante ecológicamente, ya que en ella se sitúa la zona de reserva y Delta del Río Colorado. Este sitio reúne características biológicas, ecológicas y oceanográficas favorables para el asentamiento de muchas especies de importancia comercial y estuarino dependientes (Ramírez y Aragón, 2006). Es aquí donde las poblaciones de peces y otros organismos llevan a cabo procesos de reproducción, desove y crianza (Cudney y Turk, 1998) lo que es parte fundamental para el sostén de las poblaciones que se aprovechan comercialmente en la zona costera y altamar. Una de las pesquerías más importantes en la zona, es la de los peces de la familia Sciaenidae (corvinas, chanos), que se encuentran dentro de los recursos demersales marinos con mayor relevancia comercial en México, inclusive en el ámbito internacional (Villamer, 1972; Chao y Musick, 1977; Araya, 1984). De las poblaciones más importantes presentes en el Golfo de California se encuentran tres especies de esta familia, a las cuales se les considera endémicas de la zona; *Totoaba macdonaldi* (Totoaba), la cual se ha considerado en peligro de extinción (IUCN, 2012), *Cynoscion othonopterus* (Corvina golfina) y *Micropogonias megalops* (chano, chano norteño o corvina ojo grande) (Thomson y McKibbin, 1976) (Fig. 1).

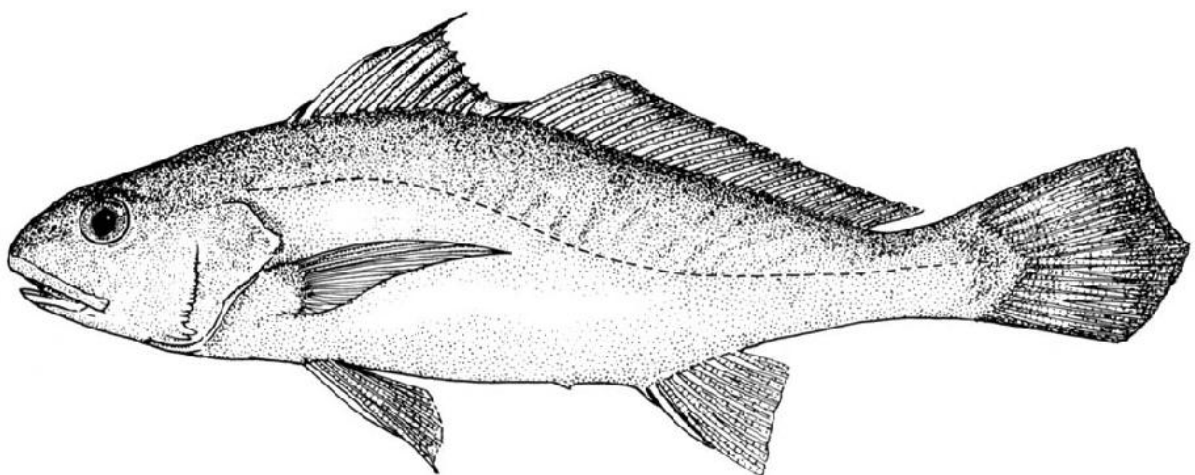


Figura 1. *Micropogonias megalops*, Gilbert 1890, “chano, berrugata o curvina ojo grande”. (Tomado de Fischer *et al.*, 1995).

Es bien conocido que actualmente la pesquería del chano *Micropogonias megalops*, Gilbert 1890, también conocido regionalmente como corvina ojo grande o berrugata, es una de las más importantes en la parte Norte y Alto Golfo de California. Basados en el volumen de captura y el valor económico constante, esta pesquería es una de las 5 más relevantes en la zona (Aragón-Noriega *et al.*, 2009). El recurso formó parte de una pesquería alternativa a partir del desplome de la pesca de camarón en los años 90 y ha despertado gran interés por la creciente demanda de Scianidos a nivel nacional e internacional (Nava y Findley, 1994).

En sus inicios la pesca de chano cobró fuerza durante los primeros tres años de iniciada formalmente esta pesquería (1991-1993), debido a su gran disponibilidad y mercado (Barrera y Campoy, 1992). En sus primeros años, la pesquería logró mantenerse debido a su demanda por la industria del surimi en Corea, lo cual ha contribuido a la reducción de los problemas sociales causados por el agotamiento de otras especies tradicionales de pesca en el área (Cudney y Turk, 1998). La captura de esta especie en el Norte del Golfo de California y Alto Golfo de California, se lleva a cabo por embarcaciones menores con redes agalleras (pesca artesanal) y por barcos escameros en altamar (industrial) (Nava y Findley, 1994). En menor escala se captura por barcos camaroneros (industrial), donde se selecciona al chano de la fauna de acompañamiento del camarón (Román-Rodríguez, 2000). Regularmente, estos organismos se pescan de marzo a agosto, periodo en el que es mayor su disponibilidad, ya que coincide con su periodo reproductivo y su captura se ajusta a las necesidades económicas y de mercado de la región (Castro-González, 2004).

El chano es un recurso que necesita seguir siendo estudiado, ponderando cuestiones básicas de la biología de la especie. Uno de los aspectos más importantes a conocer de las poblaciones de peces, es la edad y crecimiento individual, ya que este conocimiento es crucial para la conservación y el manejo de los stocks marinos explotados (Mercier *et al.*, 2011). Se sabe que rasgos vinculados con el crecimiento se pueden ver afectados por la sobrepesca, como es el caso de la edad de primera madurez (Ali *et al.*, 2003). Asimismo, los parámetros de crecimiento individual de los stocks de peces, como L_{∞} y K , se utilizan como valores de entrada en múltiples modelos usados

regularmente para definir estrategias de pesca e inferir en el aprovechamiento sustentable (Beddington y Kirkwood, 2005).

Se torna pues importante el hecho de inferir lo más acertadamente posible los parámetros de crecimiento que rigen a una población que es sujeta a captura y extracción. Para ello se necesitan datos de edad y talla provenientes regularmente de las capturas comerciales (Mercier *et al.*, 2011). Esta información es requerida en la aplicación de modelos matemáticos que describen el crecimiento individual promedio (Cruz-Vázquez *et al.*, 2012). Saber cual es el modelo más apropiado para describir el crecimiento individual de las poblaciones que se pretenden evaluar, es una tarea muy importante en la biología pesquera actual. Por ejemplo el modelo que más se utiliza en la evaluación del crecimiento individual de las poblaciones que son muestreadas por capturas comerciales, es el de von Bertalanffy (Mercier *et al.*, 2011). Se presume que dicho modelo puede presentar sesgos en el análisis de estas muestras, ya que incluyen por lo regular tallas de juveniles y el modelo de von Bertalanffy describe muy mal el crecimiento de peces juveniles (Gamito, 1998; Charnov, 2008). Otro de los modelos que más se utilizan en la evaluación del crecimiento individual es el de Gompertz, ya que ha mostrado que describe el crecimiento absoluto de muchas especies acuáticas (Katsanevakis, 2006). Es por esto, que en la búsqueda de un modelo apropiado, es importante el hacer uso de varios modelos para la evaluación del crecimiento individual del chano *M. megalops*.

El poner a prueba más de un modelo en el análisis, permite hacer comparación entre supuestos biológicos, formas de curvas y ajustes de datos (Cruz-Vázquez *et al.*, 2012). Al mismo tiempo, se hace interesante contrastar entre modelos los parámetros de crecimiento calculados. Al final hacer uso de criterios de información que den plausibilidad a los modelos de crecimiento puestos a prueba para la población, y así seleccionar al mejor (Katsanevakis, 2006). Aplicar este enfoque en la evaluación del crecimiento individual del chano *Micropogonias megalops*, ayudará a tener un conocimiento más preciso y profundo de la especie en este aspecto. La información generada podría influir en la toma de decisiones para un mejor manejo del recurso en el Norte del Golfo de California.

2. ANTECEDENTES

2.1 Características generales del chano *Micropogonias megalops*

Micropogonias megalops es una especie conocida también como corvina ojo grande, chano, roncador del Golfo o berrugata que pertenece a la Familia Sciaenidae (Román-Rodríguez, 2000), del Orden Perciforme (Fig. 2). Estos organismos se distinguen por presentar las características externas que se describen a continuación: el cuerpo presenta un color plateado con un halo dorado tenue, tiene filas de escamas en la parte superior de la línea lateral con rayas oblicuas cafesuscas difusas y aletas amarillentas. En cuanto a los radios de las aletas dorsales, tiene X (X+1) espinas en la primera, y de 27 a 29 radios en segunda aleta dorsal. La primera es un poco más corta y no llega al origen de la segunda cuando esta se baja contra la base. La aleta anal tiene dos espinas y de 7 a 8 radios, las aletas pectorales tienen de 17 a 18 radios cada una de ellas. El margen de la aleta caudal esta en forma de S, mientras que la dorsal es suave con una cubierta de escamas baja y basal (Fischer *et al.*, 1995; Nelson, 2006).

Phylum:	Chordata
Clase:	Actinopterygii
Superorden:	Acanthopterygii
Orden:	Perciforme
Suborden:	Percoidei
Familia:	Sciaenidae
Género:	<i>Micropogonias</i>
Especie:	<i>Micropogonias megalops</i> (Gilbert, 1890)

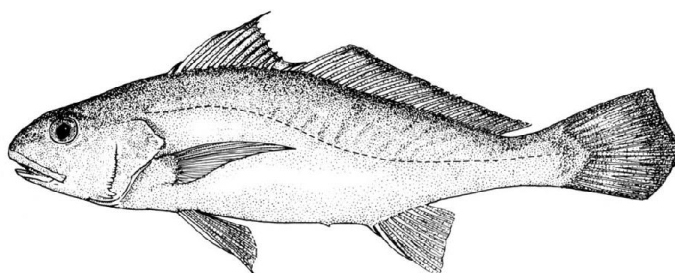


Figura 2. Clasificación taxonómica del chano *Micropogonias megalops*. Vista lateral (Tomado de: Fischer *et al.*, 1995; Nelson, 2006).

La línea lateral presenta de 49 a 53 poros. El número de branquiespinas en la rama inferior del primer arco branquial varía de 15 a 17 y en total tiene de 23 a 27. En cuanto a la boca, esta es pequeña, inferior a la mandíbula superior y labios delgados. El ojo es relativamente grande en la longitud de la cabeza y presenta un pre orbital muy ancho, de ahí que su nombre vernáculo sea corvina ojo grande. El mentón tiene 3 pares

de barbas pequeñas. Dientes viliformes, sin caninos, los dientes que se encuentran en la fila externa de la mandíbula superior son más agrandados. El margen del preopérculo es fuertemente aserrado con dos espinas en el ángulo de este. *M. megalops* es una especie que llega a medir por lo menos 400 mm de longitud total (Nelson, 2006).

2.2 Distribución y abundancia del chano *Micropogonias megalops*

El chano, es un pez demersal que vive en las lagunas costeras, estuarios y bocas de ríos, asimismo viven en aguas profundas lejanas a la costa (Román-Rodríguez, 2000). Esta es una de las especies más abundantes en el Golfo de California (Rábago-Quiroz *et al.*, 2010). Se ha reportado que la especie tiene una amplia distribución en el Golfo de California (Fig. 3), debido a la adaptación a la gran variedad de hábitats y condiciones ambientales que se presentan aquí (López-Martínez *et al.*, 2010) encontrándose prácticamente todo el año en el Alto Golfo de California (Román-Rodríguez, 2000).



Figura 3. Distribución del chano, *Micropogonias megalops*, Gilbert 1890 (puntos amarillos), en el Pacífico mexicano. Tomado y modificado de www.iobis.org/es.

Robertson y Allen (2002), mencionan que la especie se distribuye en todo el Golfo de California hasta las cercanías de Acapulco, México. En cuanto a la distribución batimétrica, el chano se encuentra mayormente en un rango de profundidad que va de los 9-67 m, en zonas arenoso-fangosas que son muy productivas y que sostienen gran variedad de especies ícticas (López-Martínez *et al.*, 2010).

2.3 Alimentación y reproducción del chano *Micropogonias* spp.

En relación a la alimentación del chano, existe poca información disponible. Específicamente para el área del Norte del Golfo de California, existe solamente un trabajo en relación a este aspecto. En él se menciona que el chano presenta una alimentación variada, en cuanto a composición de presas en su contenido estomacal. Se ha encontrado que se alimenta principalmente de MONI (materia orgánica no identificable), moluscos, decápodos, peces y otros, clasificándose como un pez carnívoro que incide sobre las especies que se encuentran en los fondos blandos del medio marino (bentónicos) (Román-Rodríguez, 2000).

En relación a la biología reproductiva de la especie, se ha propuesto que la talla de primera madurez sexual es de 400 mm de longitud total. También se menciona que existe un patrón de reproducción en el Alto Golfo de California que presenta un máximo durante abril a julio. Las conclusiones se basan en estudios de IGS (índice gonadosomático) y observaciones microscópicas en ensayos histológicos. En cuanto a la proporción de sexos, se presentan más hembras que machos en la población, acentuándose la diferencia en los meses de verano donde hay una baja actividad reproductiva (Román-Rodríguez, 2000).

En el caso del chano o curvina boca blanca *Micropogonias furnieri*, de la laguna de Rocha, Uruguay, la talla de primera madurez sexual es de 11-12 cm LT y es alcanzada al tercer año de vida (Borthagaray *et al.*, 2011). Para la misma especie en aguas de Trinidad, se propone que la población se reproduce todo el año, pero presenta un pico de reproducción del mes de febrero a agosto (Manickchand-Heileman y Kenny, 1990).

2.4 Estructura poblacional del chano *Micropogonias megalops*

Román-Rodríguez (2000) ha trabajado en la descripción de la estructura poblacional del chano en el Alto Golfo de California. En su trabajo se describen las estructuras de tallas mensuales que se presentaron durante 5 años de estudio en la zona (1993-1998). En general, las tallas se presentaron en un rango de 93 a 490 mm de longitud total. La talla mínima registrada en otros trabajos para el área es de 10 mm, encontrada en los canales del Delta del Río Colorado (Román-Rodríguez, 2000).

Estos datos muestran un patrón general en todos los años, donde las tallas más pequeñas se presentaron en los meses de verano y las más grandes en los meses de invierno-primavera. Este comportamiento en las tallas de la especie a lo largo del año es atribuido a los efectos biológicos como lo son los picos reproductivos durante la primavera y los efectos físicos del ambiente, como la temperatura y el alimento (Román-Rodríguez, 2000). Según Robertson y Allen (2002) esta especie alcanza un tamaño de por lo menos 400 mm de longitud total, lo cual queda por debajo del valor reportado en el estudio de Román-Rodríguez (2000).

2.5 Crecimiento

El crecimiento individual de los peces, entendido como el aumento del tamaño corporal en función de la edad (Sparre y Venema, 1997) es uno de los aspectos más importantes a estudiar en una población. Desde el punto de vista biológico, el crecimiento de los organismos es uno de los destinos más importantes de la energía que es obtenida a través del alimento (Pitcher y Hart, 1983). Esta energía puede tomar otras rutas como el desarrollo reproductivo o la actividad propia del organismo (Quinn y Deriso, 1999).

El crecimiento de las especies está influido por distintos factores como; genéticos, abióticos (estacionales y de temperatura) y bióticos (Lagler *et al.*, 1984). Dentro de los factores genéticos se encuentran la madurez sexual, diferencias entre sexos y patrones de conducta heredados. La estación del año y la temperatura influyen en el crecimiento, ya que este puede variar en relación a la latitud en que se encuentre la especie, afectando al metabolismo y el consumo de alimento. Factores bióticos, dependientes de la densidad, como competencia por alimento y espacio, así como el

tamaño del pez también influyen en el crecimiento de los individuos (Lagler *et al.*, 1984). Debido a esto, se dice que los peces no crecen todo el tiempo y que los parámetros que describen el crecimiento son diferentes entre dos individuos. Dados dichos factores, los peces presentan un crecimiento indeterminado, el cual se hace lento a medida que pasa el tiempo y llega a su edad máxima, pero no deja de crecer totalmente (Pitcher y Hart, 1983).

Para el hombre, el estudio del crecimiento de las especies es importante, ya que este es el explotador y administrador potencial de las poblaciones de peces (Lagler *et al.*, 1984; Alp *et al.*, 2010). Es por ello que el hombre se ha encargado de desarrollar y aplicar modelos que describan el crecimiento individual promedio de las poblaciones de peces (Sparre y Venema, 1997). En biología pesquera, los modelos que se utilizan para caracterizar el crecimiento de las especies resultan ser válidos para la fase explotable del recurso (Cadima, 2003).

2.6 Modelos de crecimiento individual

Las teorías o modelos son construidos por la ciencia para explicar los fenómenos observados y con ellos se establecen relaciones, causas y explicaciones (Cadima, 2003). En el caso del crecimiento individual, se aplican modelos matemáticos para describir este aspecto durante el ciclo de vida de las especies. Para las poblaciones que son explotadas, los modelos de crecimiento describen precisamente esa fase de vida en que sufren explotación (Gulland, 1983). Las descripciones matemáticas del crecimiento se basan en supuestos biológicos para explicar este fenómeno en las especies (Ricker, 1979).

A menudo es importante, incluso necesario, usar más de un modelo o función de crecimiento para caracterizar adecuadamente este aspecto de las especies (Calliet *et al.*, 2006). Para ello se deben de seleccionar modelos apropiados a la representación de la realidad biológica, con bases estadísticas en sus ajustes y confiabilidad (Moreau, 1987). En los últimos años se han utilizado criterios de información teórica, que proveen una forma simple de seleccionar a un mejor modelo, aproximado dentro de un grupo de modelos candidatos (Burnham y Anderson, 2002). Este tipo de herramientas exploratorias son muy recientes en los estudios de pesquerías, donde han sido utilizados

por menos de una década (Cruz-Vázquez *et al.*, 2012). El criterio de información de Akaike (AIC) es el que se ha utilizado más comúnmente en la inferencia multimodelo (Katsanevakis, 2006; Katsanevakis y Maravelias, 2008).

Según la inferencia multimodelo, cuando no hay un claro modelo ganador entre los candidatos para un grupo de datos, se estima un modelo promedio entre los modelos con mayor soporte (Burnham y Anderson, 2002). Pero aunado a esto, se debe de tener un entendimiento profundo de los procesos ecológicos y pensamiento crítico para la selección de un mejor modelo (Beninger *et al.*, 2012). Generalmente no es posible maximizar los atributos de un modelo simultáneamente porque la parsimonia, la precisión, exactitud y realismo biológico no son a menudo atributos independientes (Araya y Cubillos, 2006).

El principio de parsimonia o navaja de Ockham sostiene que, si dos teorías en igualdad de condiciones producen las mismas consecuencias, la teoría más simple cuenta con mayores probabilidades de ser correcta (DeLancey, 2011). En la inferencia multimodelo, este principio implica la elección de un modelo con el menor número posible de parámetros para la adecuada representación de los datos. Con esto se busca un balance entre el ajuste y complejidad del modelo (Beninger *et al.*, 2012). La precisión en el ajuste de los datos al modelo puesto a prueba, se entiende como la dispersión del conjunto de valores obtenidos de mediciones repetidas de una magnitud. Entre menos dispersión de los datos, existirá mayor precisión en el ajuste (Skoog *et al.*, 2011). Por otro lado, la exactitud se refiere a cuán cerca del valor real se encuentra el valor medido, estadísticamente se le llama sesgo. Entre menor sea el sesgo, mayor será la exactitud en una estimación (Skoog *et al.*, 2011). En cuanto al realismo biológico del modelo, se refiere a cómo este explica las trayectorias de edad-talla en la población y los cambios relevantes en el crecimiento durante los procesos de historia de vida (Kuparinen *et al.*, 2012). Se debe de tomar en cuenta que el enfoque de información teórica no asume que hay un modelo real o verdadero, sino que evidencia a uno entre los puestos a prueba, que se ajusta mejor a los datos que se tienen a la mano (Beninger *et al.*, 2012). La selección de un mejor o peor modelo siempre dependerá del contexto en el que se haga la inferencia (Araya y Cubillos, 2006).

2.6.1 Modelo de crecimiento de von Bertalanffy (1938)

El modelo de crecimiento más utilizado y aceptado para describir el crecimiento individual de muchas especies de peces e invertebrados es el de von Bertalanffy (MCVB) (Ricker, 1975). Se propuso inicialmente por Pütter (1920), siendo un modelo que se puede considerar base de la mayoría de los modelos de crecimiento (Sparre y Venema, 1997; Chiappa-Carrara *et al.*, 2009). Se ha visto que este modelo se ajusta al crecimiento observado en la mayoría de las especies de peces y se ha convertido en una de las piedras angulares de la biología pesquera (Sparre y Venema, 1997).

El MCVB se arraiga en procesos fisiológicos para describir el crecimiento individual de las especies (Quinn y Deriso, 1999). Acorde a von Bertalanffy (1938) el crecimiento de los organismos es el resultado neto de dos procesos metabólicos opuestos; el anabolismo y el catabolismo. Su ecuación presenta tres parámetros de crecimiento, que Sparre y Venema (1997) describen de la siguiente manera; L_{∞} que es la longitud asintótica o longitud infinita, la cual es la talla media de un pez muy viejo. K es el parámetro de curvatura, llamada también constante instantánea de crecimiento. Fisiológicamente hablando, el valor nos da idea de la velocidad a la que un individuo llega a la longitud asintótica en el proceso de crecimiento. Especies con valores altos de K presentan un ciclo de vida corto (crecimiento rápido), mientras que las especies que presentan un ciclo de vida largo tienen valores bajos en este parámetro. El valor de t_0 se refiere a la edad a una talla cero, llamado también parámetro de condición inicial, describe el punto en el que comienza el crecimiento, es decir, a nivel larval justo después de la eclosión del huevo.

El modelo presenta una curva exponencial inversa o logarítmica, es usado para describir el crecimiento de peces de vida larga donde el punto de inflexión en crecimiento usualmente ha pasado durante el primer año de ontogénesis (Ricker, 1979). Aunque este modelo ha sido ampliamente usado por defecto e históricamente en pesquerías (Arkhipkin y Roa-Ureta, 2005; Katsanevakis y Maravelias, 2008), se ha notado que tiene una habilidad limitada para describir el crecimiento temprano de las especies (Gamito, 1998). A la vez MCVB depende en gran medida de la calidad de los datos y el tamaño de muestra, su funcionamiento puede no ser adecuado para aquellas especies que no llegan a una asíntota con el incremento de la edad (Cailliet *et al.*, 2006).

2.6.2 Modelo de crecimiento de Gompertz (1825)

El modelo de Gompertz es conceptualmente apropiado para el crecimiento medio de los individuos y el crecimiento de las poblaciones (Quinn y Deriso, 1999). Ha demostrado que describe de buena manera el crecimiento de muchas especies acuáticas (Katsanevakis, 2006) y es utilizado frecuentemente (Ricker, 1975). Presenta tres parámetros en su ecuación, los mismos que presenta el MCVB, un valor asintótico (L_{∞}), tasa constante (K) y el tiempo de origen (t_0) (Winsor, 1932). La curva que proyecta el modelo es sigmoidea (forma de “S”) y monótona creciente, es decir, que conserva el orden ascendente durante todo el recorrido de la función (Quinn y Deriso, 1999). Es de tipo asintótico (Arkhipkin y Roa-Ureta, 2005) tal como lo dicta el parámetro L_{∞} en su ecuación.

El modelo de Gompertz ha sido muy utilizado en acuicultura, donde el estudio del crecimiento incluye edades muy jóvenes (Cadima, 2003). En pesquerías ha demostrado describir el crecimiento tanto en peso como en longitud particularmente en larvas (Prager *et al.*, 1987). La ecuación de Gompertz muestra buenos ajustes en datos de especies cuya inflexión sucede cuando se ha completado el 37% del total de crecimiento (curva asimétrica al punto de inflexión) (Winsor, 1932). Tiende a caracterizar de buena forma el crecimiento de las especies cuando este es relativamente lento en las primeras etapas de vida de los organismos (Griffiths *et al.*, 2010).

La ecuación de Gompertz surge a partir de modelos de crecimiento autorregulados, donde la tasa de crecimiento decrece exponencialmente con el tiempo después de alcanzar el punto de inflexión. Esta ecuación es usualmente expresada de la siguiente forma:

$$Y = a e^{-e^{(b-ct)}}$$

Donde Y es el peso del animal a un tiempo t , $a > 0$ es el peso adulto, el parámetro $c > 0$ describe el índice de madurez o la tasa específica de crecimiento, y el parámetro $b > 0$ controla la diferencia entre el peso inicial y el peso final a un tiempo t . El punto de inflexión es el punto en el tiempo donde $y = a/\exp$, este da un $t = b/c$. La curva de Gompertz permite generar asimetría alrededor del punto de inflexión y alcanza

este punto antes del 50% de peso adulto, muestra crecimientos tempranos rápidos, pero unos valores más lentos en la medida que se aproxima a la asíntota, con un largo periodo de crecimiento lineal alrededor del punto de inflexión (Winsor, 1932).

2.6.3 Modelo de crecimiento Logístico (Verhulst 1839)

El modelo de crecimiento Logístico fue propuesto por el matemático Pierre-François Verhulst en 1839 (Chiappa-Carrara *et al.*, 2009). Dicha ecuación al igual que la de Gompertz, se ha utilizado para describir el crecimiento poblacional, proponiendo que ninguna población puede crecer sin límite a un tamaño infinito (Quinn y Deriso, 1999) como proponía Malthus en 1798. Según Verhulst, en las etapas iniciales las poblaciones presentan un crecimiento exponencial, después se presenta un punto de inflexión a partir del cual la tasa de crecimiento disminuye, posteriormente el número de individuos no cambia en el tiempo (Chiappa-Carrara *et al.*, 2009). Los integrantes de una población compiten por recursos limitados, que resulta en la disminución de la tasa de crecimiento y por ende el crecimiento del tamaño poblacional (Quinn y Deriso, 1999).

La curva que proyecta el modelo Logístico o de Verhulst es sigmoidea y de tipo asintótica, presenta los mismos parámetros que el MCVB y Gompertz; L_{∞} , K y t_0 para el modelo de crecimiento individual (Winsor, 1932). Al igual que el modelo de Gompertz, el Logístico tiende a describir bien el crecimiento de las especies cuando es lento en los primeros estadios de vida (Griffiths *et al.*, 2010). Esta ecuación ha demostrado que presenta buenos ajustes en datos de especies cuyo punto de inflexión se presenta a la mitad de la curva hacia la asíntota, es decir, cuando el 50% del crecimiento total se ha completado (curva simétrica al punto de inflexión) (Winsor, 1932).

2.6.4 Modelo de crecimiento de Schnute (1981)

El modelo general de Schnute contiene mucho de los otros modelos, así como de casos especiales (Quinn y Deriso, 1999). Presenta en su ecuación un total de 4 parámetros; a , b , Y_1 y Y_2 . El parámetro a es equivalente a K constante instantánea de crecimiento en los modelos MCVB, Gompertz y Logístico. El valor del parámetro b al igual que a , está referido al punto de inflexión de la curva. Y_1 es la talla al tiempo 1 (mínima calculada) y Y_2 es la talla a la edad 2 (máxima calculada) (Schnute, 1981). El

modelo presenta 4 casos de solución dependientes de los valores de los parámetros de inflexión a y b ; caso 1 cuando $a \neq 0$ y $b \neq 0$, caso 2 cuando $a \neq 0$ y $b = 0$, caso 3 cuando $a = 0$ y $b \neq 0$, y el caso 4 cuando $a = 0$ y $b = 0$. Esto permite que el modelo general presente la característica de ser versátil en la forma de curva proyectada, admitiendo un total de 8 diferentes patrones de curvas, dependientes de los valores de los parámetros que dan inflexión a la función (Quinn y Deriso, 1999; Montgomery *et al.*, 2012). Este modelo flexible provee una formulación capaz de expresar más de una forma de modelo (Calliet *et al.*, 2006) en ausencia de individuos muy jóvenes y adultos muy grandes (Cerdenares-Ladrón De Guevara *et al.*, 2011).

El modelo general de Schnute presenta una aceleración positiva de crecimiento, al menos en el comienzo de su función, y tiene la habilidad de un modelo mayor que contiene a modelos simples en casos particulares de estructuras anidadas (Arkhipkin y Roa-Ureta, 2005). Por ejemplo, el caso de solución 1 ($a \neq 0$ y $b \neq 0$) del modelo general de Schnute, conduce a un ajuste estadístico de los datos a un crecimiento de tipo MCVB (logarítmico), cuyo resultados interpretan un crecimiento evidenciado y fundamentado por procesos anabólicos y catabólicos, el cual cambia en función de la edad. Este modelo de 4 parámetros se debe usar con precaución para determinar la forma total de un modelo de crecimiento (Quinn y Deriso, 1999).

2.7 Crecimiento del chano *Micropogonias* spp.

A nivel internacional se han estudiado aspectos de edad y crecimiento de otras especies pertenecientes al mismo género *Micropogonias*. Tal es el caso de la laguna costera de Rocha, Uruguay, donde se analizó al chano o berrugata boca blanca, *Micropogonias furnieri*. En este trabajo se llevó a cabo la lectura de otolitos para evaluar el crecimiento individual de la especie, encontrando individuos en edades de 1 hasta 18 años. En el estudio se hizo el análisis de crecimiento a través del modelo de von Bertalanffy. Los valores presentados por los parámetros de crecimiento en este caso, fueron para $K= 0.19$, $L_{\infty}= 30.2$ cm de longitud total y una $t_0= -2.12$. El crecimiento presentado por la especie fue rápido, de tipo alométrico para la zona de estudio (Borthagaray *et al.*, 2011).

Micropogonias furnieri también ha sido estudiado en aspectos de edad y crecimiento en aguas de Trinidad, en el Caribe. Haciendo uso de otolitos para la determinación de edades y al modelo de von Bertalanffy para el análisis de crecimiento. En dicho trabajo se presentaron valores de los parámetros de forma independiente para machos y hembras. Para el caso de los machos los valores obtenidos fueron $K= 0.16$, $L_{\infty}= 65.3$ cm de longitud total y $t_0= -1.6$. En el caso de las hembras presentaron los siguientes valores; $K=0.13$, $L_{\infty}= 82.9$ cm de longitud total y $t_0= -1.3$ (Manickchand-Heileman y Kenny, 1990).

El chano o berrugata boca blanca ha sido estudiado en su tipo de crecimiento. Tal fue el caso en el que se hizo una relación entre la longitud total del pez y la longitud de su otolito. En dicho trabajo se concluye que la especie presenta distintas fases de crecimiento a lo largo de su vida, en los que la proporcionalidad y alometría permanecen constantes. Una evidencia en los cambios de los parámetros de crecimiento fue asociada con el alcance de la primera madurez sexual por parte de los organismos (Bervian *et al.*, 2006).

Otra de las especies del mismo género que ha sido estudiado a nivel internacional en aspectos de edad y crecimiento es el chano, berrugata o curvina Atlántica, *Micropogonias undulatus*. Nixon y Jones (1997) trabajaron estos aspectos para la especie en una ensenada y aguas estuarinas de Virginia, Estados Unidos. Se hizo lectura de un total de 605 otolitos pertenecientes a larvas y juveniles. Se analizó el crecimiento individual a través del modelo potencial de Laird-Gompertz, utilizando organismos con tallas mayores a 65 mm de longitud estándar. Los valores calculados para los parámetros (valores diarios) presentaron un buen ajuste al modelo, donde el coeficiente de determinación fue $r^2= 0.95$. Los valores de los parámetros de crecimiento fueron, para la longitud estándar teórica en la eclosión $L_{t_0}= 2.657$ mm, la tasa específica de crecimiento a la eclosión $A= 4.656$ y la tasa de decaimiento exponencial de la tasa específica de crecimiento $\alpha= -0.0081$.

Otro de los métodos utilizados para analizar el crecimiento de *Micropogonias undulatus*, es el seguimiento de cohortes o progresión modal. Esto fue realizado por Miller *et al.* (2004) quien utilizó muestras de juveniles obtenidos de una Bahía de Delaware y marismas adyacentes en la costa Este de Estados Unidos, encontrando que

los individuos de la especie crecieron de forma más acelerada en verano, con una tasa de crecimiento de 0.8 mm de LT/día.

El método de la lectura de escamas, es otro de los procedimientos que se han utilizado para la determinación de edad en la curvina Atlántica, *Micropogonias undulatus*. En un estudio realizado en el Golfo de México, específicamente en la costa de Texas y Luisiana, Estados Unidos, se presentaron dos clases de edad en la especie. La edad I se presentó en un intervalo de tallas de 155-165 mm de longitud total y la edad II se presentó en un intervalo de 270-280 mm de LT. Se menciona que las tallas máximas se encuentran entre 300-350 mm, pero la mayoría de los peces de la especie presentan tallas de 200 mm o menos (White y Chittenden, 1977).

2.8 Crecimiento del chano *Micropogonias megalops*

A nivel regional existe poca información en cuando a la dinámica poblacional del chano. En el Alto Golfo de California se han estudiado aspectos de edad y crecimiento individual, analizadas mediante la utilización de estructuras duras, en particular otolitos. Con estas estructuras se comparó la longitud total de cada uno de los organismos con el peso de su otolito, dicha relación mostró ajuste a un modelo alométrico. Cuando se relacionó la variable longitud total con el diámetro del otolito, se presentó un ajuste al modelo de crecimiento de Gompertz y en él se evidenciaron dos grupos de organismos (Román-Rodríguez, 2000). En este análisis se obtuvo la relación biométrica entre la longitud total contra el peso eviscerado con un total de 1012 organismos muestreados sin sexos separados. Dichas relaciones muestran un crecimiento de tipo alométrico (Román-Rodríguez, 2000).

En relación al crecimiento individual, se ha utilizado el ajuste al modelo de von Bertalanffy echando mano de lecturas de los anillos de crecimiento presentes en los otolitos. De forma general, se obtuvo que presenta un crecimiento de tipo alométrico, con una longitud asintótica de 815.9 mm longitud total, con un coeficiente instantáneo de crecimiento $K= 0.51$, así como de una longevidad máxima registrada de 16 años (Román-Rodríguez, 2000).

No hay hasta la fecha trabajos que traten el uso de múltiples modelos y criterios de información para describir el crecimiento individual del chano *Micropogonias*

megalops. El único estudio que trata este aspecto en la especie es el realizado por Román-Rodríguez (2000) en el Alto Golfo de California, el cual se limita a probar un solo modelo (MCVB) para describir el aumento del tamaño corporal en relación a la edad. En dicho trabajo, la longitud asintótica estimada (L_{∞} = 815.9 mm LT) se encuentra muy por encima de lo reportado anteriormente para la especie. Fischer *et al.* (1995) reporta una longitud máxima de 40 cm LT, mientras que Nelson (2006) reportó que la especie alcanza por lo menos 400 mm de LT.

3. JUSTIFICACIÓN

El crecimiento individual es uno de los aspectos más importantes en el estudio de las poblaciones. Este fenómeno es de vital importancia para el ciclo de vida de los organismos, ya que les permite pasar de un estadio a otro para llegar a tallas de reclutamiento, madurez y reproducción para reiniciar el ciclo nuevamente. Esto les permite a las poblaciones redoblar, recuperarse y mantenerse, lo que es de gran importancia ecológica y pesquera para las especies que son explotadas.

En el Norte del Golfo de California y en general para todo el Golfo, existe una muy limitada información relacionada con los aspectos biológicos básicos del chano *Micropogonias megalops*. Entre ellas se encuentra el crecimiento individual como uno de esos temas poco tratados, a pesar de que el recurso representa en la actualidad una actividad pesquera importante en la región. Es por ello que se hace necesario realizar estudios que traten sobre el entendimiento profundo del crecimiento individual de la especie, para tener información científica precisa y certera del fenómeno.

Para ello resulta de gran importancia la utilización de nuevas herramientas científicas en el campo de las pesquerías, como lo es la aplicación de múltiples modelos de crecimiento. A la vez destacar el uso de criterios de información matemáticos que den plausibilidad a los modelos puestos a prueba, y así tener elementos y un juicio informado en la selección de un mejor modelo para los datos de chano analizados. Es necesario contrastar los diferentes supuestos biológicos que dictan los modelos de crecimiento con la naturaleza numérica de los datos mostrados por la población. El conocimiento actualizado y preciso, destacado por la utilización de un enfoque nuevo para evaluar este parámetro en la población, debería influir, si es necesario, en la toma de mejores decisiones y estrategias de manejo del recurso en la región.

4. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

Dado que el crecimiento individual juega un papel importante en el ciclo de vida de las especies, permitiendo su reproducción, recuperación y mantenimiento como población, y que la inferencia multimodelo nos muestra evaluaciones precisas de este fenómeno, la serie de preguntas son: ¿Cómo es el crecimiento individual del chano en el Norte del Golfo de California?; de los modelos puestos a prueba, ¿Cuál es el que describe mejor este aspecto en la especie según los datos analizados? Y según el mejor modelo ¿Cuáles son los fundamentos biológicos que explican el crecimiento del chano?

5. HIPÓTESIS

Durante el ciclo de vida del chano *Micropogonias megalops*, la especie tiene que presentar un aumento del tamaño corporal en relación a la edad para efectos de reclutamiento, maduración y reproducción. Todo ello como resultado de procesos metabólicos que permiten la incorporación de masa en los individuos. Por consiguiente el patrón de crecimiento puede mostrar puntos de inflexión en talla y edad que corresponden a su patrón de desarrollo ontogénico, evidenciando las fases de rápido crecimiento, cambios en tasa de crecimiento y punto de inflexión a la longitud asintótica.

6. OBJETIVOS

6.1 Objetivo general

Determinar el crecimiento individual del chano *Micropogonias megalops* en el Norte del Golfo de California a través de la aplicación de la teoría de múltiples modelos.

6.2 Objetivos específicos

Evaluar el tipo de crecimiento del chano en el Norte del Golfo de California.

Realizar un análisis multinomial de las estructuras de tallas del chano presentes en el estudio.

Estimar los parámetros de crecimiento individual del chano a través de la utilización de múltiples modelos.

Realizar un análisis matemático para la selección del mejor modelo de crecimiento individual del chano en el Norte del Golfo de California.

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1 Área de estudio

El presente trabajo se realizó en el Norte del Golfo de California (NGC), principalmente en las zonas de pesca cercanas a Puerto Peñasco, Sonora. El área del NGC incluye la región del Delta del Río Colorado hasta la zona de las grandes islas. Las profundidades en el área de estudio van de los 50 a los 200 metros. La zona presenta una alta turbidez cerca de la costa y en las partes cercanas al delta del Río Colorado. Esta parte del Golfo se caracteriza por una baja precipitación y una alta evaporación, con temperaturas extremas a lo largo del año, las cuales varían desde los 10 °C en invierno hasta los 32 °C en verano (Case y Cody, 1983). En el Alto Golfo, las temperaturas superficiales incrementan del sureste al noroeste en verano; lo contrario ocurre en el invierno. La zona exhibe un fenómeno de marea espectacular, con un rango que va de arriba de los 7 m durante las mareas de primavera en la zona más norteña y mayores de 4 m en la región del diafragma de Islas. Las tasas de disipación de energía de marea son altas (Álvarez-Borrego *et al.*, 1973).

7.2 Trabajo de campo y laboratorio

Para la evaluación del crecimiento en la población del chano *Micropogonias megalops*, se trabajó con muestras obtenidas de las embarcaciones mayores (pesca industrial 2010-2012) y menores (pesca artesanal 2012) de Puerto Peñasco, Sonora. Los muestreos realizados a través de la pesca industrial fueron en los meses de diciembre del 2010, marzo-abril del 2011, octubre-diciembre del 2011, enero-febrero y marzo del 2012. En el caso de las muestras obtenidas a través de la pesca artesanal fueron en los meses de marzo-abril del 2012. Los muestreos fueron realizados en las zonas que normalmente conforman las rutas y áreas de pesca en que operan ambas flotas. Específicamente para los años 2010 y 2011 se obtuvieron muestras a través de un programa de observadores a bordo de la flota escamera y camaronera que utiliza barcos y redes de arrastre. Las muestras se tomaron de los arrastres que se realizaron en las distintas zonas de pesca donde regularmente capturan las especies comerciales de peces (Fig. 4). De cada lance se tomaron datos propios del sitio como posición geográfica inicial y al final de cada arrastre, velocidad y duración del mismo, profundidad y captura total.

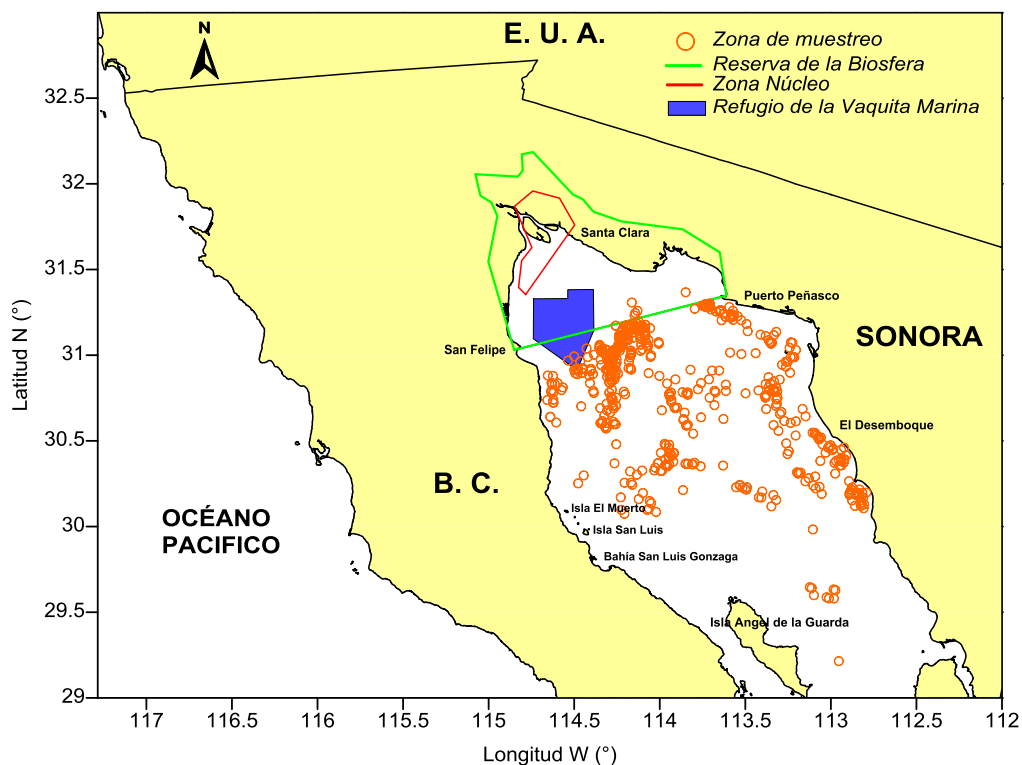


Figura 4. Zona de estudio y ubicación de los lances realizados durante la pesca de arrastre en el 2010 en el Norte del Golfo de California (NGC).

Asimismo, durante el periodo de estudio (2010-2012) se realizaron muestreos masivos de los individuos de chano de las capturas arribadas en el muelle de Puerto Peñasco, tanto de barcos como de pangas. Las mediciones realizadas fueron en milímetros (mm) e incluyeron la longitud total (LT) y la longitud patrón (LP) (Fig. 5), las cuales se tomaron con ictiómetros y cintas métricas extensibles de 1 mm de precisión. Se tomó el peso total (PT) en gramos de los individuos con una balanza electrónica de alta precisión (0.1 g) y capacidad máxima de 4000 g.

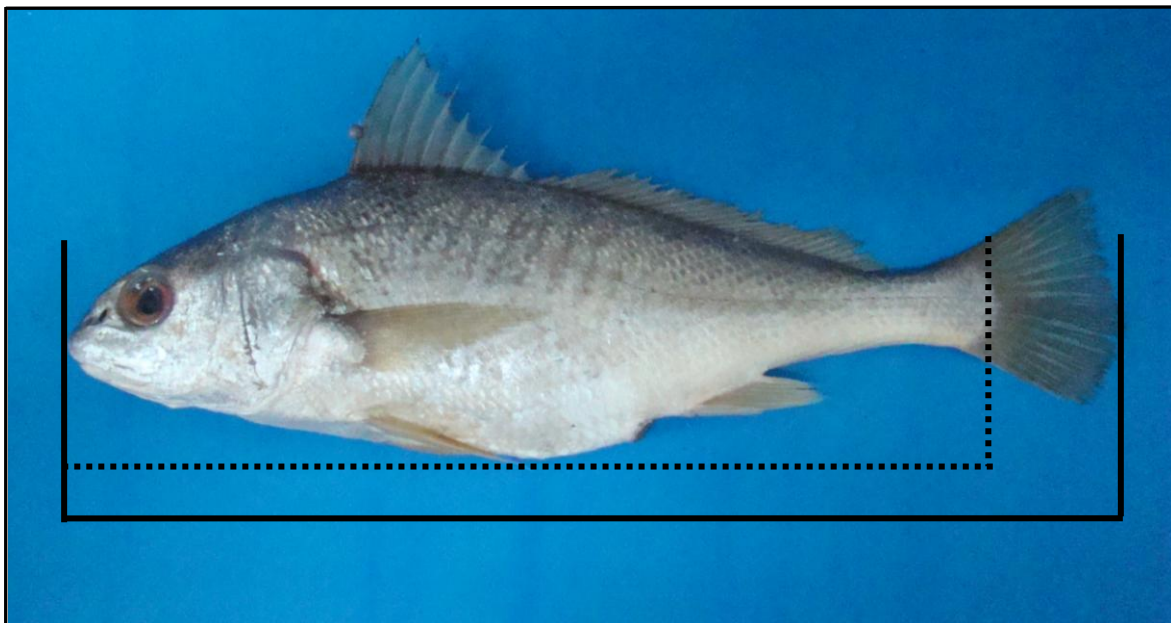


Figura 5. Mediciones tomadas del chano *Micropogonias megalops* en campo y laboratorio. Longitud total en mm (LT): inicio de la boca a final de aleta caudal (línea llena). Longitud Patrón en mm (LP): inicio de la boca a inicio de la aleta caudal (línea punteada).

7.3 Análisis de datos

7.3.1 Relaciones biométricas

Para conocer la proporcionalidad del crecimiento del chano, se obtuvieron las relaciones longitud-peso. Para ello se utilizaron los datos de 200 individuos medidos y pesados en laboratorio, esto con el fin de tener una mayor precisión en los datos. Se realizó una estimación no lineal cuyo algoritmo fue el de la suma de los mínimos cuadrados y como criterio de ajuste se utilizó el coeficiente de determinación. Todo ello con base en la siguiente relación estimada:

$$W=aL^b$$

Donde:

W = peso del organismo (en g).

L = longitud del organismo (en mm).

a = factor de condición.

b = coeficiente de crecimiento.

7.3.2 Prueba de isometría

Para probar el tipo de crecimiento de los individuos de la población de chano, se llevó a cabo la prueba de isometría *t* de Student (Zar, 1999), la cual tomó en cuenta los valores de los exponentes *b* resultantes de las relaciones biométricas realizadas y el intervalo de confianza obtenido en la prueba. Se trabajó con un nivel de confianza del 95% y bajo la hipótesis nula que $b=3$ (crecimiento isométrico). Si el parámetro supuesto está contenido dentro del intervalo de confianza, no se rechaza la hipótesis nula. Con ello se entiende que el exponente *b* tiene un valor ideal (3) presentando proporcionalidad y un crecimiento de tipo isométrico (Pauly, 1984). Si el parámetro supuesto no se encuentra dentro del intervalo de confianza, se rechaza la hipótesis nula y se entiende que los individuos presentan desproporcionalidad y un crecimiento de tipo alométrico (Román-Rodríguez, 2000). Dado esto, si el valor del exponente *b* se encuentra por encima del intervalo de confianza, se dice que el organismo presenta un crecimiento de tipo alométrico positivo, y si este se encuentra por debajo del intervalo de confianza se dice que presenta un crecimiento de tipo alométrico negativo. La ecuación utilizada se describe de la siguiente manera:

$$I.C. (t's 95\%) = b \pm (E.E) (t_{(0.05, 2 gl)})$$

Donde

b= valor del exponente en la ecuación potencial

E.E= error estándar en la relación

t= valor tabular de *t* con un nivel de significancia de 0.05 con 2 grados de libertad

7.3.3 Estructuras de tallas y análisis multinomial

Se utilizaron los datos de longitud total (LT) en mm del chano para la obtención de las estructuras de tallas presentes en los muestreos y por tipo de pesquería (industrial y artesanal). Estos datos se agruparon en intervalos de tallas cuyo tamaño fue de 5 mm. Posteriormente se utilizó un modelo multinomial para identificar los grupos de edades, así como la longitud total media y desviación estándar de cada cohorte de chano presente en las estructuras de tallas, esto a través de la siguiente ecuación:

$$F_i = \sum_{a=1}^n \left[\left(\frac{1}{\sigma_a \sqrt{2\pi}} \right) e^{-\frac{(x_i - \mu_a)^2}{2\sigma_a^2}} \right] * P_a$$

Donde:

F_i : es la frecuencia total del grupo de talla i en el total de muestra de la cohorte.

x_i : es el punto medio del grupo para cada grupo de talla i .

μ_a : es la talla media de la cohorte a .

σ_a : es la desviación estándar de la talla en la cohorte a .

P_a : es el factor de ponderación de la cohorte a .

Este modelo fue ajustado a través de maximización con la siguiente ecuación de verosimilitud:

$$LL_{\{X|\mu_a, \sigma_a, P_a\}} = \sum_{i=1}^n f_i \ln \left(\frac{F_i}{\sum F_i} \right) - \left[\sum f_i - \sum F_i \right]^2$$

Donde $LL\{X|\mu_a, \sigma_a, P_a\}$ es el logaritmo de verosimilitud de los datos para los parámetros μ_a, σ_a, P_a ; f_i es el total de frecuencias observadas del grupo de talla i ; mientras que F_i es el total de frecuencias esperadas del grupo de talla i acorde al modelo multinomial (Haddon, 2001; Montgomery *et al.*, 2010; Rodríguez-Domínguez *et al.*, 2012).

Los grupos de edades fueron identificados de acuerdo a los siguientes criterios:

- a) Índice de separación medio mayor a 2 (Sparre y Venema, 1997):

$$I.S = 2 * \frac{(\mu_2 - \mu_1)}{(\sigma_1 + \sigma_2)}$$

- b) Una diferencia entre medias de las cohortes de chano mayor que 30 mm de LT.
c) Una desviación estándar mayor a 6 entre las cohortes de chano.

Se obtuvieron gráficos de los valores observados en las estructuras de tallas y los valores teóricos arrojados por el modelo multinomial. Con ello se evidenció el número de cohortes de chano presentes en el periodo de estudio, por tiempo de muestreo y tipo de pesquería. Asimismo, se realizó un gráfico de dispersión que relacionó los valores de

longitud media de cada cohorte, con las fechas en las que se obtuvieron las muestras en la zona de estudio.

7.3.4 Tablas de edad-talla

El uso de las claves edad-talla es uno de los métodos más comunes, por su simplicidad, para estimar el crecimiento individual de una población de peces. El método ha sido muy útil cuando se usan datos que provienen de las pesquerías comerciales, ya que se requiere del muestreo de muchos datos de tallas. Aquí la selectividad de las artes de pesca utilizadas por los distintos grupos de pescadores, nos brinda datos de peces con distintos tamaños o edades en las capturas. Dado esto, la utilización de claves edad-talla de una especie es muy válida, ya que a menos que en la región exista un elemento insólito en las pautas de crecimiento, la relación entre tallas y edades será la misma para todos los grupos (Gulland y Rosenberg, 1992).

Para este caso, se obtuvo la información de edad relativa a la talla de las muestras de chano (2010-2012), con la utilización de la clave edad-talla de Román-Rodríguez (2000). La información de dicha clave fue generada a partir de la lectura de otolitos de chano *Micropogonias megalops*, realizada durante un estudio de 1997 a 1998 en el Alto Golfo de California (Tabla I). Para la asignación de edad a las tallas de chano en el presente trabajo, se realizó una conversión de manera porcentual y proporcional de los datos, basados en lo establecido por la clave. Para ello se siguió la metodología propuesta por Gulland y Rosenberg (1992) y Sparre y Venema (1997).

Con los valores porcentuales obtenidos, se asignaron las distribuciones de tallas del presente trabajo a lo correspondiente en la clave edad-talla (Tabla I). A partir de allí se obtuvieron las cantidades de organismos que pertenecieron a cierta edad por cada intervalo de tallas. La información se utilizó para construir la gráfica edad-talla de los datos observados en número de individuos y en términos porcentuales para el chano. Asimismo, se asignó la edad a las longitudes totales medias de cada cohorte evidenciada en el análisis multinomial. Para ello se tomó en cuenta la edad que representó mayor proporcionalidad para dichas longitudes, en la distribución de la clave edad-talla de Román-Rodríguez (2000). Con dichos datos se construyeron gráficos de edad de las cohortes presentes en las muestras de origen industrial y artesanal, así como de forma general para todo el periodo de estudio. Con esto se denota en qué edad las cohortes inciden más en las pesquerías comerciales en la zona de estudio.

Tabla I. Lecturas de la edad relativa a la talla del chano *Micropogonias megalops* en el Alto Golfo de California, obtenidas por Román-Rodríguez (2000).

Clase (mm)	Grupo de edad																	Total de ind.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
90-95	2																	2
96-105	3																	3
106-115	7																	7
116-125	9																	9
126-135	13	2																15
135-145	9	2																11
146-155	6	5																11
156-165	1	9																10
166-175		24																24
176-185	4	31																35
186-195	3	22																25
196-205		15																15
206-215	3	18																21
216-225	1	6																7
226-235		5	1															6
236-245	2	4	5															11
246-255		12	3															15
256-265	4	11	3															18
266-275	4	3	5															12
276-285	1	5	7	1														14
286-295	1	5	1															7
296-305		2	2		1													5
306-315		1	3															4
316-325			1	5														6
326-335		6	1	2	1			1										11
336-345	1	4	5	4				2										16
346-355	1	5	8	2	1													17
356-365	1	10	15	6	4	2		3										41
366-375	2	9	22	13	3	2	4	1										56
376-385		5	13	15	9	1	4	3										50
386-395		1	9	14	6	3	3	4		1								41
396-405		2	15	10	5	1	2				2		1					38
406-415		2	6	3	3	4	5	2	1									26
416-425			3	4	3	3	1	1	2	2	2							21
426-435			1	9	1		2								1			14
436-445				2	2	3	2	3	2									14
446-455					2	2			1	2	2							9
456-465							2		1	1						1		5
466-475				2			1	1		1	2			2				9
476-485											1		1					2
486-495											1							1
Total de ind.	73	187	75	104	87	40	21	29	18	6	7	11	0	2	2	1	1	664

7.3.5 Estimación de parámetros y curvas de crecimiento

Para estimar el crecimiento individual del chano *Micropogonias megalops*, se hizo una inferencia multimodelo utilizando los valores de edad y tallas observadas, siguiendo la metodología descrita por Burnham y Anderson (2002). Para el ajuste de los parámetros de cada uno de los modelos, se utilizó el criterio de ajuste de la Máxima Verosimilitud negativa (Negative Log Likelihood). Los modelos utilizados en el análisis fueron el modelo de crecimiento de von Bertalanffy (MCVB; von Bertalanffy, 1938), el modelo Gompertz (Gompertz, 1825), el modelo Logístico (Verhulst, 1839) y el modelo general de Schnute (Schnute, 1981). El modelo de crecimiento de von Bertalanffy o MCVB (von Bertalanffy, 1938) presenta una forma exponencial inversa de curva, es de tipo asintótico y presenta tres parámetros en su ecuación, la cual se describe de la siguiente manera:

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

El modelo de crecimiento de Gompertz (1825) presenta una curva sigmoidea, es de tipo asintótico y presenta tres parámetros en su ecuación, la cual se describe de la siguiente manera:

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

El modelo Logístico (Verhulst, 1839) presenta una curva sigmoidea, es de tipo asintótico y presenta tres parámetros en su ecuación, la cual se describe de la siguiente manera:

$$L_{(t)} = \frac{L_{\infty}}{(1 + e^{-K(t-t_0)})}$$

En estos tres modelos (MCVB, Gompertz y Logístico) L_t es longitud a la edad t .

Se presenta como variable al tiempo en años (t) y los mismos parámetros de crecimiento en sus ecuaciones, los cuales son:

L_{∞} : es la longitud media máxima o longitud asintótica en mm.

K : es el coeficiente instantáneo de crecimiento (anual).

y t_0 : que es la edad teórica a la que el organismo tiene una longitud igual a cero (años).

Se utilizó un modelo alternativo, el cual permitiera hacer una estimación de los parámetros en ausencia de datos pertenecientes a individuos muy jóvenes o adultos muy grandes. Dicho modelo de crecimiento fue el modelo general de Schnute (1981), cuya función presenta una curva teórica versátil y puede mostrar un crecimiento de tipo asintótico y no asintótico dependiendo del valor de los parámetros (Montgomery *et al.*, 2010). El modelo se describe a través de la siguiente ecuación:

$$L(t) = \left[y_1^b + (y_2^b - y_1^b) \frac{1 - e^{-a(t-T_1)}}{1 - e^{-a(T_2-T_1)}} \right]^{\frac{1}{b}}$$

Donde:

T_1 : es la edad más pequeña en los datos.

T_2 : es la edad más grande en los datos.

a : es la tasa relativa de crecimiento (constante en tiempo y equivalente a K).

b : es un incremento relativo en la tasa de crecimiento (incremento constante en tiempo).

Y_1 : es la talla a la edad T_1 .

Y_2 : es la talla a la edad T_2 .

La tabla II muestra de forma comparativa las características de los modelos de crecimiento puestos a prueba para evaluar el crecimiento individual del chano *Micropogonias megalops* en el Norte del Golfo de California.

Tabla II. Características de los modelos utilizados en la evaluación del crecimiento individual del chano, *Micropogonias megalops* (Gilbert, 1890) en el Norte del Golfo de California.

Modelo	Número de parámetros	Forma	Asintótico
von Bertalanffy (MCVB) $L_t = L_{\infty} (1 - e^{-K(t-t_0)})$	3	Curva convexa	Si
Gompertz $L_t = L_{\infty} e^{-e^{-K(t-t_0)}}$	3	Sigmoidea	Si
Logístico $L_t = L_{\infty} / (1 + e^{-K(t-t_0)})$	3	Sigmoidea	Si
Schnute $L_t = [y_1^b + (y_2^b - y_1^b) * 1 - e^{-a(t-T_1)} / 1 - e^{-a(T_2-T_1)}]^{1/b}$	4	Versátil	Si/No

Durante la estimación de los parámetros de crecimiento en los modelos, se asumió un error estructural de tipo multiplicativo en el cálculo de $L_{(t)}$. Este tipo de error se asume cuando la variabilidad en el crecimiento incrementa como una función de la variable independiente (Quinn y Deriso, 1999). Los valores de los parámetros fueron ajustados a través de la maximización del logaritmo negativo de verosimilitud (-Log likelihood), con el uso de la siguiente ecuación:

$$-LnL_{(\theta_{datos})} = \sum_t \left[-\frac{1}{2} Ln(2\pi) \right] - \left[\frac{1}{2} Ln(\sigma^2) - \frac{(Ln L_{obs(t)} - Ln \hat{L}_{(t)})^2}{2\sigma^2} \right]$$

El procedimiento utiliza los valores del criterio de ajuste dado por los datos observados y los valores calculados (logaritmo negativo de verosimilitud) para estimar el valor de los parámetros en cada uno de los modelos. Esto por medio de iteraciones y de aproximaciones sucesivas que ajustan el valor más probable de los parámetros, siguiendo el algoritmo de Newton (Neter *et al.*, 1996).

Se obtuvo el valor de los residuales para cada modelo a través de la diferencia logarítmica de los valores observados (L_{obs}) y valores calculados (L^{\wedge}) en cada edad (t), la ecuación utilizada se describe de la siguiente manera:

$$\text{Residuales} = Ln L_{obs(t)} - Ln \hat{L}_{(t)}$$

Ya con los valores residuales se calculó Sigma (σ) o desviación estándar con el uso de la siguiente función:

$$\sigma = \sqrt{\sum_{t=1}^n \frac{[Ln L_{obs(t)} - Ln \hat{L}_{(t)}]^2}{n}}$$

Donde el valor de n representa el número de edades observadas (Cerdenares-Ladrón De Guevara *et al.*, 2011) en las muestras de chano.

Ya estimados y ajustados los parámetros de crecimiento de cada modelo, se retornó a la ecuación general de Schnute. Se utilizaron los valores de a , b , Y_1 y Y_2 del modelo para calcular L_∞ y t_0 (definida por Schnute como τ_0) a través de las siguientes ecuaciones (Schnute, 1981):

$$\tau_0 = T_1 + T_2 - \frac{1}{a} \operatorname{Ln} \left[\frac{e^{aT_2} y_2^b - e^{aT_1} y_1^b}{y_2^b - y_1^b} \right]$$

y

$$L_\infty = \left[\frac{e^{aT_2} y_2^b - e^{aT_1} y_1^b}{e^{aT_2} - e^{aT_1}} \right]^{\frac{1}{b}}$$

Para el cálculo de estos parámetros del modelo a través de las ecuaciones antes descritas, se asume que $a \neq 0$ y $b \neq 0$ (Schnute, 1981).

Con los valores de longitud y tiempo calculados en cada modelo, se obtuvieron los gráficos de las curvas de crecimiento de *M. megalops*. Después se procedió a realizar una comparación de las distintas curvas proyectadas por cada modelo. Para ello se construyó un sólo gráfico en el que se incluyeron las curvas ajustadas de los cuatro modelos (MCVB, Gompertz, Logístico y Schnute), para así tener de manera visual los datos observados y las curvas de crecimiento calculadas.

7.3.6 Perfiles de los parámetros de crecimiento

Para la construcción de los perfiles de los parámetros de crecimiento, se utilizaron los valores calculados de cada parámetro, los intervalos de confianza (95%), y los valores de logaritmo negativo de verosimilitud (-Log likelihood) correspondiente en cada modelo. Para la estimación de los intervalos de confianza (I.C. 95%) de cada uno de los parámetros en MCVB, Gompertz, Logístico y Schnute, se usó el método del perfil de verosimilitud (Venzon y Moolgavkor, 1988; Hilborn y Mangel, 1997) porque este puede ser usado para determinar intervalos de confianza para parámetros de manera conjunta o individual. Los intervalos de confianza para los parámetros θ (k) fueron estimados basados en la distribución χ^2 con m grados de libertad (Zar, 1999). El

intervalo de confianza fue definido como todos los valores θ que satisfacen la desigualdad:

$$2[L(Y|\theta) - L(Y|\theta_{mejor})] < \chi^2_{1,1-\alpha}$$

Donde $L(Y|\theta_{mejor})$ es el logaritmo negativo de verosimilitud del valor más probable de θ y $\chi^2_{1,1-\alpha}$ son los valores de la distribución χ^2 con 1 grado de libertad a un nivel de confianza de $1-\alpha$. Así, el intervalo de confianza al 95% para θ abarca todos los valores de θ que son dos veces la diferencia entre el logaritmo de verosimilitud negativa del mejor estimado de θ que es menos que 3.84 para un parámetro (Haddon, 2001; Pawitan, 2001).

7.3.7 Selección del modelo de crecimiento

Con el objetivo de seleccionar el mejor modelo de crecimiento dentro de los modelos puestos a prueba, se procedió a utilizar el criterio de información de Akaike (AIC). Esta es una herramienta exploratoria que identifica a un mejor modelo dentro de un grupo de modelos candidatos, para un solo grupo de datos (Burnham y Anderson, 2002). En el cálculo de AIC, se contemplan los valores de la función de verosimilitud (logaritmo negativo de verosimilitud) y el número de parámetros de cada modelo (k). Todo ello a través de la siguiente ecuación:

$$AIC = (2 \times -LnL) + (2 \times k)$$

Dependiendo de la cantidad de datos observados (n) y la cantidad de parámetros totales (k) de los modelos puestos a prueba, se hace la corrección de AIC, el cual es un procedimiento necesario cuando el valor de n/k es menor a 40. En este caso la corrección se lleva a cabo a través de la ecuación:

$$AIC_C = AIC + \frac{2k(k+1)}{n-k-1}$$

Con base en los valores de AIC (AIC_c ; no en este caso) se identificó el valor mínimo y se determinó el valor de Δ para cada modelo. El procedimiento consistió en hacer una diferencia entre cada uno de los valores de AIC menos el valor mínimo de AIC , como se dicta en la siguiente ecuación:

$$\Delta_i = AIC_i - AIC_{\min}$$

Si los valores Δ_i de cada modelo son superiores a 10, no están apoyados por los datos y no se deben de considerar para la elección del mejor modelo. Si los valores de Δ_i se encuentran entre 7 y 4, se dice que el modelo está apoyado considerablemente por los datos, mientras que si Δ_i se encuentra entre valores menores de 2, se dice que el modelo está fuertemente apoyado por los datos (Burnham y Anderson, 2002).

Para tener una mayor certeza en la selección del modelo que mejor describe el crecimiento individual del chano, se calculó la plausibilidad o peso de cada uno de los modelos utilizados (w_i). En este procedimiento se evidencia una categorización de los modelos candidatos a través de la ponderación de Akaike (Burnham y Anderson, 2002). Esto se llevo a cabo a través de la siguiente fórmula:

$$w_i = \frac{\exp\left(-\frac{1}{2}\Delta_i\right)}{\sum_{k=1}^4 \exp\left(-\frac{1}{2}\Delta_k\right)}$$

Con los valores del peso ponderado de Akaike (w_i), se obtuvo el valor porcentual que representa cada modelo multiplicando $w_i * 100$. Con base en el resultado se procedió a elegir al modelo con el mayor valor porcentual (más cercano a 100%) para tomarse como aquél que explica más fehacientemente el crecimiento individual promedio en la población de chano en el Norte del Golfo de California.

Basados en el enfoque de la inferencia multimodelo, si no existe un claro modelo ganador dentro de los puestos a prueba, se procede a calcular un modelo promedio que permita reducir la incertidumbre en la explicación de los datos. El cálculo del modelo promedio fue llevado a cabo haciendo uso de los 4 modelos candidatos para dar soporte al crecimiento asintótico de la especie. Este cálculo no es un promedio

aritmético entre los valores de los parámetros calculados, sino que se obtiene a través de la suma del producto de la multiplicación del parámetro L_∞ estimado para cada modelo por su correspondiente w_i como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\bar{L}_\infty = \sum_{i=1}^4 w_i \hat{L}_{\infty, i}$$

Se estimó el intervalo de confianza (95%) del valor de L_∞ estimado para cada uno de los modelos candidatos, así como el del modelo promedio a través de la siguiente ecuación tipo t de Student:

$$\hat{L}_\infty = \pm t_{g.l., 0.975} E.E.(\hat{L}_\infty)$$

Donde

$$E.E.(\bar{L}_\infty) = \sum_{i=1}^4 w_i * \left(\text{var}(\hat{L}_{\infty, i} | g_i) + (\hat{L}_{\infty, i} - \bar{L}_\infty)^2 \right)^{\frac{1}{2}}$$

Donde $E.E.$ es el error estándar de la longitud asintótica promedio; w_i es el peso de Akaike de los modelos y $\text{var}(\hat{L}_{\infty, i} | g_i)$ es la varianza del estimado de longitud asintótica acorde a g_i , condicional en el modelo (Katsanevakis, 2006; Katsanevakis y Maravelias, 2008).

8. RESULTADOS

Se analizaron un total de 1454 individuos de chano *M. megalops* durante los tres años de estudio (2010, 2011 y 2012), los cuales fueron obtenidos de la pesca industrial y artesanal en el Norte del Golfo de California. En particular, la información generada corresponde a los datos dados por la flota y arribos en Puerto Peñasco, Sonora, ya que la forma de operación incluye la mayor parte del área de interés. Se presentan datos sobre relaciones biométricas, análisis de isometría, estructuras de tallas, análisis multinomial, así como de edad y crecimiento de la especie.

8.1 Relaciones biométricas

Los datos utilizados para este análisis provinieron de organismos procesados en laboratorio. Se uso un total de 200 datos de longitudes (LT, LP) y pesos (PT) de ejemplares de chano que se ajustaron a una ecuación potencial.

El ajuste a la relación LT-PT total (Fig. 6) fue de tipo potencial y presentó un coeficiente de correlación alto $R^2 = 0.96$, lo cual nos indica que las variables talla-peso están altamente relacionados en la especie. Presenta a la vez un exponencial o coeficiente de isometría de $b = 3.16$. La relación LP-PT (Fig. 7) fue de tipo potencial, con un valor de correlación también alto $R^2 = 0.95$, con un coeficiente de isometría $b = 2.96$. Las variables LT y LP mostraron una relación de tipo lineal (Fig. 8), con un valor de correlación alto $R^2 = 0.98$.

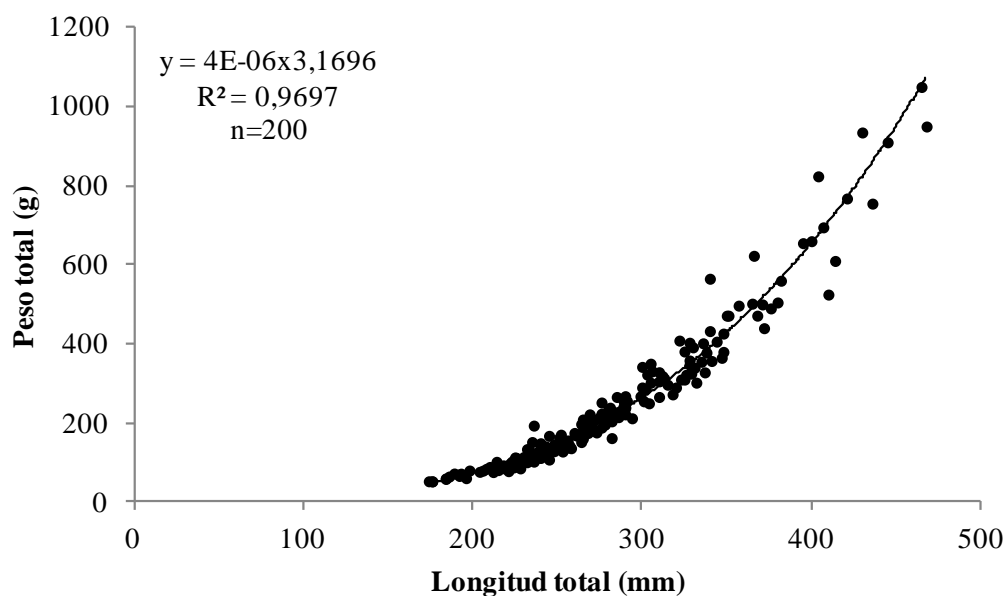


Figura 6. Relación longitud-peso (LT-PT) del chano *Micropogonias megalops* del periodo 2010-2012 en el NGC.

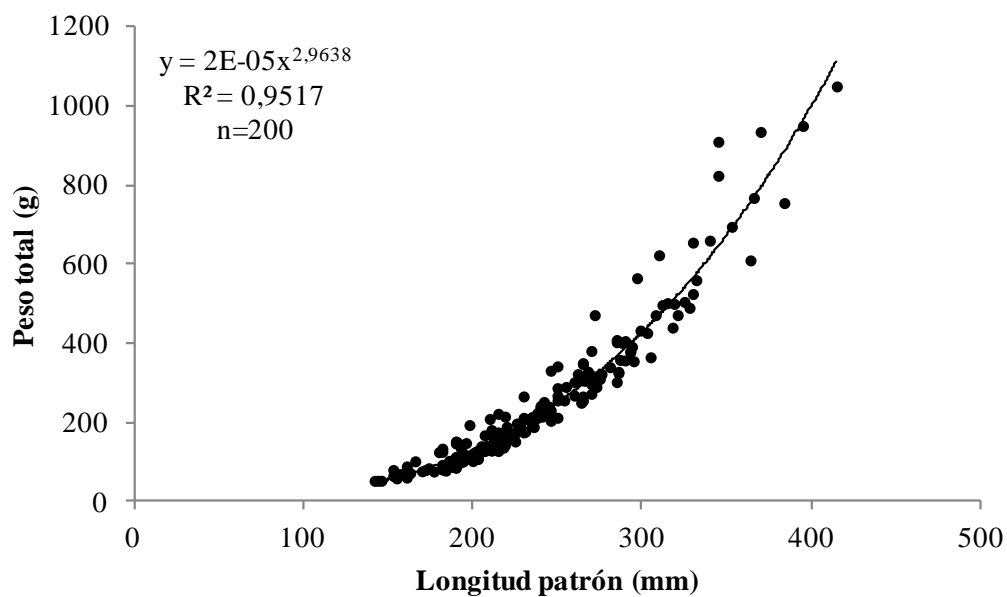


Figura 7. Relación longitud-peso (LP-PT) del chano *Micropogonias megalops* del periodo 2010-2012 en el NGC.

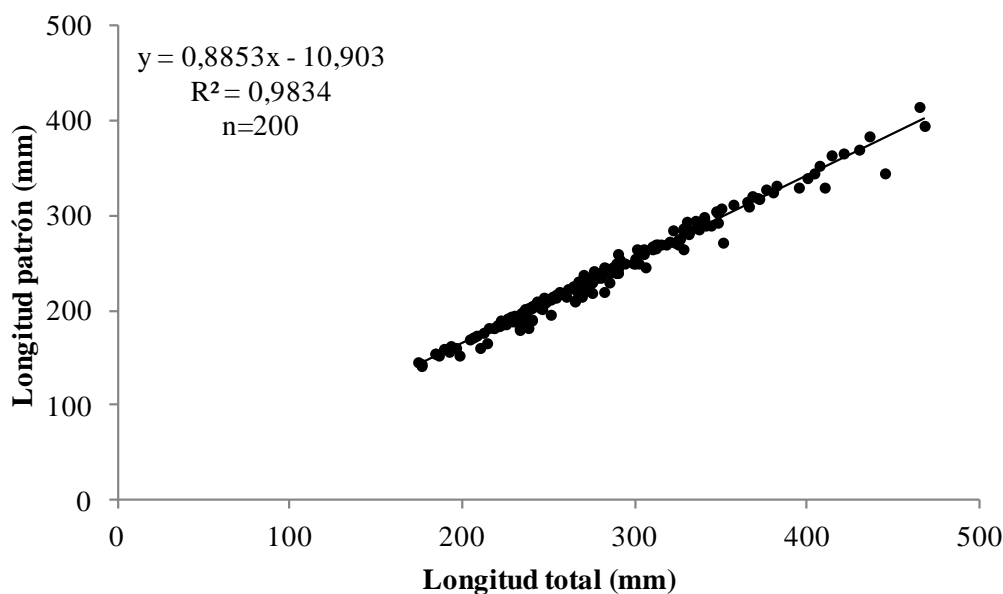


Figura 8. Relación longitud total-longitud patrón (LT-LP) del chano *Micropogonias megalops* del periodo 2010-2012 en el NGC.

8.2 Prueba de isometría

Los valores que presenta la ecuación potencial para cada relación talla-peso, en especial los del exponente b (coeficiente de isometría), son los que se tomaron en cuenta para realizar el análisis del tipo de crecimiento en los individuos. La prueba de isometría t Student en los datos de la especie se muestra en la tabla III. En general se encontraron valores del exponente b dentro del intervalo de confianza. En el caso de la relación LT-PT $b = 3.16$ con un intervalo de confianza (95%) de 2.90-3.43. Dados estos valores, se acepta la H_0 y se sostiene que el chano presenta un crecimiento de tipo isométrico o un crecimiento proporcional según los datos analizados. Esto quiere decir que el crecimiento de las partes analizadas es proporcional y ocurre a una velocidad similar. Lo mismo ocurrió con los datos de LP-PT, donde el valor del exponente en la ecuación se encontró dentro del intervalo de confianza $b = 2.96$ (I.C. 95%; 2.68-3.23).

Tabla III. Prueba de la t de Student para analizar el tipo de crecimiento del chano *Micropogonias megalops* en el NGC. Datos generales de las relaciones biométricas obtenidas en laboratorio LT-PT y LP-PT del 2010-2012.

Periodo	2010-2012								
Intervalo de tallas	LT 174-468 mm LP 142-415 mm								
Nivel confianza	95 %								
Ho	b=3								
Si 3 se encuentra dentro del intervalo de confianza, se acepta Ho (crec. Isométrico).									
Relación	n	Media	Varianza	D. E	E.E	Int. de confianza		b	Crecimiento
						Lsup	Linf		
LT-PT	200	277.91	1395.77	37.36	0.1344	3.4330	2.9061	3.1696	Isométrico
LP-PT	200	235.13	1083.16	32.91	0.1399	3.2381	2.6894	2.9638	Isométrico

8.3 Estructura de tallas y análisis multinomial

Se analizaron las estructuras de tallas presentes durante el periodo de estudio, en la cual se incluyen datos pertenecientes a las muestras de origen industrial y artesanal. La figura 9 se observa la distribución de frecuencias de un total de 126 individuos de chano correspondiente a la pesca industrial en diciembre del 2010. Las tallas se encontraron en un rango que fue de los 210 a los 430 mm de LT, con máximos a los 225 y 240 mm.

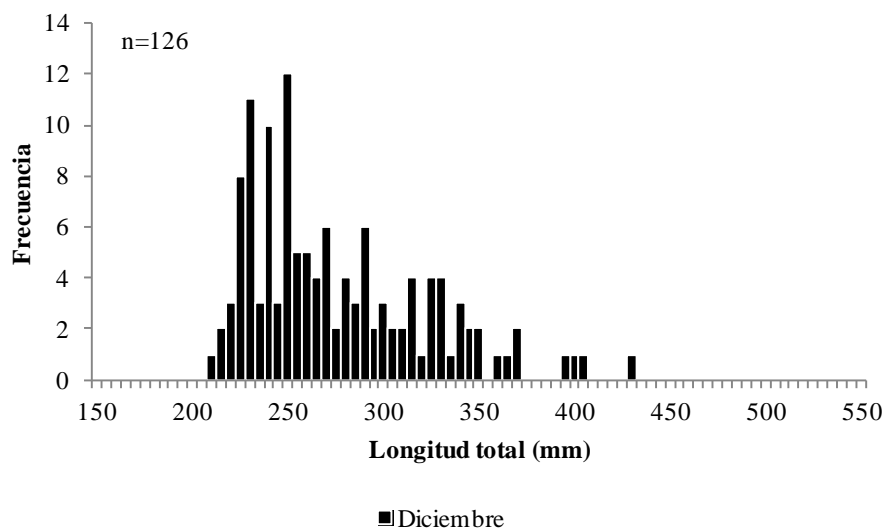


Figura 9. Estructura de tallas del chano *Micropogonias megalops* obtenidos a través de la pesca industrial durante diciembre del 2010 en el NGC.

La distribución de frecuencias del chano en el 2011 se muestra en la figura 10. En la figura 10a se observan las tallas de un total de 50 individuos, los cuales pertenecieron a los meses de marzo-abril y se encontraron en un rango de los 175-355 mm de LT. Los mayores picos se presentaron en tallas que van de los 235-240 mm de LT. En la figura 10b, se presenta la distribución de frecuencias de un total de 278 ejemplares de la especie en los meses de octubre y diciembre de ese mismo año. El rango en que estuvieron las tallas fue de 165-510 mm de LT. Los mayores picos se presentaron de los 290-305 mm en el mes de diciembre.

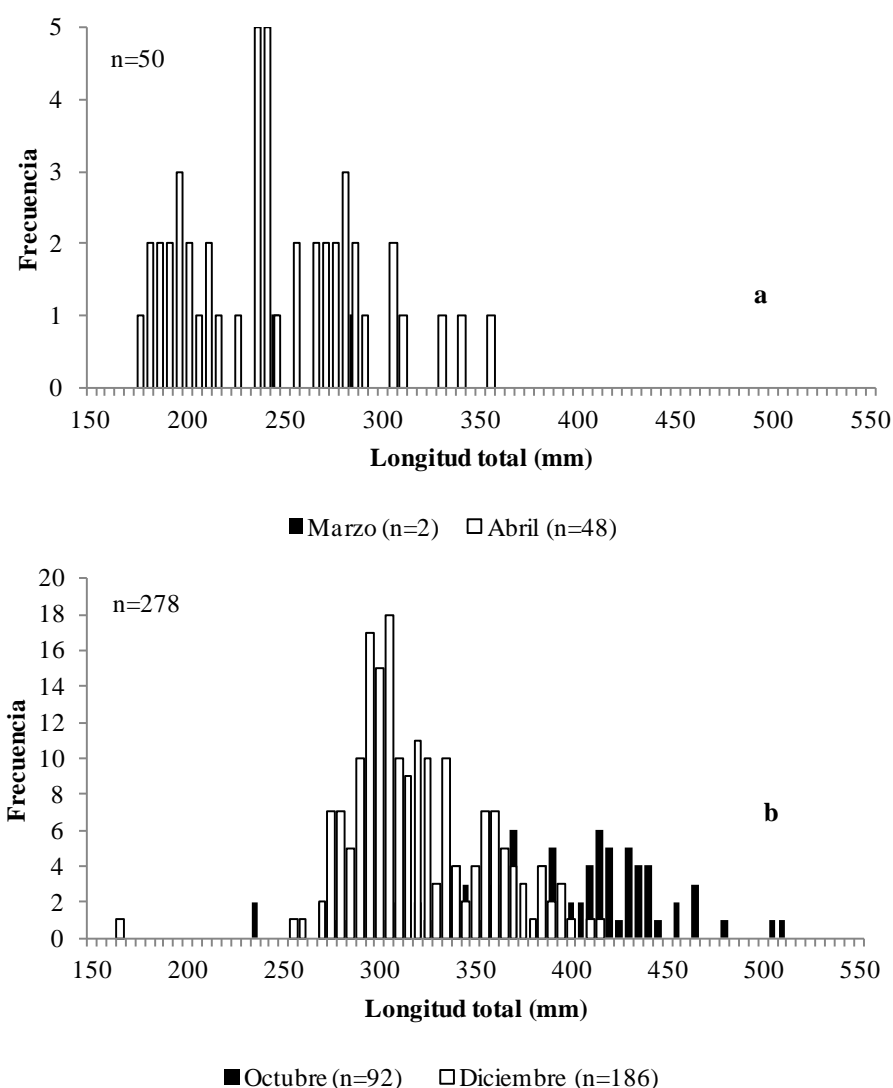


Figura 10. Estructuras de tallas del chano *Micropogonias megalops* obtenidos a través de la pesca industrial durante marzo-abril (a) y octubre-diciembre (b) del 2011 en el NGC.

Durante el año 2012 se obtuvieron tallas de la pesca industrial y pesca artesanal de la zona (Fig. 11). Para la pesca industrial se presentaron tallas que fueron de los 245 a los 500 mm de LT, con un total de 347 individuos analizados pertenecientes a los meses de enero, febrero y marzo. Los mayores picos de frecuencias de tallas se presentaron en las tallas que van de los 300-320 mm de LT (Fig. 11a). Se obtuvieron un total de 653 individuos de chano a través de la pesca artesanal, los cuales fueron muestreados durante los meses de marzo y abril en la zona. Las tallas de este origen se presentaron en un rango de 220-470 mm de LT. Los mayores picos estuvieron entre los 350-400 mm de LT (Fig. 11b).

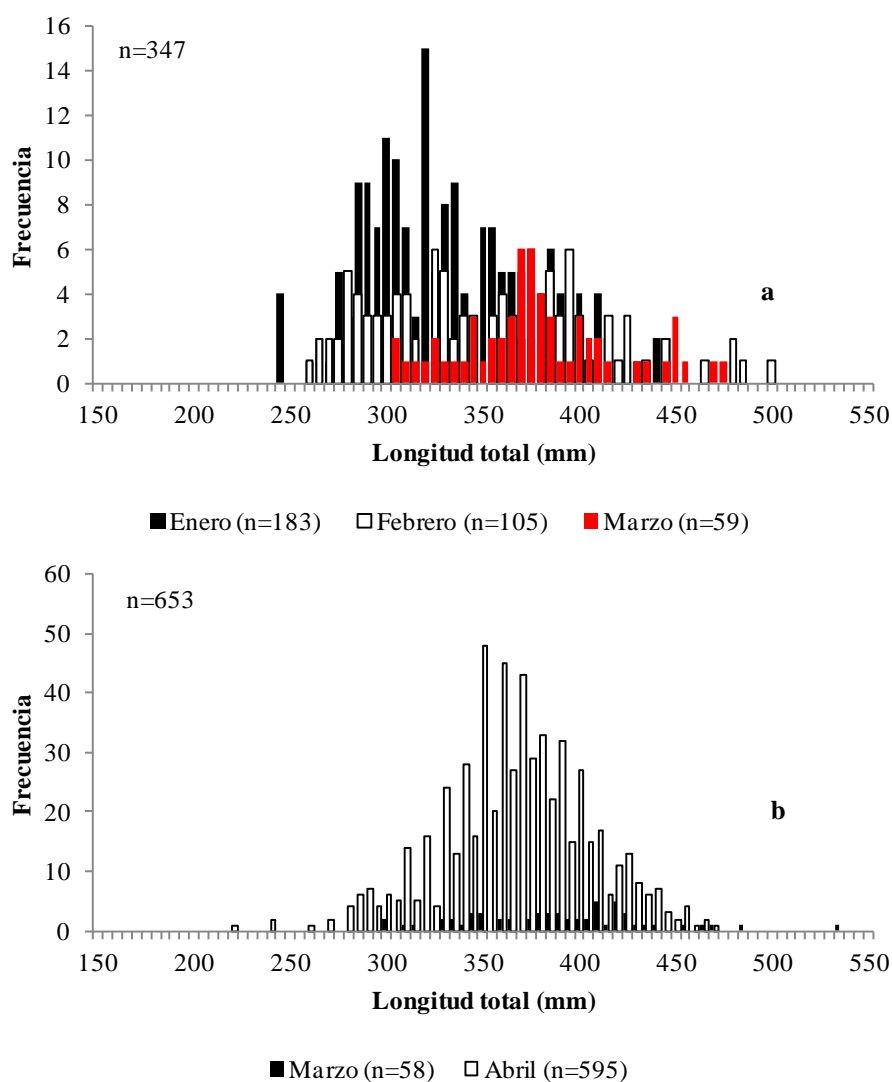


Figura 11. Estructuras de tallas del chano *Micropogonias megalops* obtenidos a través de la pesca industrial durante enero-marzo (a) y artesanal durante marzo-abril (b) del 2012 en el NGC.

La estructura de tallas general incluye los datos de la pesca industrial y artesanal durante todo el periodo de estudio (2010-2012) en la zona (Fig. 12). Las tallas de un total de 1454 individuos de chano se presentaron en un rango que va de los 165-535 mm LT. Las mayores frecuencias ocurrieron en tallas que van de los 275-400 mm LT. Se nota de forma general que las tallas mayores (LT) obtenidas en los muestreos, pertenecieron a las provenientes de la pesca artesanal en el Norte del Golfo de California.

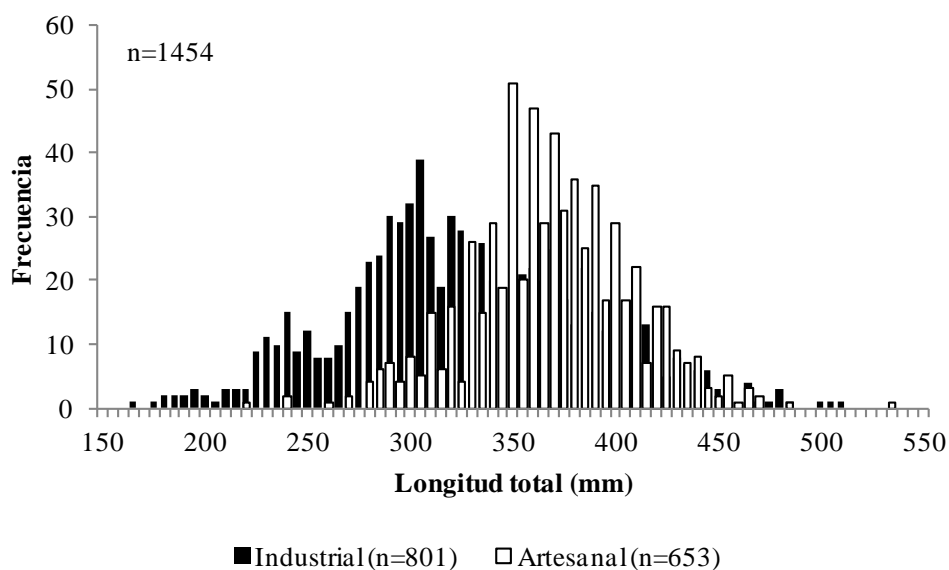


Figura 12. Estructura de tallas global del chano *Micropogonias megalops* obtenido a través de la pesca industrial (2010-2012) y artesanal (2012) en el NGC.

El análisis multinomial del chano se basó en las estructuras de tallas obtenidas para el periodo de estudio. En ellas se presentaron distintas cantidades de grupos de tallas o cohortes, las cuales se definen como; grupos de organismos que nacieron en un mismo lugar y en un mismo tiempo. Los datos de las múltiples cohortes se presentan para cada mes y año muestreado, así como por tipo de pesca (industrial y artesanal) (Fig. 13) en el NGC. El análisis multinomial muestra las frecuencias teóricas (línea) y las frecuencias observadas (barras) de tallas para el chano, para denotar las distintas cohortes identificadas.

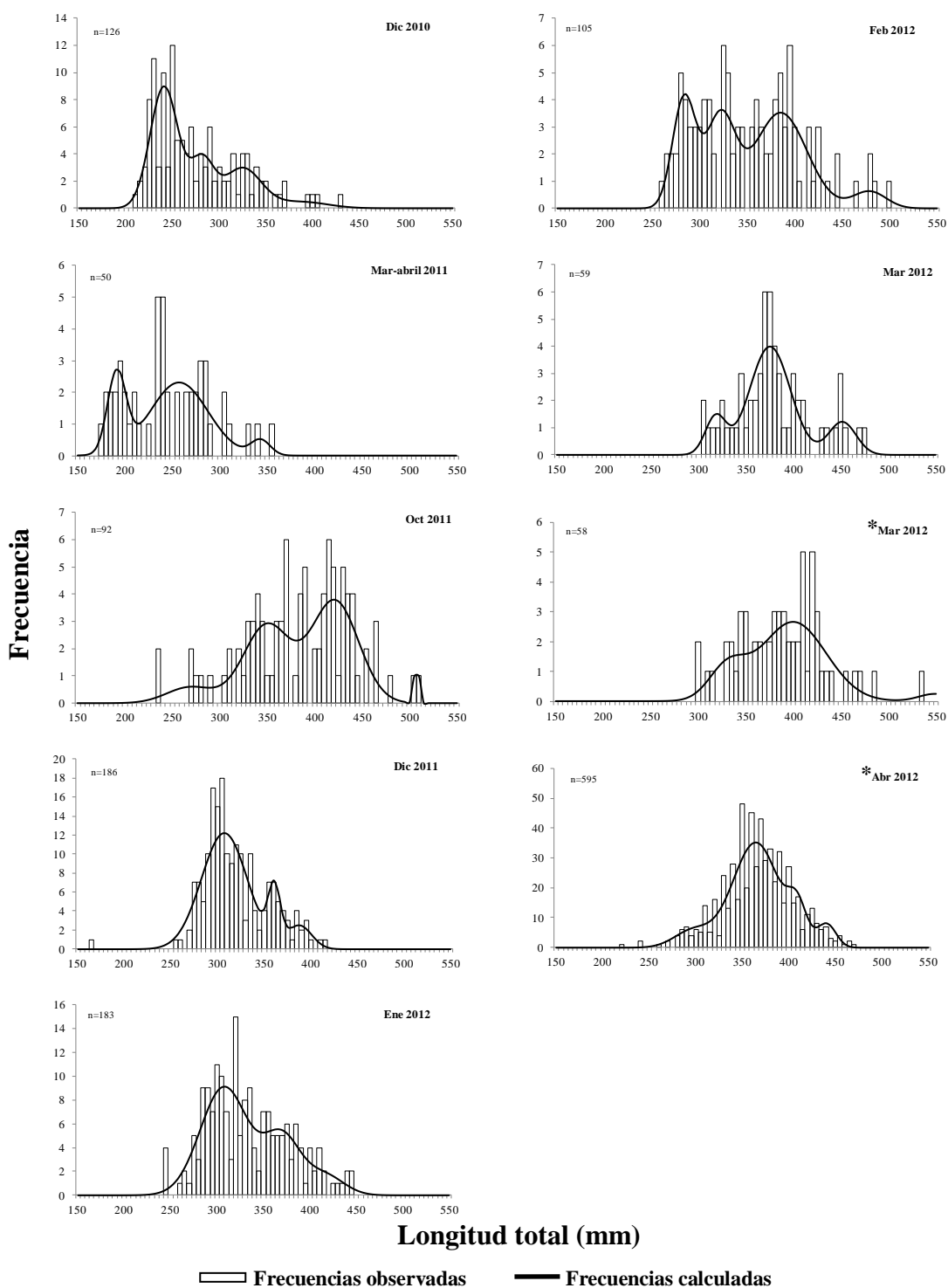


Figura 13. Análisis multinomial de las estructuras de tallas de chano *Micropogonias megalops* presentes por meses en la pesca industrial y la pesca artesanal* durante el periodo de estudio en el NGC.

La estructura de tallas general (2010-2012) y el análisis multinomial evidenciaron un total de 5 cohortes para el chano (Fig. 14). En ella se incluyen datos de ambas pesquerías de la zona. Las modas mayores se encontraron en tallas dentro de un rango que fue de los 275-400 mm de LT.

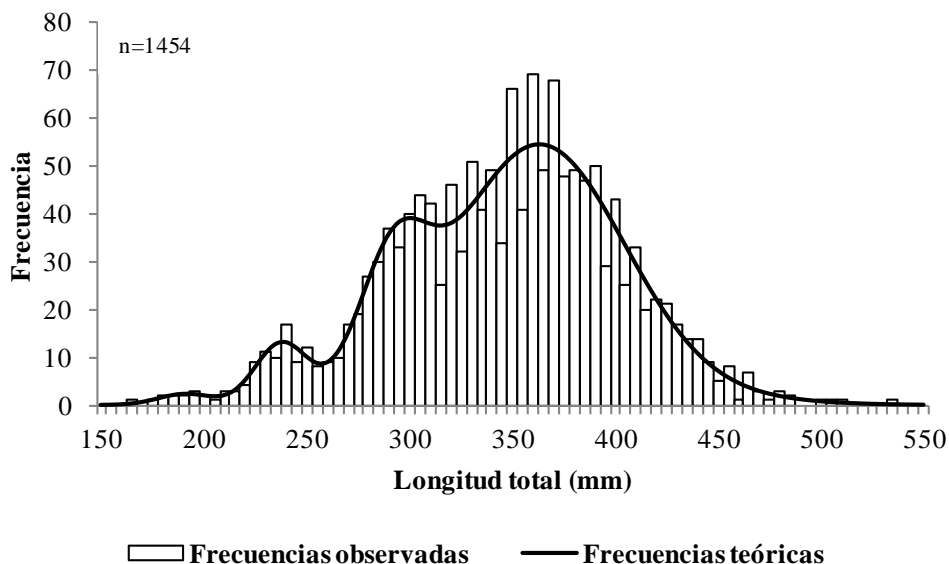


Figura 14. Análisis multinomial de la estructura de tallas general del chano *Micropogonias megalops* 2010-2012 en el NGC.

Los valores de los parámetros calculados, ajustados por medio del modelo multinomial que describen las gráficas anteriores, se presentan en las tablas IV, V y VI. En ellas se encuentra el origen de las muestras, la población o cantidad de organismos de chano que se estructuraron por tallas. Asimismo se presenta la longitud total media de cada cohorte y la cantidad de cohortes presentes en cada mes, año y tipo de pesca. Se presenta también la desviación estándar e índice de separación que se calcularon para cada cohorte. De igual manera se presentan los valores de los parámetros del análisis multinomial para la estructura de tallas general. Se muestran las edades asignadas para la longitud total media de cada cohorte, esto basado en la clave edad-talla de Román-Rodríguez (2000).

Tabla IV. Cohortes de chano *Micropogonias megalops* (Gilbert, 1890), identificadas con análisis multinomial; en la pesca industrial del 2010-2012 en el NGC. *No asignado en clave edad-talla de Román-Rodríguez (2000).

Fecha Pesca Industrial	Cohorte	Tamaño de la población	LT media (mm)	Desviación estándar	Índice de separación	Edad (años)
Dic. 2010 Población: 126	1	67.42	240.89	15.00	n.a	3
	2	21.83	281.44	12.60	2.93	3
	3	29.89	324.65	20.24	2.62	4
	4	6.82	387.19	28.61	2.55	5
Mar-abr. 2011 Población: 50	1	12.25	191.21	9.73	n.a	2
	2	35.29	257.11	30.48	3.27	2
	3	2.45	343.25	10.17	4.23	4
Oct. 2011 Población: 92	1	7.41	269.14	24.92	n.a	3
	2	35.40	349.63	24.57	3.25	4
	3	47.19	421.21	24.99	2.88	5
	4	1.95	507.50	1.87	6.42	*
Dic. 2011 Población: 186	1	150.78	307.09	24.65	n.a	3
	2	18.91	360.71	6.54	3.43	4
	3	16.29	387.79	13.23	2.73	5
Ene. 2012 Población: 183	1	117.71	307.52	25.74	n.a	3
	2	47.70	369.67	19.57	2.74	4
	3	17.58	415.62	20.75	2.27	5
Feb. 2012 Población: 105	1	24.45	283.37	12.11	n.a	3
	2	26.13	321.59	15.59	2.75	4
	3	48.92	385.13	27.69	2.93	5
	4	5.49	478.82	17.48	4.14	11
Mar. 2012 Población: 59	1	7.56	317.67	10.90	n.a	4
	2	42.67	375.05	21.43	3.54	4
	3	8.76	451.47	14.47	4.25	12

Tabla V. Cohortes de chano *Micropogonias megalops* (Gilbert, 1890), identificadas con análisis multinomial; en la pesca artesanal del 2012 en el NGC. *No asignado en clave edad-talla de Román-Rodríguez (2000).

Fecha Pesca Artesanal	Cohorte	Tamaño de la población	LT media (mm)	Desviación estándar	Índice de separación	Edad (años)
Mar. 2012 Población: 58	1	10.36	330.45	19.31	n.a	3
	2	46.40	399.82	34.65	2.57	4
	3	1.22	549.10	17.06	5.77	*
Abr. 2012 Población: 595	1	57.81	297.17	20.08	n.a	3
	2	440.27	364.57	24.98	2.99	4
	3	57.88	409.15	10.03	2.54	4
	4	39.00	440.79	10.04	3.15	9

Tabla VI. Cohortes generales de chano *Micropogonias megalops* (Gilbert, 1890), identificadas con análisis multinomial; en la pesca industrial y artesanal del 2010-2012 en el NGC.

Fecha General	Cohorte	Tamaño de la población	LT media (mm)	Desviación estándar	Índice de separación	Edad (años)
2010-2012 Población: 1454	1	15.06	191.21	13.04	n.a	2
	2	79.13	237.71	12.71	3.61	3
	3	198.34	292.25	16.51	3.73	2
	4	1147.42	363.19	42.03	2.42	4
	5	14.05	465.53	35.57	2.63	8

Se presentan de forma gráfica las longitudes medias de cada una de las cohortes de chano identificadas a lo largo del estudio (Fig. 15). En esta gráfica de dispersión de datos se muestra a la vez el número de cohortes ocurridas en cada fecha de muestreo en el Norte del Golfo de California. Es difícil notar alguna progresión modal debido a la clara ausencia de datos en las fechas de verano del 2011. Por lo contrario en el inicio del año 2012 existe mayor cantidad de datos que muestran en cierto grado un desplazamiento modal de un mes a otro.

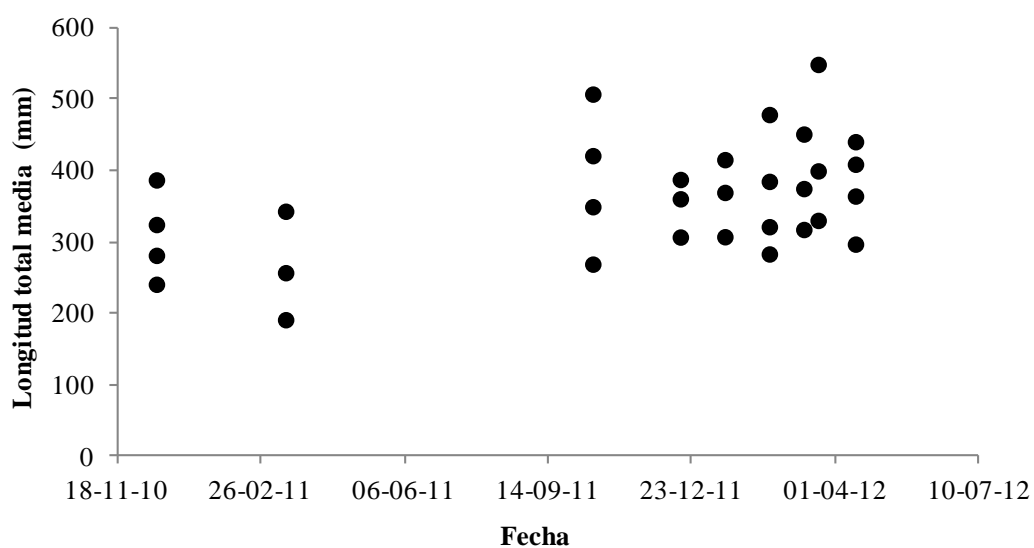


Figura 15. Longitud total media en mm de las cohortes del chano *Micropogonias megalops* identificadas en el periodo de estudio 2010-2012 en el NGC.

La edad asignada a cada una de las cohortes se muestra en la figura 16. En ella se denotan las edades teóricas de la longitud total media calculada con el análisis multinomial. Según la edad asignada a las cohortes, ambas pesquerías inciden mayormente sobre cohortes de chano con edades de 2-5 años. La asignación de edad a las cohortes generales se muestra en la figura 17. Se muestra el mismo patrón de edades en que incide la pesca comercial en el área de estudio (menores de 5 años). Las cohortes más viejas (>5 años) se presentan de forma muy puntual en general para la totalidad de las cohortes analizadas.

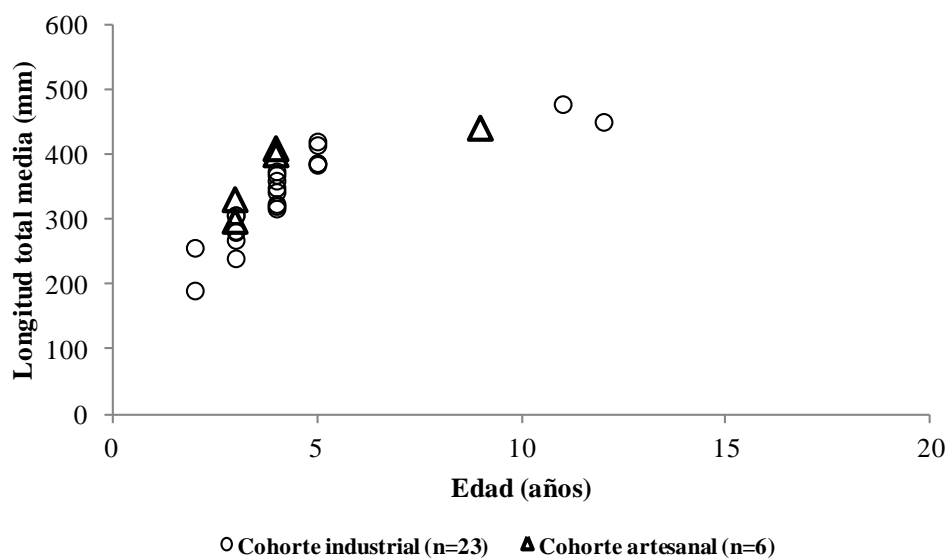


Figura 16. Longitud total media (mm) y edad de las cohortes de chano *Micropogonias megalops*, presentes en los muestreos de origen industrial y artesanal en el Norte del Golfo de California durante el periodo de estudio (2010-2012).

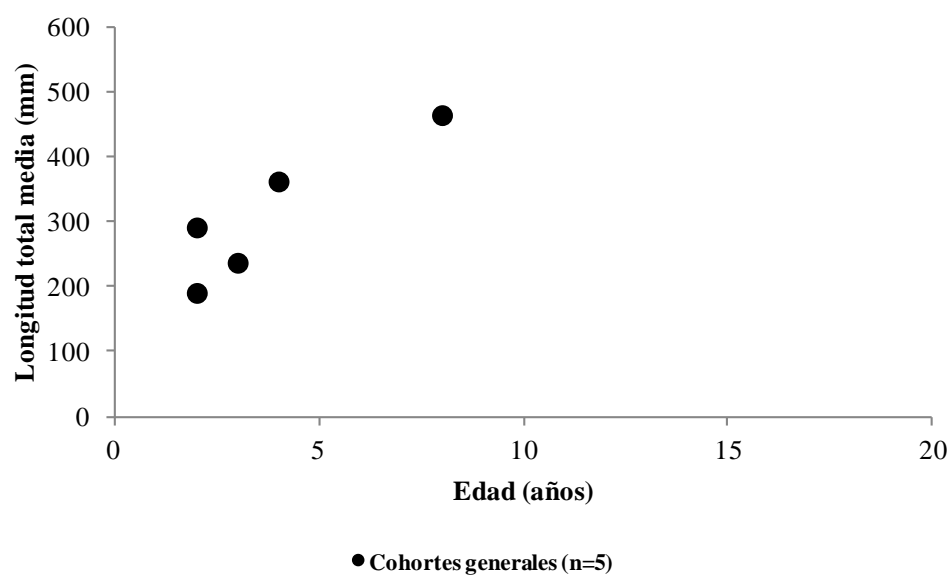


Figura 17. Longitud total media (mm) y edad de las cohortes de chano *Micropogonias megalops*, presentes en la distribución de frecuencias general del periodo de estudio 2010-2012 en el Norte del Golfo de California.

8.4 Tablas edad-talla

Los datos de la tabla edad-talla de Román-Rodríguez (2000) convertida a valores porcentuales se muestra en la tabla VII. En ella se denota la cantidad de organismos que representan el 100% de las lecturas de edad para cada intervalo de talla, así como el porcentaje correspondiente a cada edad. Dados estos valores en la tabla, se procedió a la asignación de edades para los datos de tallas del presente trabajo de forma global.

Tabla VII. Frecuencias porcentuales de tallas relativas a la edad del chano *Micropogonias megalops*, basadas en la clave edad-talla de Román-Rodríguez (2000).

Clase (mm)	Grupo de edad																	Total de ind.	Frecuencia Total %	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17			
90-95	100																		2	100
96-105	100																		3	100
106-115	100																		7	100
116-125	100																		9	100
126-135	87	13																	15	100
135-145	82	18																	11	100
146-155	55	45																	11	100
156-165	10	90																	10	100
166-175		100																	24	100
176-185	11	89																	35	100
186-195	12	88																	25	100
196-205		100																	15	100
206-215	14	86																	21	100
216-225	14	86																	7	100
226-235		83	17																6	100
236-245	18	36	45																11	100
246-255		80	20																15	100
256-265	22	61	17																18	100
266-275	33	25	42																12	100
276-285	7	36	50	7															14	100
286-295	14	71	14																7	100
296-305		40	40		20														5	100
306-315		25	75																4	100
316-325			17	83															6	100
326-335			55	9	18	9		9											11	100
336-345		6	25	31	25				13										16	100
346-355		6	29	47	12	6													17	100
356-365		2	24	37	15	10	5		7										41	100
366-375		4	16	39	23	5	4	7	2										56	100
376-385			10	26	30	18	2	8	6										50	100
386-395			2	22	34	15	7	7	10		2								41	100
396-405			5	39	26	13	3	5	0			5			3				38	100
406-415			8	23	12	12	15	19	8	4									26	100
416-425				14	19	14	14	5	5	10	10	10							21	100
426-435				7	64	7		14									7		14	100
436-445					14	14	21	14	21	14									14	100
446-455						22	22			11	22	22							9	100
456-465								40			20	20					20		5	100
466-475					22			11	11		11	22				22			9	100
476-485												50			50				2	100
486-495												100							1	100
Total de ind.																			664	

La información de edad-talla obtenida se muestra en la figura 18. La disposición de los datos en el plano, presenta un aumento de la longitud total de los individuos en relación al aumento del tiempo (edad). Las tallas y edades aquí presentes, pertenecen a los dos tipos de pesquerías analizadas (industrial y artesanal). Se presentan mayores frecuencias de individuos en las primeras edades del ciclo de vida del chano.

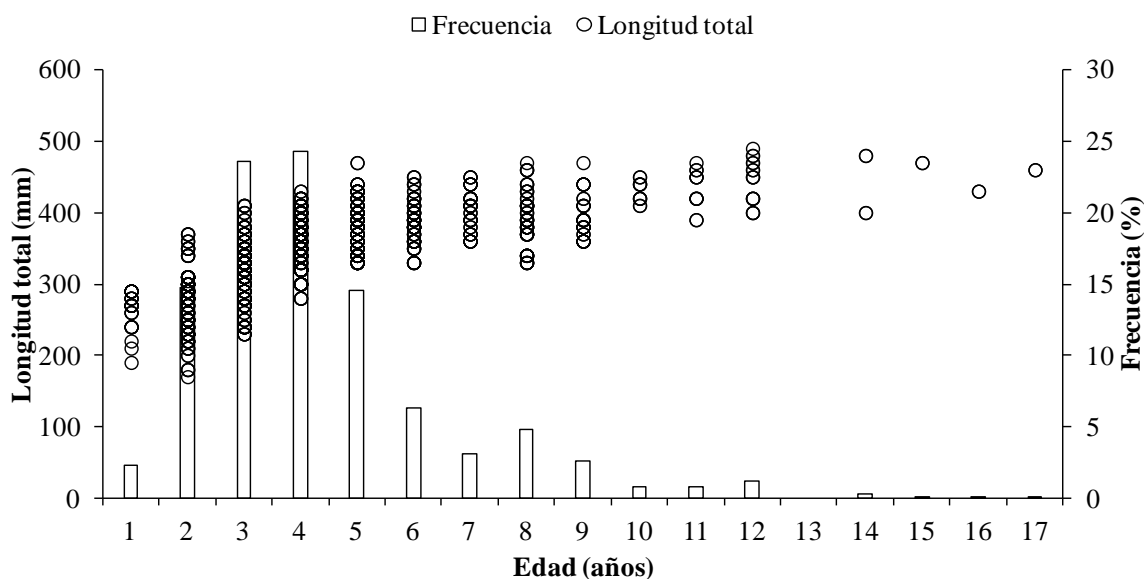


Figura 18. Distribución de frecuencias de edad y longitud para el chano *Micropogonias megalops* en el Norte del Golfo de California.

El gráfico de la figura 18 muestra también que no hubo individuos con 13 años de edad. La tabla de Román-Rodríguez (2000) no la asigna ya que no presenta especímenes con esa edad, por lo cual se encuentra ausente en el presente trabajo. Si el análisis multimodelo indica que para esa edad el organismo no presenta mayores cambios en el crecimiento, esta ausencia resultará ser poco relevante.

8.5 Parámetros y curvas de crecimiento

Se muestran para el chano *Micropogonias megalops* los valores de los parámetros de crecimiento individual y las curvas teóricas proyectadas por cada modelo, de acuerdo al ajuste presentado a los datos de edad-talla observados. Para el modelo de crecimiento de von Bertalanffy (Fig. 19) los valores de parámetros que describen la curva son; $L_{\infty} = 439.86$ mm LT; $K_{\text{(anual)}} = 0.26$; y $t_0_{\text{(anual)}} = -1.97$.

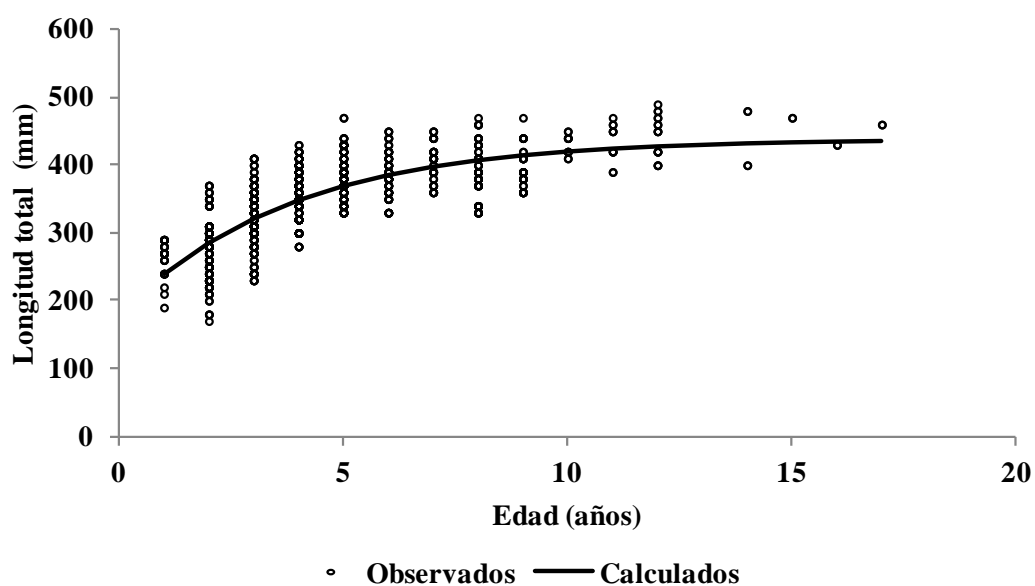


Figura 19. Valores observados y curva de crecimiento descrita por el modelo de von Bertalanffy (MCVB, 1938) para el chano *Micropogonias megalops* en el Norte del Golfo de California.

Para el modelo de crecimiento de Gompertz (Fig. 20) los valores de parámetros que describen la curva son; $L_{\infty} = 429.68$ mm LT; $K_{(\text{anual})} = 0.34$; y $t_0_{(\text{anual})} = -0.55$.

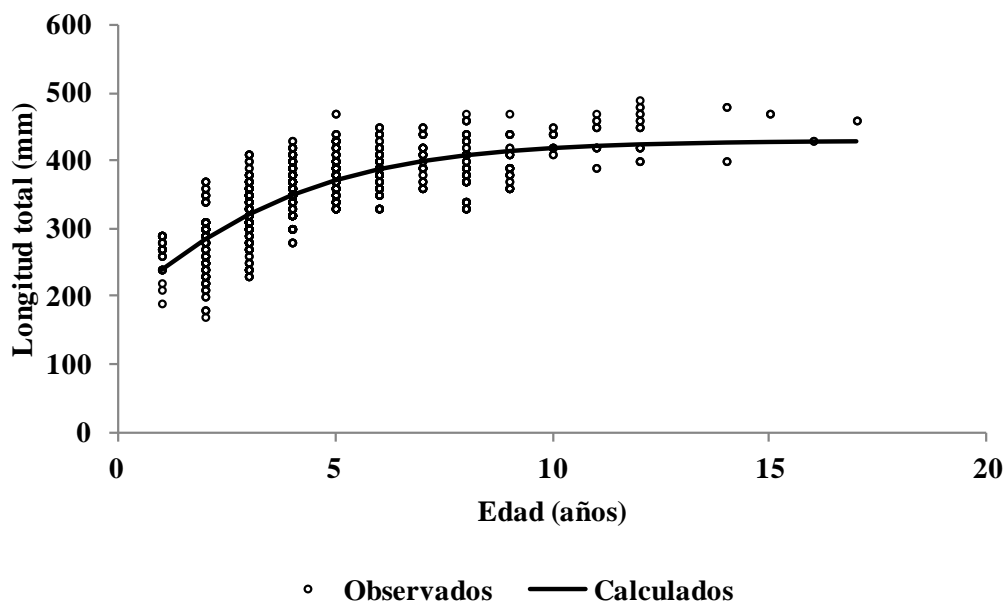


Figura 20. Valores observados y curva de crecimiento descrita por el modelo de Gompertz (1825) para el chano *Micropogonias megalops* en el Norte del Golfo de California.

Para el modelo de crecimiento de Logístico (Fig. 21) los valores de parámetros que describen la curva son; $L_{\infty} = 422.64$ mm LT; $K_{(\text{anual})} = 0.43$; y $t_0_{(\text{anual})} = 0.34$.

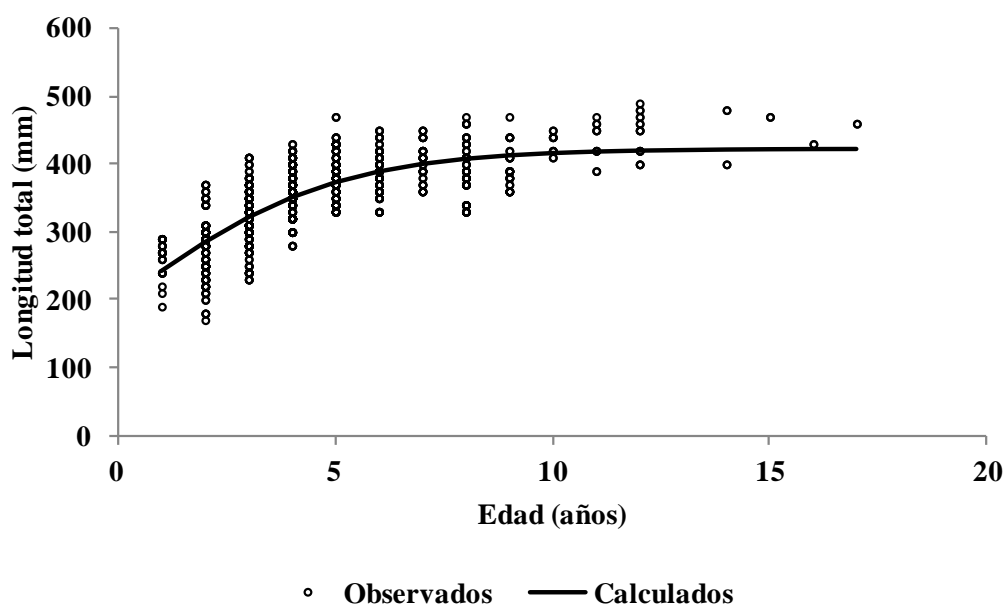


Figura 21. Valores observados y curva de crecimiento descrita por el modelo Logístico (Verhulst, 1839) para el chano *Micropogonias megalops* en el Norte del Golfo de California.

Para el modelo de crecimiento de Schnute (Fig. 22) los valores de parámetros que describen la curva son; $a (K)_{(\text{anual})} = 0.26$; $b = 1.01$; $Y_1 = 220.87$ mm LT; y $Y_2 = 402.69$ mm LT.

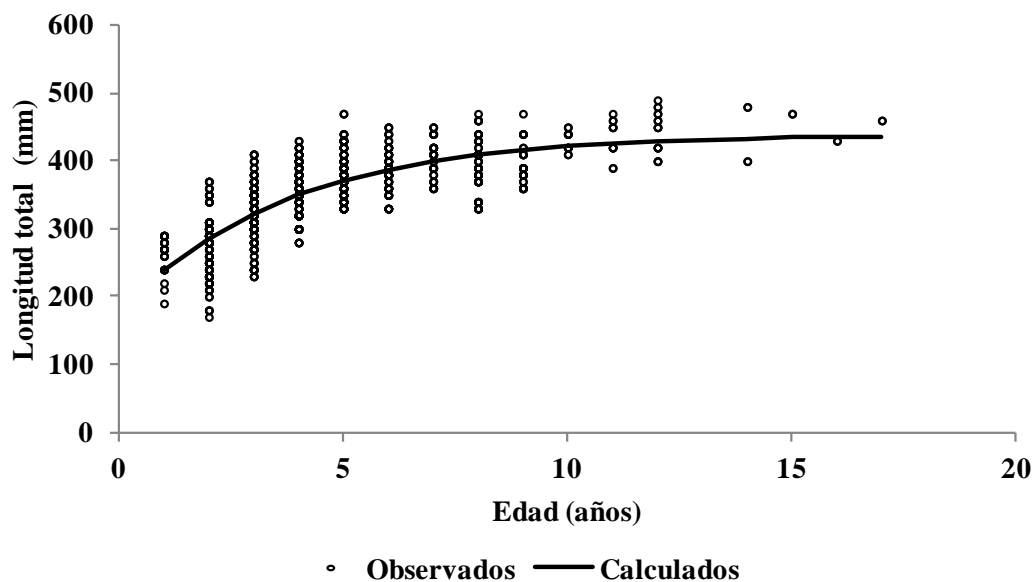


Figura 22. Valores observados y curva de crecimiento descrita por el modelo de Schnute (1981) para el chano *Micropogonias megalops* en el Norte del Golfo de California.

Los ajustes de los 4 modelos utilizados para describir el crecimiento individual del chano presentaron curvas teóricas muy similares. Esto se puede ver en la figura 23, donde se muestran todos los modelos ajustados a los valores de edad-talla observados. Aunque las bases y supuestos de cada modelo sostienen que proyectan curvas distintas, lo que se nota es que todos presentaron una curva logarítmica o exponencial inversa en los datos analizados. Se describe un crecimiento acelerado durante las primeras etapas de vida de la especie, haciéndose lento a medida que los individuos se acercan a la longitud asintótica (L_{∞}).

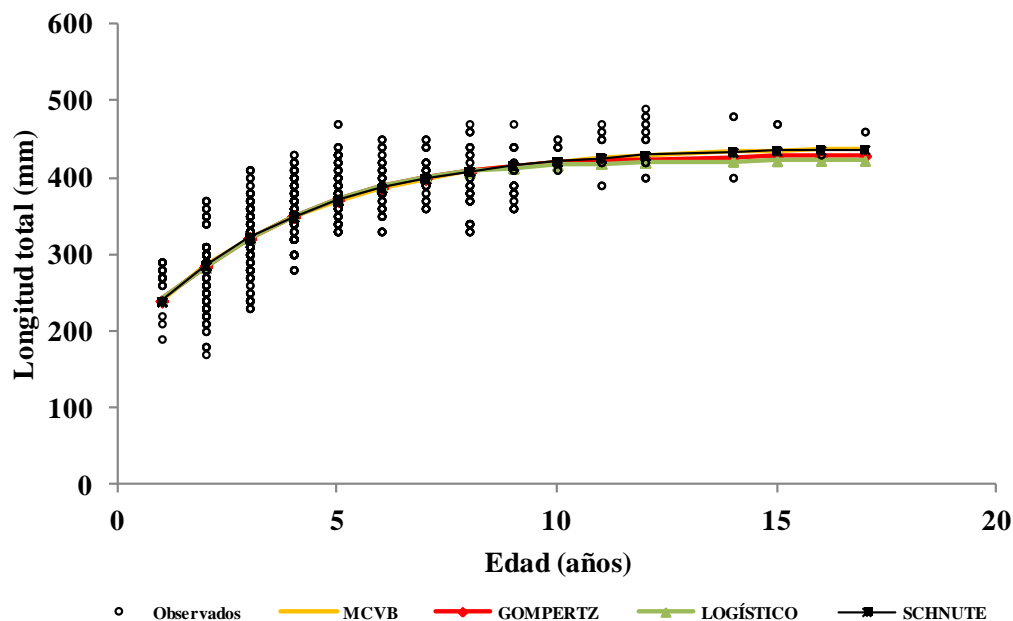


Figura 23. Valores observados y curvas de crecimiento descritas por los modelos para el chano *Micropogonias megalops* en el Norte del Golfo de California.

Se presentan los valores ajustados de los parámetros de crecimiento de cada modelo puesto a prueba (Tabla IX). Al comparar los datos de L_{∞} se notan valores muy cercanos entre el MCVB, Gompertz y Logístico. El valor de L_{∞} calculado para Schnute a partir de los parámetros ajustados del modelo general, mostró un valor menor (398.3 mm LT) en relación a los calculados por los demás modelos. En Schnute resulto es un caso de solución 1, donde los parámetros de inflexión a y b son diferentes a 0. Los valores del coeficiente instantáneo de crecimiento K mostraron que la especie presenta un crecimiento lento según los 4 modelos puestos a prueba (en Schnute $a = K$).

Tabla IX. Comparación de los parámetros de crecimiento de cada uno de los modelos puestos a prueba en el chano *Micropogonias megalops*. *Valores calculados a partir de los parámetros estimados del modelo general de Schnute.

Modelos	k	L_{∞} (mm)	K (anual)	t_0 (anual)	a	b	Y_1	Y_2
MCVB	3	439.86	0.26	-1.97	-	-	-	-
Gompertz	3	429.68	0.34	-0.55	-	-	-	-
Logístico	3	422.64	0.43	0.34	-	-	-	-
Schnute	4	*398.37	-	*-1.93	0.26	1.01	220.87	402.69

MCVB: modelo de crecimiento de von Bertalanffy.

8.6 Perfiles de verosimilitud

Los intervalos de confianza de los parámetros de crecimiento ajustados para cada modelo, se presentan a través de los siguientes perfiles de verosimilitud. En ellos se muestran valores de parámetros, intervalos de confianza (I.C. 95%), valores de verosimilitud y probabilidad Chi cuadrada (X^2). Para el caso del modelo de crecimiento de von Bertalanffy (Fig. 24) los valores son: $L_{\infty} = 439.8$ mm LT (438-442); $K_{(anual)} = 0.26$ (0.26-0.26); y $t_{0 (anual)} = -1.97$ (1.9 - -2.0).

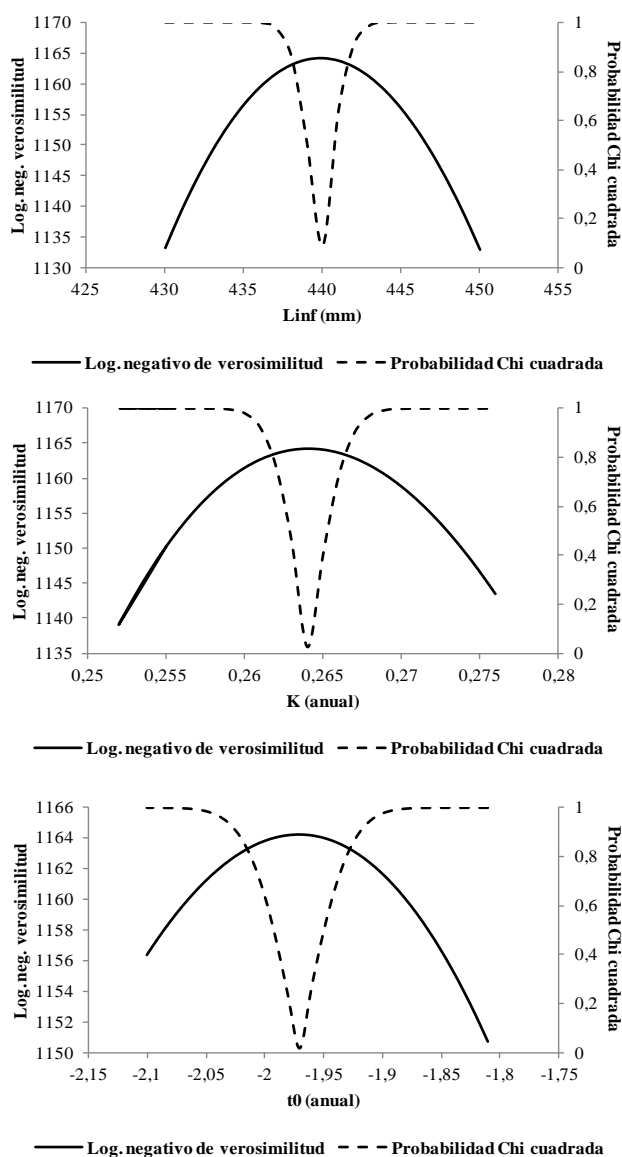


Figura 24. Perfiles de los parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy, con los valores de verosimilitud, Chi cuadrada e intervalos de confianza (95%) en el chano *Micropogonias megalops* en el Norte del Golfo de California.

Para el caso del modelo de crecimiento de Gompertz (Fig. 25) los valores son: de $L_{\infty} = 429.68$ mm LT (428-432); $K_{(anual)} = 0.34$ (0.342-0.352); y $t_0_{(anual)} = -0.55$ (-0.50-0.62).

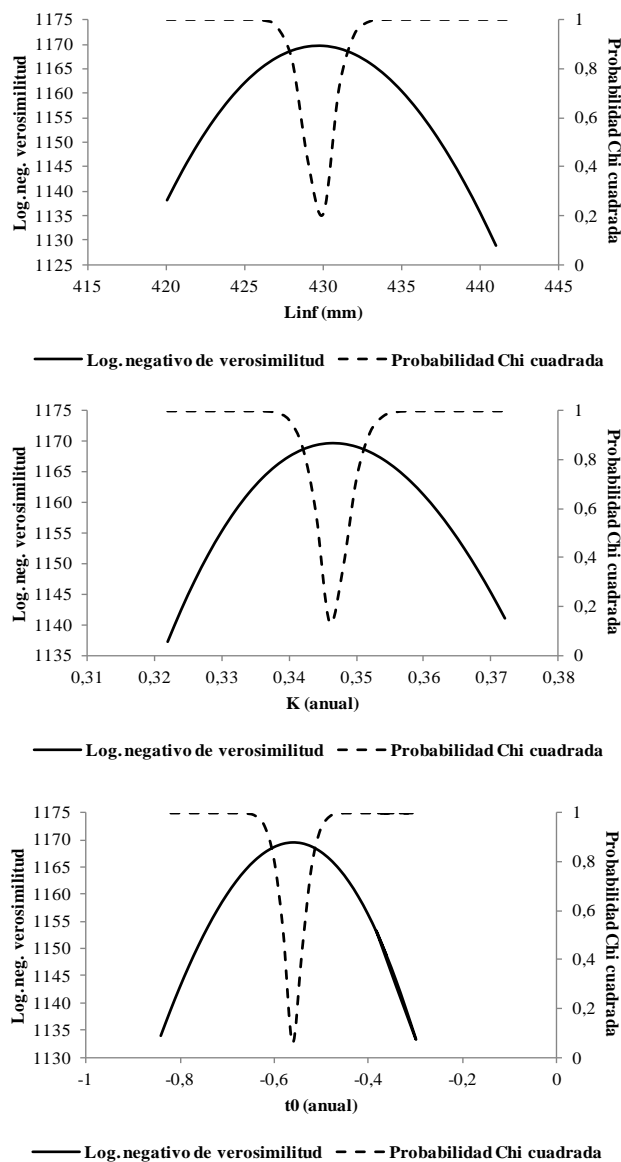


Figura 25. Perfil de los parámetros de crecimiento del modelo de Gompertz, con los valores de verosimilitud, Chi cuadrada e intervalos de confianza (95%) en el chano *Micropogonias megalops* en el Norte del Golfo de California.

Para el caso del modelo de crecimiento Logístico (Fig.26) los valores son: $L_{\infty} = 422.64$ mm LT (420.5-424.5); $K_{(anual)} = 0.43$ (0.424-0.442) y $t_0_{(anual)} = 0.34$ (0.29-0.40).

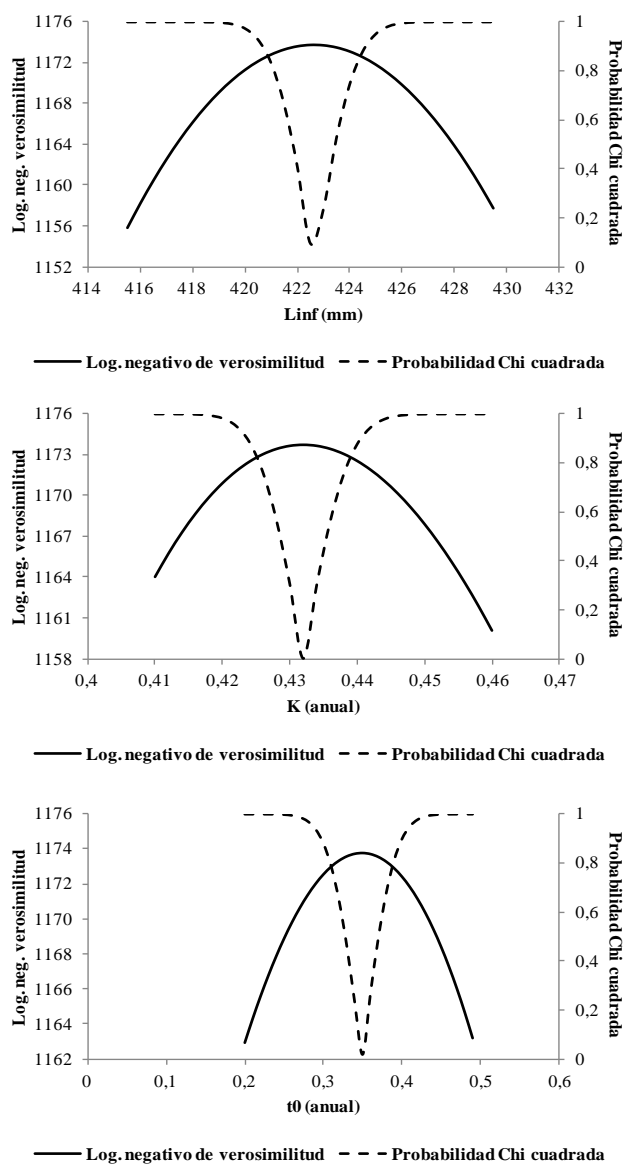


Figura 26. Perfil de los parámetros de crecimiento del modelo Logístico, con los valores de verosimilitud, Chi cuadrada e intervalos de confianza (95%) en el chano *Micropogonias megalops* en el Norte del Golfo de California.

Para el caso del modelo de crecimiento de Schnute (Fig. 27) los valores son: a (K)_(anual) = 0.26 (0.256-0.272); $b = 1.014$ (1.013-1.015); $Y_1 = 220.87$ LT (218.0-223.5); y $Y_2 = 402.69$ LT (399.5-405.5).

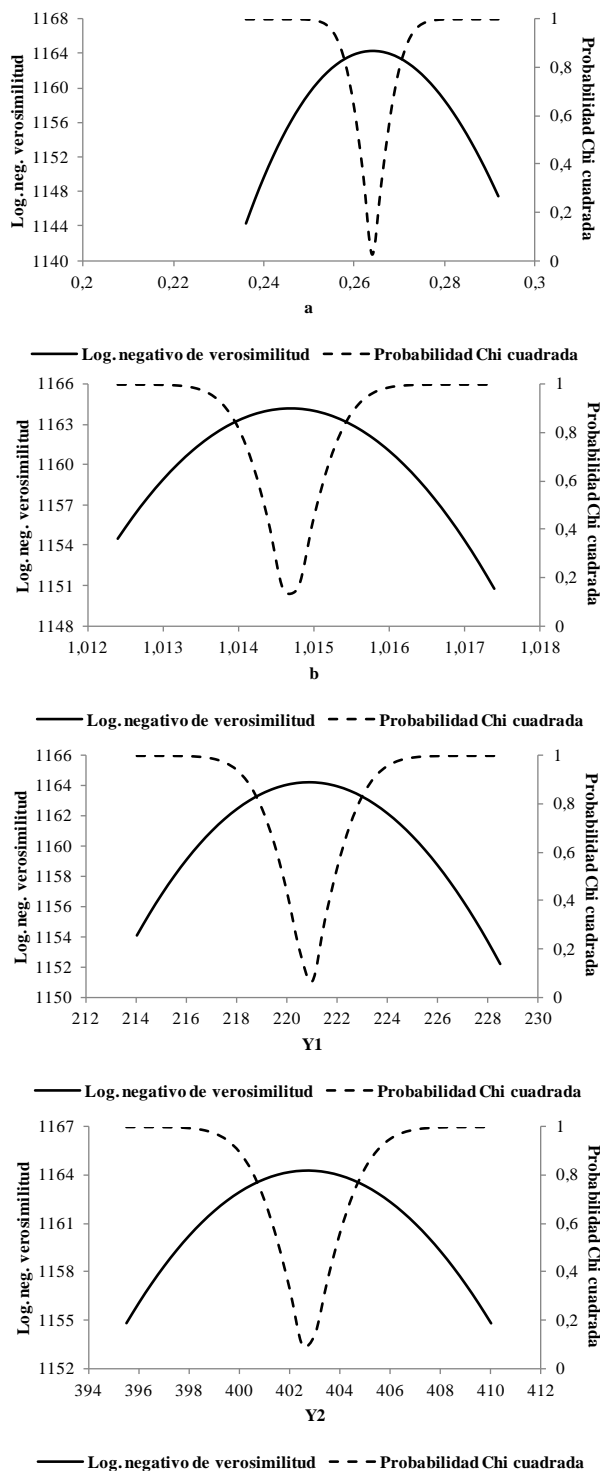


Figura 27. Perfil de los parámetros de crecimiento del modelo de Schnute, con los valores de verosimilitud, Chi cuadrada e intervalos de confianza (95%) en el chano *Micropogonias megalops* en el Norte del Golfo de California.

La tabla X muestra los valores representados en los perfiles de verosimilitud para los parámetros de crecimiento de cada modelo. Asimismo se muestran los valores de ajuste logaritmo negativo de verosimilitud ($-LnL$) con sus respectivos intervalos de confianza (95%) y probabilidad Chi cuadrada (X^2) en cada parámetro y modelo puesto a prueba en el chano.

Tabla X. Valores e intervalo de confianza (95%) de los parámetros, función de máxima verosimilitud y Chi cuadrada “ X^2 ” para cada modelo de crecimiento puesto a prueba en el chano *Micropogonias megalops* del 2010-2012 en el NGC.

Modelos	Valor del parámetro	$-LnL$	X^2
MCVB			
L_{∞} (mm)	439.8 (438-442)	1164.2 (1163.1-1162.7)	0.087 (0.864-0.911)
K (anual)	0.264 (0.261-0.267)	1164.2 (1162.7-1162.8)	0.026 (0.920-0.901)
t_0 (anual)	-1.97 (-1.91- -2.03)	1164.2 (1162.3-1162.52)	0.015 (0.946-0.935)
Gompertz			
L_{∞} (mm)	429.6 (428-432)	1169.6 (1168.6-1167.8)	0.206 (0.833-0.942)
K (anual)	0.346 (0.342-0.352)	1169.6 (1168.5-1168.1)	0.134 (0.851-0.912)
t_0 (anual)	-0.55 (-0.5- -0.62)	1169.6 (1167.91-1167.7)	0.056 (0.936-0.949)
Logístico			
L_{∞} (mm)	422.6 (420.5-424.5)	1173.7 (1172.1-1172.5)	0.094 (0.927-0.879)
K (anual)	0.432 (0.424-0.442)	1173.7 (1172.4-1171.8)	0.0009 (0.885-0.945)
t_0 (anual)	0.34 (0.29-0.4)	1173.7 (1171.9-1172.3)	0.020 (0.939-0.898)
Schnute			
a (anual)	0.264 (0.256-0.272)	1164.2 (1162.6-1162.8)	0.024 (0.925-0.908)
b	1.014 (1.013-1.015)	1164.2 (1162.74-1162.71)	0.159 (0.916-0.919)
Y_1 (mm)	220.87 (218-223.5)	1164.2 (1162.4-1162.7)	0.066 (0.940-0.912)
Y_2 (mm)	402.6 (399.5-405.5)	1164.2 (1162.3-1162.8)	0.095 (0.946-0.906)

MCVB: modelo de crecimiento de von Bertalanffy.

Los perfiles de verosimilitud nos permiten ver de manera gráfica los intervalos de confianza (95%) dados por la convergencia de las curvas proyectadas por $-LnL$ y la probabilidad X^2 . Esto para cada parámetro y modelo de crecimiento según los datos analizados. Todos los valores ajustados permiten realizar la inferencia multimodelo, y con ello seleccionar a un mejor modelo de crecimiento individual para el chano en el Norte del Golfo de California.

8.7 Selección del modelo de crecimiento

La selección del mejor modelo de crecimiento se basó en el Criterio de información de AIC. Se tomaron en cuenta los criterios; Δ_i el cual busca valores bajos (≤ 2) y w_i (%) que busca valores altos ($\geq 90\%$) para seleccionar al modelo mejor soportado por los datos (Tabla XI). De acuerdo a los valores proporcionados por estos criterios, y específicamente por w_i , hay un modelo que sobresale para la descripción del crecimiento en el chano, el cual es el modelo de crecimiento de von Bertalanffy ($w_i=72.8\%$). El modelo de Schnute estuvo soportado en menor medida por los datos ($w_i=26.8\%$) posicionándose en el segundo lugar. Los modelos que no estuvieron soportados por los datos fueron Gompertz ($w_i = 0.3\%$) y el modelo Logístico ($w_i = 0.005\%$) que se posicionaron en el lugar 3 y 4 respectivamente según AIC.

Tabla XI. Valores del criterio de información de Akaike (AIC) y plausibilidad de los modelos de crecimiento puestos a prueba en el chano *Micropogonias megalops* en el Norte del Golfo de California.

Modelos	k	$-LnL$	AIC	Δ_i	w_i (%)	Posición de modelo
MCVB	3	1164.2403	2334.48	0	72.858	1
Gompertz	3	1169.6288	2345.25	10.7771	0.332	3
Logístico	3	1173.7324	2353.46	18.9843	0.005	4
Schnute	4	1164.2403	2336.48	1.9999	26.803	2

VBGM: modelo de crecimiento de von Bertalanffy.

Según la inferencia multimodelo y con base en que no hay un modelo dentro de los candidatos que presente un valor ($\geq 90\%$), se calculó un modelo promedio entre los 4 puestos a prueba en los datos analizados (Tabla XII). La incertidumbre sobre un mejor modelo se redujo con este cálculo, el cual ponderó al crecimiento de tipo asintótico. A partir de los valores obtenidos de L_∞ y el peso de Akaike (w_i) de cada modelo, se obtuvo que el modelo promedio presentó un valor de $L_\infty = 428.7$ mm LT (I.C. 95%; 396.8-460.6) con un error estándar (E.E.) = 16.2 mm.

Tabla XII. Valores de AIC, plausibilidad, longitud asintótica (L_{∞}) e I.C. (95%) para cada modelo de crecimiento puestos a prueba en el chano *Micropogonias megalops* en el Norte del Golfo de California. *Modelo promedio.

Modelos	k	AIC	Δ_i	w_i (%)	L_{∞} (mm)		I.C (inf.)	I.C (sup.)
					Estimada	E. E.	95%.	95%
MCVB	3	2334.48	0	72.858	439.86	8.1280	423.91	455.80
Gompertz	3	2345.25	10.7771	0.332	429.68	0.0032	429.67	429.68
Logístico	3	2353.46	18.9843	0.005	422.64	0.0003	422.63	422.64
Schnute	4	2336.48	1.9999	26.803	398.37	8.1306	382.42	414.31
*Promedio					428.704	16.262	396.80	460.60

El modelo promedio basado en el criterio multimodelo hace una inferencia fuerte sobre el parámetro de crecimiento L_{∞} . En términos numéricos se muestra que dicho modelo es el que mejor describe el crecimiento en el chano en el Norte del Golfo de California. Los supuestos y las formas de curvas proyectadas en los valores observados de edad-talla muestran que el MCVB y el caso de solución 1 del modelo de Schnute en suma darían mayor soporte a un crecimiento con curva logarítmica (típica del MCVB). Dentro de los modelos puestos a prueba (MCVB, Gompertz, Logístico y Schnute), en términos biológicos, forma de curva y en forma numérica en este análisis, el modelo de von Bertalanffy (Fig. 28) presenta un mayor sustento como el que mejor describe el crecimiento de *Micropogonias megalops* en la zona de estudio.

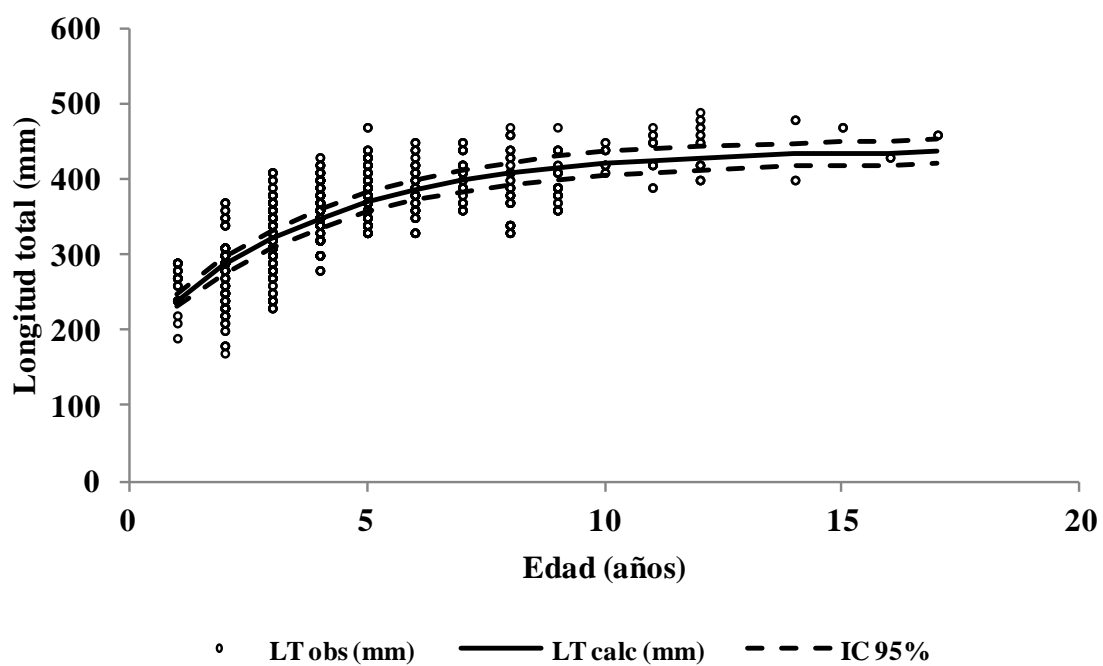


Figura 28. Curva de crecimiento e intervalo de confianza (95%) del modelo ganador (MCVB) en el análisis de AIC para el chano *Micropogonias megalops* en el Norte del Golfo de California.

9. DISCUSIÓN

La información generada en este trabajo sienta bases biológicas sobre el crecimiento individual del chano *Micropogonias megalops*, en el Norte del Golfo de California. De tal modo, que la necesidad de contar con información actualizada referente a este aspecto poblacional se satisface de forma oportuna con la presente investigación. Se tiene claro que la pesquería del chano debe de estar fundamentada y soportada por los datos generados en evaluaciones cada vez más precisas. En este caso, el conocimiento del crecimiento individual del chano puede ser utilizada para estudios posteriores e influir en la toma de decisiones sobre el manejo.

Los datos que nos proporcionan las relaciones biométricas del chano, permitió realizar un análisis de isometría para denotar el tipo de crecimiento que presentan los individuos de la población. Al menos para la información que se manejó en este trabajo, es decir, los datos de longitud total (mm) y peso total (g), permiten decir que la especie presenta un crecimiento de tipo isométrico ($b=3$). Este tipo de crecimiento se presenta cuando el pez al crecer mantiene la forma, dado que la talla es una magnitud lineal y el peso proporcional al cubo de la talla (Granado-Lorencio, 1996). Dicho de otra manera, el supuesto de la isometría para el chano, se basa en que el peso en gramos del organismo es igual a su volumen, que a su vez suele ser proporcional a su largo al cubo (L^3) (Sparre y Venema, 1997; Quinn y Deriso, 1999). Explicado en términos fisiológicos, nos dice que a medida que un individuo aumenta cierta cantidad en longitud al cubo, este aumenta cierta cantidad en peso (Sparre y Venema, 1997). Quinn y Deriso (1999) mencionan que el crecimiento es necesariamente un proceso tridimensional, ya que existen cambios en talla, ancho y alto de los individuos a lo largo del tiempo. El crecimiento isométrico asume este fenómeno entre los individuos, y raramente se presenta en condiciones naturales, ya que regularmente el valor de b oscila entre 2.5 y 4 (Granado-Lorencio, 1996).

Esta información difiere de lo reportado por Román-Rodríguez (2000), ya que en dicho trabajo se sostiene que la especie presenta un crecimiento alométrico (crecimiento no proporcional). El saber que una especie presenta diferencias en el crecimiento de las partes de su cuerpo, nos ayuda a entender el estado del organismo. Se pueden presentar diferencias en el peso y la longitud por cuestiones genéticas,

fisiológicas, reproductivas, por la disponibilidad de alimento y por cuestiones medioambientales (Pitcher y Hart, 1983). El hecho de que lo reportado en el 2000 haya sido diferente en el tipo de crecimiento, a lo encontrado en el presente trabajo, se puede deber a los diferentes pesos tomados durante el muestreo biológico. En este trabajo se tomó en cuenta el peso total del organismo, mientras que en el anterior se tomó en cuenta el peso eviscerado. La falta de ese peso del contenido somático en el pez, repercute directamente en el exponencial de la relación LT-PT. Está claro que a medida que los peces aumentan en tamaño según la edad, también lo hacen sus partes internas (gónadas y demás vísceras). Es por ello que la relación talla-peso analizada en este trabajo presenta información más cercana a la realidad sobre el tipo de crecimiento del chano, si se quiere analizar en tres dimensiones (longitud, altura y ancho), que lo reportado por Román-Rodríguez (2000).

Por otro lado, la distribución de frecuencias del chano, presentó tallas variables entre meses y años, lo cual puede explicarse por un patrón de migración de los organismos en ciertas tallas hacia otras zonas del Norte y Alto del Golfo California, además de la incorporación de nuevos reclutas. Esto con fines de reproducción y alimentación o por cuestiones meramente ambientales (Román-Rodríguez, 2000). En el análisis global de las tallas, se notó que los individuos más grandes se presentaron en las muestras que se obtuvieron a través de la pesca artesanal (220-535 mm LT) y no de los que se obtuvieron a través de la pesca industrial (165-508 mm LT), lo cual puede estar explicado por la selectividad de las artes (distinta luz de malla y artes de pesca que se utilizan por los tipos de embarcaciones), lo cual puede influir en el rango de tallas obtenido (Catalano y Allen, 2010). Otro de los factores que puede estar afectando este aspecto, es la zona de pesca en las que operan las flotas (industrial y artesanal). En base a los datos de coordenadas que se obtuvieron de la flota industrial, se denotó que esta opera mayormente desde el sur de la línea de reserva del Alto Golfo, cubriendo la mayor parte del Norte del Golfo, hasta la zona de las grandes islas. En cuanto a la flota artesanal de Puerto Peñasco, según el estudio de Rodríguez-Quiroz (2008), la pesca de chano se lleva a cabo desde el sur de la zona núcleo en el Alto Golfo, en parte de la zona noroeste de la zona de refugio y a lo largo de la costa de Sonora. Esta flota realiza sus actividades mayormente dentro de la reserva, aprovechando aproximadamente un 75% de la zona para la extracción del recurso (Rodríguez-Quiroz, 2008). La disposición

de muestras obtenidas mediante las dos pesquerías en la zona, fue positivo para el análisis de los datos, ya que con ello se contó con un rango representativo de tallas más amplio de la especie.

El análisis multinomial de las estructuras de tallas de la población de chano muestreada, denotó las longitudes medias de varias cohortes por mes en el periodo de estudio. Dicha cantidad de cohortes identificadas varió de 3 a 4 grupos modales entre meses, las cuales son atribuidas a las capturas comerciales en la zona. En el análisis multinomial de la estructura de tallas general (todos los datos del periodo de estudio) mostró un total de 5 grupos modales bajo criterios estadísticos bien definidos. Esto demuestra que la pesca comercial tanto industrial como artesanal no actúa sobre cohortes aisladas de chano (Cadima, 2003) en la zona de estudio. De ahí la confiabilidad de este aspecto estructural descrito de la población. La información de cohortes obtenida, hace difícil un análisis de progresión modal del chano en la zona, ya que existe un hueco de datos en los meses de verano del 2011. La realización de un análisis como este no se consideró conveniente para el presente estudio, ya que si se pretende determinar el aumento de la talla media de las cohortes en relación al tiempo se necesitaría de más datos. Para ello se requeriría de información continua de tallas entre meses, durante un ciclo anual como mínimo. Los trabajos futuros podrían hacer este tipo de análisis para la evaluación crecimiento del chano en la región.

Para el estimado de crecimiento individual del chano, se utilizaron datos de edad y tallas de la especie, ya que dicho procedimiento es necesario en este tipo de evaluaciones (Cruz-Vásquez *et al.*, 2012). Se contaba con información de tallas de un total de 1454 individuos de la especie, más no de lecturas de edad basados en estructuras duras. Con base en ello se utilizó la clave edad-talla realizada por Román-Rodríguez (2000) para el chano en el Alto Golfo de California. El procedimiento es válido cuando se cuenta con información de este tipo y las tallas de los peces muestreados pueden ser distribuidos en los grupos de edad de la clave (Sparre y Venema, 1995). La utilización de las claves edad-talla disponibles presenta ventajas, ya que la extracción y lectura de partes duras suele ser un método no preciso, lento y no se puede efectuar sin dañar al pez. Lo que probablemente no sea aceptable cuando se trata de un muestreo en gran escala de especies comerciales (Gulland y Rosenberg, 1992).

Este es el caso del presente trabajo, ya que la información analizada provino de la pesca comercial del recurso en la zona (industrial y artesanal). Como resultado de la utilización de la clave edad-talla, se logró distribuir las longitudes de un total de 1450 individuos de los 1454 datos originales. Esto debido a que la información de las tallas de los 4 organismos restantes, se encontraba por encima del límite superior del intervalo de tallas en la clave. Ya que no hay manera de comprobar si esos cuatro datos pertenecen a algún grupo específico de edad, según lo reportado en la clave, se omitieron para evitar algún tipo de sesgo en el estimado de crecimiento. A la vez se pudo hacer un uso extra de la clave edad-talla en el chano, ya que se pudo asignar edad a la longitud media de cada cohorte calculada en el análisis multimodelo. Con ello se evidenció que la pesquería comercial en el Norte del Golfo de California incide sobre grupos de edades de 2-5 años, confirmando que la pesquería actúa sobre varias cohortes simultáneamente (Cadima, 2003).

La evaluación del crecimiento individual de *Micropogonias megalops*, se realizó a través de la aplicación de la teoría de los modelos múltiples, siguiendo a Burnham y Anderson (2002). Este enfoque es relativamente nuevo en el campo de las pesquerías (Cruz-Vázquez *et al.*, 2012), fue utilizado en este trabajo por primera vez para la población de chano en el Norte del Golfo de California. Dado que el modelo general de Schnute resultó presentar un caso de solución 1, donde se asume que los valores del punto de inflexión son a y b diferentes a 0 (Schnute, 1981), se pudieron calcular los valores de $L_{\infty}=398.37$ mm LT y $t_0=-1.93$ para la inferencia multimodelo. Dado esto, las curvas teóricas de crecimiento presentadas por cada modelo ajustado a los datos observados, describieron trayectorias muy semejantes, con un crecimiento acelerado al inicio de la curva, tendiendo a estabilizarse a medida que esta llegaba a las edades más grandes.

Al observar las trayectorias y formas de las curvas, comparar supuestos biológicos y valores de los parámetros de crecimiento, resulta de gran utilidad la utilización de herramientas exploratorias para seleccionar el modelo que mejor describe el crecimiento de la especie (Burnham y Anderson, 2002). Por ello fue necesario utilizar el criterio de información de Akaike (AIC), el cual consistió en una serie de pasos matemáticos que balancean el valor de la bondad de ajuste contra el número de

parámetros de cada uno de los modelos puestos a prueba, basándose en el principio de parsimonia (Beninger *et al.*, 2012). Este principio condena un número alto de parámetros y variables dentro de un modelo (modelo perfecto; irreal), y busca al que simplifique la realidad del fenómeno (menor número de parámetros) (Zepeda-Benítez, 2011). Según Beninger *et al.* (2012) el principio de parsimonia en la inferencia multimodelo, implica la elección de un modelo con el menor número posible de parámetros, para la adecuada representación de los datos. Para la selección del mejor modelo de crecimiento del chano, el valor tomado en cuenta para el procedimiento fue el logaritmo negativo de verosimilitud ($-LnL$) de cada modelo, que después de la aplicación de AIC arrojó los distintos valores de plausibilidad (w) de manera porcentual. Para el modelo de von Bertalanffy $w= 72.8$, para Gompertz $w= 0.332$, para el Logístico $w=0.005$ y para el de Schnute $w=26.8$. El MCVB y el modelo general de Schnute presentaron valores de w aceptables como criterio de selección del mejor modelo de crecimiento. Aunque ambos resultaron ser menores a 90%, lo que motivó a la estimación de un modelo promedio (Burnham y Anderson, 2002). A pesar de eso, los números muestran que hay un modelo que presentó un porcentaje mayor de peso ponderado ó plausibilidad en el análisis, el cual fue el de von Bertalanffy (72.8%).

Dado que numéricamente y estrictamente no hubo un “claro y amplio” ganador entre los modelos puestos a prueba, se calculó un modelo promedio como lo exige el criterio multimodelo (Burnham y Anderson, 2002) el cual dio soporte al crecimiento asintótico (Katsanevakis, 2006). Algunos autores mencionan que el modelo promedio debe de calcularse a partir de los modelos que presenten mayor peso entre los puestos a prueba (Burnham y Anderson, 2002; Cruz-Vázquez *et al.*, 2012) y otros mencionan que se debe realizar entre el total de los modelos candidatos (Katsanevakis, 2006; Katsanevakis y Maravelias, 2008). Para el caso del chano se utilizaron los 4 modelos puestos a prueba, con el objetivo de ser incluyente en la inferencia con los modelos elegidos en un principio para la estimación. Ya que el MCVB y el modelo general de Schnute presentaron los valores más altos de w_i , la inclusión de estos valores de los modelos de Gompertz y Logístico en el cálculo influye mínimamente, casi de forma nula. El valor del modelo promedio $L_{\infty}= 428.70$ mm LT (I.C. 95%; 396.80-460.60) es un dato soportado numéricamente, que trata de aliviar la incertidumbre en la selección de un mejor modelo y en el cual se puede realizar inferencia (Burnham y Anderson,

2002). Pero dado que el modelo promedio no presenta ningún supuesto biológico, forma y tipo de curva, la inferencia se limitaría a solo el valor de un parámetro.

En la inferencia multimodelo se necesita un entendimiento profundo de los procesos ecológicos y pensamiento crítico por parte del investigador (Beninger *et al.*, 2012). Por ello, se deberían seleccionar modelos apropiados en la indicación de la realidad biológica, bases estadísticas de sus ajustes y confiabilidad (Moreau, 1987). En muchas ocasiones, la conveniencia es un factor importante en la selección de modelos (Cailliet *et al.*, 2006), y en otras ocasiones, la preferencia con fines de comparación con otros trabajos (Jensen, 1996). Al final, independientemente de la calidad de ajuste del modelo de crecimiento seleccionado, debe de permanecer el raciocinio biológico en el estimado (Cailliet *et al.*, 2006).

Es por ello que para este análisis, los datos estudiados y los modelos puestos a prueba, un mejor modelo a seleccionar es el de von Bertalanffy, el cual está basado en principios fisiológicos para la descripción del crecimiento de la especie, es decir, un resultado neto de dos procesos metabólicos opuestos, el anabolismo y el catabolismo (von Bertalanffy, 1938; Katsanevakis, 2006). El anabolismo implica la síntesis de proteínas y el catabolismo la degradación de proteínas, dando como resultado la integración de masa o tejido corporal en el individuo a medida que pasa el tiempo (Quinn y Deriso, 1999). Dado que para la inferencia multimodelo influye en gran medida el entendimiento profundo del proceso ecológico (Beninger *et al.*, 2012), se puede decir que el modelo de crecimiento de von Bertalanffy es el que presenta mejores bases para describir este aspecto en el chano *Micropogonias megalops*. El modelo de Schnute con el caso de solución 1 que presentó para los datos, tiene las mismas bases fisiológicas que el MCVB (Schnute, 1981), pero el principio de parsimonia condenó el mayor número de parámetros en su ecuación (4), posicionándolo en el segundo lugar aunque presentara el mismo valor de ajuste que el MCVB ($-LnL = 1164.2$). En ambos casos, la curva teórica predicha por los modelos, describen un crecimiento acelerado en las primeras etapas de vida de la especie, haciéndose lento a medida que se llega a la talla máxima promedio. En el caso particular del modelo de Schnute el valor de L_{∞} (398.3 mm LT) calculado, fue menor que el valor del parámetro Y_2 (402.6 mm LT), lo cual representa un crecimiento indeterminado del chano. Este fenómeno es regular en

los peces, ya que el crecimiento se hace lento a medida que pasa el tiempo, pero no deja de crecer totalmente (Pitcher y Hart, 1983). Los peces llegan a una L_{∞} media a cierta edad, pero puede haber en la población individuos con tallas mayores (más viejos) a la descrita por la longitud infinita, como fue evidenciado en el caso de Y_2 en el modelo de Schnute.

Dentro de los datos observados del 2010-2012 en el Norte del Golfo de California, la talla máxima presentada por el chano fue de 535 mm LT, mientras que la talla máxima reportada en el 2000 fue de 490 mm LT (Román-Rodríguez, 2000). Los valores teóricos obtenidos a través del mejor modelo de crecimiento para este trabajo, el de von Bertalanffy, presenta un valor de $L_{\infty}=439.86$ mm LT. Mientras que lo reportado en el 2000 para la especie con la utilización del mismo modelo (MCVB), muestra una $L_{\infty}=815.9$ mm LT. La longitud máxima teórica obtenida por el presente trabajo es mucho menor que lo reportado por Román-Rodríguez (2000) para la especie. Pero en este análisis se mostraron valores muy cercanos en dicho parámetro entre los modelos puestos a prueba. A la vez que se acerca más a lo reportado por Fischer *et al.* (1995) quienes mencionan que el chano *Micropogonias megalops* crece hasta una talla aproximada a 40 cm. A nivel internacional, el crecimiento individual de *Micropogonias furnieri* en una laguna costera de Uruguay, estimado con MCVB se obtuvo una $L_{\infty}=30.2$ cm LT (Borthagaray *et al.*, 2011). Siendo un valor menor al estimado para el chano del Norte del Golfo de California. Aunque son distintas las especies, la diferencia en tamaños pueden deberse a factores meramente del tipo de hábitat durante el ciclo de vida. En el caso de *M. furnieri* en la laguna de Rocha, Uruguay, se menciona que su crecimiento es más rápido ($K=0.19$) que el de individuos que viven en la plataforma continental (Borthagaray *et al.*, 2011). Esta misma especie (*M. furnieri*) fue analizada en edad y crecimiento en aguas de Trinidad, donde los valores de los parámetros del modelo de crecimiento (MCVB) fueron separados por sexos. En machos la $L_{\infty}=65.3$ cm LT, $K_{anual}=0.16$ y $t_0=-1.6$ y en hembras $L_{\infty}=82.9$ cm LT, $K_{anual}=0.13$ y $t_0=-1.3$ (Manickchand-Heileman y Kenny, 1990). Los datos confirman que esta especie presenta una longitud asintótica mayor y un crecimiento más lento (según K) en aguas de Trinidad que en la laguna de Rocha en Uruguay. El chano *M. megalops* en el Norte del Golfo de California, presentó valores de $L_{\infty}=439.8$ mm LT, $K_{anual}=0.26$ y $t_0=-1.97$ en la presente evaluación. El parámetro K fue menor al reportado por Román-Rodríguez

(2000) para la región ($K_{anual} = 0.51$). Según el valor de K del presente estudio, el chano tiene un crecimiento individual lento acorde a lo sostenido por Sparre y Venema (1997). La longevidad permaneció similar, siendo que los datos del presente trabajo fueron ajustados a la clave edad-talla reportada en el 2000, cuya edad máxima estuvo alrededor de los 17 años (Román-Rodríguez, 2000).

Las diferencias en las tallas máximas y el valor de K , son notables en la actualidad, siendo menores los valores descritos anteriormente para la especie. Esta diferencia puede deberse principalmente a dos cosas: 1; que hubo una mala estimación de los parámetros de crecimiento en el 2000, lo cual puede ser una explicación más probable, ya que por ejemplo el valor de la talla máxima mostrada en Román-Rodríguez (2000) no ha sido reportada antes, ni se encuentra en bases especializadas de peces (Fischer *et al.*, 1996), así como tampoco ha sido reportada posteriormente (Nelson, 2006; Robertson y Allen, 2002) para la especie. La posible explicación 2; es que los valores de los parámetros estimados en el 2000 disminuyeron debido a la continua e intensa pesca de la población en el Norte y Alto Golfo de California. Pudiéndose explicar con el hecho de que las necesidades biológicas del chano pudieron haber cambiado a lo largo de estos años, invirtiendo ahora mayor parte de la energía obtenida a través del alimento, a la reproducción (Quinn y Deriso, 1999) y no al crecimiento. Es decir, que la presión por pesca puede ser el catalizador de las especies impactadas para que estas inviertan su energía en propósito de alcanzar su madurez sexual a menor edad y talla. Hasta ahora estas hipótesis son meras especulaciones que deberían de tratarse en trabajos futuros, que relacionen las bases del crecimiento estimado en este trabajo con cuestiones de reproducción y medio ambiente.

El análisis de crecimiento individual a través de un enfoque multimodelo, funcionó bien en la población del chano. El modelo de von Bertalanffy fue el mejor posicionado en cuestión de plausibilidad, parsimonia y realidad biológica dentro de los modelos puestos a prueba. Esto se pudo haber debido a que es un modelo generalmente restringido a individuos de edades más avanzadas (peces más grandes) y donde regularmente el crecimiento de los estadios tempranos de vida, no siguen la dinámica del modelo (Quinn y Deriso, 1999; Mercier *et al.*, 2011). Esto se entiende cuando se aclara que los datos que se trabajaron en la evaluación provinieron de capturas

comerciales, donde las tallas permanecieron en un rango de 165-535 mm de longitud total. Las artes dirigidas a la captura de chano en el Norte del Golfo de California nos permitieron tener ejemplares con tallas máximas, pero nos limitó de las tallas de juveniles. En un futuro y con la intención de hacer un análisis más profundo de todo el espectro de tallas de la población, sería interesante hacer prospecciones hacia aquellas zonas donde se pueden encontrar ejemplares pequeños. Por ejemplo en la boca del Delta del Río Colorado y cuerpos de aguas aledaños para integrar esa información con la que nos muestran las capturas comerciales en la región. Para cuestiones de manejo del stock, esta información debería de ser suficiente, ya que los datos provinieron precisamente de capturas comerciales. Los cuales fueron evaluados a través de un enfoque nuevo, preciso y profundo en relación al crecimiento individual del recurso chano en esta parte del Golfo de California.

10. CONCLUSIONES

Las relaciones biométricas obtenidas se ajustaron a un modelo potencial y muestran que los individuos de la población presentan un crecimiento de tipo isométrico.

Las tallas encontradas en este estudio estuvieron en un intervalo que fue de 165-535 mm de longitud total en forma general para ambas pesquerías (artesanal e industrial).

El análisis multinomial permitió la identificación de 5 cohortes en la estructura de tallas general del chano, presentándose de 3 a 4 cohortes entre meses para ambas pesquerías durante el periodo de estudio, comprobando así que la actividad actúa simultáneamente sobre varios grupos de edades de chano.

Las cohortes de chano que tienen mayor incidencia en la pesquería comercial en el Norte del Golfo de California presentan edades entre 2-5 años.

El criterio de información de Akaike (AIC) a través de w_i evidenció a dos modelos que describen el crecimiento en el chano, el MCVB y el modelo general de Schnute según los datos analizados. Aunque el modelo de von Bertalanfy presentó una mayor plausibilidad ($w_i=72.8\%$) para la especie en el Norte del Golfo de California.

Fue necesaria la estimación de un modelo promedio entre los modelos candidatos, el cual apoya numéricamente al crecimiento asintótico de la especie. Pero fundamentado en bases biológicas, por la forma de curva proyectada y las características de los datos, se concluye que el MCVB es el que mejor describe el crecimiento del chano en el Norte del Golfo de California. De esta manera se acepta la hipótesis de trabajo, ya que se evidencia y se hace inferencia sobre un modelo que describe de mejor manera en sentido numérico y biológico, el crecimiento individual del chano en la zona de estudio.

Los parámetros de crecimiento individual del modelo seleccionado como el mejor (MCVB), mostraron que la especie tiene una curva de crecimiento de forma logarítmica. Se describe un crecimiento acelerado en los primeros estadios de vida,

haciéndose lento a medida que llega a la asíntota y el fenómeno ocurre como resultado neto de dos procesos metabólicos; anabolismo y catabolismo.

11. LITERATURA CITADA

Ali, M., A. Nieceza, R.J Wootton. 2003. Compensatory growth in fishes: a response to growth depression. *Fish and Fisheries*. 4: 147-190.

Alp, A., C. Kara, F. Üçkardes, J. Carol, E. García-Berthou. 2010. Age and growth of the european catfish (*Silurus glanis*) in a turkish reservoir and comparison with introduced populations. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. 4: 283-294.

Álvarez-Borrego, S., L.A. Galindo-Bect, B.P. Flores-Báez. 1973. Hidrología. Estudio químico sobre la contaminación por insecticidas en la desembocadura del Río Colorado, Tomo I, Reporte a la Dirección de Acuicultura de la Secretaría de Recursos Hidráulicos. Pp. 6-177.

Aragón-Noriega, E.A, W. Valenzuela-Quiñones, H. Esparza-Leal, A. Ortega-Rubio, G. Rodríguez-Quiroz. 2009. Analysis of management options for artisanal fishing of the bigeye croaker *Micropogonias megalops* (Gilbert, 1890) in the upper Gulf of California. *International Journal of Biodiversity Science and Management*. 5: 208-214.

Araya, H.A. 1984. Los sciaenidos (curvinas) del Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*. 32 (2): 179-196.

Araya, M., L.A. Cubillos. 2006. Evidence of two-phase growth in elasmobranchs. *Environmental Biology of Fishes* 77: 293-300.

Arkhipkin, A.I., R. Roa-Ureta. 2005. Identification of ontogenetic growth models for squid. *Marine and Freshwater Research*. 56: 371-386.

Barrera-Guevara, J.C., J.R. Campoy. 1992. Ecología y conservación del Alto Golfo de California. Pp. 47-72 In. J.L Moreno (Coord.). *Ecología, recursos naturales y medio ambiente en Sonora*. Coed. Colegio de Sonora y Gobierno del estado de Sonora.

Beddington, J.R., G.P. Kirkwood. 2005. The estimation of potential yield and stock status using life-history parameters. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 360: 163-170.

Beninger, P.G., I. Boldina, S. Katsanevakis. 2012. Strengthening statistical usage in marine ecology. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 426-427: 97-108.

Bervian, G., N.F. Fontoura, M. Haimovici. 2006. Statical modelo of variable allometric growth: otolith growth in *Micropogonias furnieri* (Actinopterygii, Sciaenidae). Journal of Fish Biology. 68: 196-208.

Borthagaray, A.I, J. Verocai, W. Norbis. 2011. Age validation and growth of *Micropogonias furnieri* (Pisces-Sciaenidae) in a temporally open coastal lagoon (South-western Atlantic-Rocha-Uruguay) based on otolith analysis. Journal of Applied Ichthyology. 27: 1212-1217.

Burnham, K.P., D.R. Anderson. 2002. Model selection and multimodel inference: A practical information-theoretic approach. Springer. 2nd Ed. New York, N.Y. 488p.

Cadima, E.L. 2003. Manual de evaluación de recursos pesqueros. Documento Técnico de Pesca. No. 393. Roma, FAO. 162p.

Cailliet, G.M., W.D. Smith, H.F. Mollet, K.J. Goldman. 2006. Age and growth studies of chondrichthyan fishes: the need for consistency in the terminology, verification, validation, and growth function fitting. Environmental Biology of Fishes. 77: 211-228.

Case, T.J., M.L. Cody. 1983. Island biogeography in the Sea of Cortez. University of California Press. Berkely, Ca. 503 p.

Castro-González, J.J. 2004. Estudio base y estrategias de manejo del chano *Micropogonias megalops*, caso Alto Golfo de California. Tesis de maestría, Ensenada, B.C: Universidad Autónoma de Baja California.

Catalano, M.J., M.S Allen. 2010. A size- and age-structured model to estimate fish recruitment, growth, mortality, and gear selectivity. Fisheries Research. 105: 38-45.

Cerdenares-Ladrón De Guevara, G., E. Morales-Bojórquez, R. Rodríguez-Sánchez. 2011. Age and growth of the sailfish *Istiophorus platypterus* (Istiophoridae) in the Gulf of Tehuantepec, Mexico. Marine Biology Research. 7(5): 488-499.

Chao, L.N., J. A. Musick. 1977. Life history, feedings habits, and functional morphology of juvenile sciaenids fishes in the York River Estuary, Virginia. Fishery Bulletin. 75 (4): 657-702.

Charnov, E.L. 2008. Fish growth: Bertalanffy k is proportional to reproductive effort. *Environmental Biology of Fishes*. 83: 185-187.

Chiappa-Carrara, X., M.C. Galindo De Santiago, S. Cervantes-Sandoval. 2009. *Introducción a los modelos matemáticos de crecimiento con aplicaciones en sistemas biológicos*. UMDI-Sisal, Facultad de ciencias, UNAM. Primera ed. 145p.

Cisneros, M. 2001. Pesca y manejo pesquero en el Golfo de California. *Estudios Sociales*. 11: 57-69.

Cruz-Vásquez, R., G. Rodríguez-Domínguez, E. Alcántara-Razo, E.A. Aragón-Noriega. 2012. Estimation of individual growth parameters of the Cortes geoduck *Panopea globosa* from the central Gulf of California using a multimodel approach. *Journal of Shellfish Research*. 31(3): 725-732.

Cudney, R., P. Turk. 1998. *Pescando entre mareas del Alto Golfo de California*. Puerto Peñasco, México: Centro intercultural de estudio de desiertos y océanos. 166p.

DeLancey, C. 2011. Does parsimony principle entail a simple world? *International Journal for Ontology and Methaphysics*. 12: 87-100.

Fischer, W., F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K.E. Carpenter, V.H. Niem. 1995. *Pacífico centro oriental; Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca*. FAO; Roma. II-III: 648-1652p.

Gamito, S. 1998. Growth models and their use in ecological modelling: an application to a fish population. *Ecological Modelling*. 113: 83-94.

Gilbert, C.H. 1890. A preliminary report on the fishes collected by the steamer 'Albatross' on the Pacific coast of North America during the year 1889, with descriptions of twelve new genera and ninety-two new species. *Proceedings of the United States National Museum*. 13: 49-126.

Gompertz, B. 1825. On the nature of the function expressive of the law of human mortality, and on a new mode of determining the value of life contingencies. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*. 115: 513-583.

Granado-Lorencio, C. 1996. Ecología de peces. Instituto de desarrollo regional de la Universidad de Sevilla. Pp. 324.

Griffiths, S.P., G.C. Fry, F.J. Manson, D.C. Lou. 2010. Age and growth of longtail tuna (*Thunnus tonggol*) in the tropical and temperate waters of the central Indo-Pacific. ICES Journal of Marine Science. 67: 125-134.

Gulland, J.A. 1983. Fish stock assessment. Chichester: FAO/John Wiley and Sons. 1: 223p.

Gulland, J.A., A.A. Rosenberg. 1992. Examen de los métodos que se basan en la talla para evaluar las poblaciones de peces. FAO Documento Técnico de Pesca No. 323. Roma, FAO. 112p.

Haddon, M. 2001. Modelling and quantitative methods in fisheries. Boca Raton, FL: Chapman and Hall/CRC. 406p.

Hilborn, R., M. Mangel. 1997. The ecological detective. Confronting models with data. Monographs in Population Biology. Princeton, NJ: Princeton Academic Press. 315p.

<http://www.iobis.org/es>.

IUCN, 2012. IUCN Red list of threatened species. Version 2012.2. <http://www.iucnredlist.org>.

Jensen, A.L. 1996. Beverton and Holt life history invariants result from optimal trade-off of reproduction and survival. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 54: 987-989.

Katsanevakis, S. 2006. Modelling fish growth: model selection, multi-model inference and model selection uncertainty. Fisheries Research. 81: 229-235.

Katsanevakis, S., D. Maravelias. 2008. Modelling fish growth: multi-model inference as a better alternative to a priori using von Bertalanffy equation. Fish and Fisheries. 9: 178-187.

Kuparinen, A. S. Mäntyniemi, J.A. Hutchings, S. Kuikka. 2012. Increasing biological realism of fisheries stock assessment: towards hierarchical Bayesian methods. *Environmental Reviews*. 20: 135-151.

Lagler, K., J. Bardach, R. Millar, D. Passino. 1984. *Ictiología*. AGT, Editor, México 489p.

López-Martínez, J., E. Herrera-Valdivia, J. Rodríguez-Romero, S. Hernández-Vázquez. 2010. Composición taxonómica de peces integrantes de la fauna de acompañamiento de la pesca industrial de camarón del Golfo de California, México. *Revista de Biología Tropical*. 58: 925-942.

Manickchand-Heileman, S.C., J.S. Kenny. 1990. Reproduction, age, and growth of the whitemouth croaker *Micropogonias furnieri* (Desmarest 1823) in Trinidad waters. *Fishery Bulletin*, U.S. 88: 523-529.

Mercier, L., J. Panfili, C. Paillon, A. N'diaye, D. Mouillot, A.M. Darnaude. 2011. Otolith reading and multi-model inference for improved estimation of age and growth in the gilthead seabream *Sparus aurata* (L.). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 92: 534-545.

Miller, J.M., D.M. Nemerson, K.W. Able. 2004. Seasonal distribution, abundance, and growth of young-of-the-year Atlantic croaker (*Micropogonias undulatus*) in Delaware Bay and adjacent marshes. *Fishery Bulletin*. 101(1):100-115.

Montgomery, S.S., C.T. Walsh, M. Haddon, C.L. Kesby, D.D. Johnson. 2010. Using length data in the Schnute Model to describe growth in a metapenaeid from waters off Australia. *Marine and Freshwater Research*. 61: 1435-1445.

Moreau, J. 1987. Mathematical and biological expression of growth in fishes: recent trends and further developments. In: Summerfelt RC, Hall GE (eds) *Age and growth of fish*. Iowa State University Press, Ames. Pp. 81–113.

Nava, J.M., L.T Findley. 1994. Impact of the shrimp fishery of faunal diversity and stability in the upper Gulf of California, with special emphasis on the vaquita y totoaba. Final Report presented to Conservation International. 60p.

- Nelson, J.S. 2006. *Fishes of the World*. 4th ed. Hoboken. New Jersey, USA: John Wiley and Sons. XIX: 601p.
- Neter, J., M.H. Kutner, C.J. Nachtsheim, W. Wasserman. 1996. *Applied linear statistical models*. New York, NY: McGraw-Hill. 1408p.
- Nixon, S.W., C.M. Jones. 1997. Age and growth of larval and juvenile Atlantic croaker, *Micropogonias undulatus*, from the Middle Atlantic Bight and estuarine waters of Virginia. *Fishery Bulletin*. 95: 773-784.
- Pauly, D. 1984. *Fish population dynamics in tropical waters: A manual for use with programmable calculators*. International Center for Living Aquatic Resource Management, Manila, Philippines. *Studies and Reviews*. 8: 325p.
- Pawitan, Y. 2001. In *All Likelihood: statistical modeling and inference using likelihood*. Oxford: Oxford University Press. 528p.
- Pitcher, T.J., P. Hart. 1983. *Fisheries Ecology*. Springer. 1st ed. 414p.
- Prager, M.H., J.F. O'Brien, S.B. Saila. 1987. Using lifetime fecundity to compare management strategies: A case history for striped bass. *North American Journal of Fisheries Management*. 7: 403–409.
- Quinn, J.T., R.B. Deriso. 1999. *Quantitative fish dynamics*. Oxford University Press. New York. 452p.
- Rábago-Quiroz, C.H., J. López-Martínez, J.E. Valdez-Holguín, M. Nevárez-Martínez. 2011. Distribución latitudinal y batimétrica de las especies más abundantes y frecuentes en la fauna acompañante del camarón del Golfo de California, México. *Revista de Biología Tropical*. 59: 255-267.
- Ramírez-Rojo, R.A., E.A. Aragón-Noriega. 2006. Postlarval ecology of the blue shrimp *Litopenaeus stylirostris* and brown shrimp *Farfantepenaeus californiensis* in the Colorado River Estuary. *Ciencias Marinas*. 32: 45–52.
- Ricker, W.E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada*. 191: 383p.

- Ricker, W.E. 1979. Growth rates and models. In: Hoar, W.S., Randall, D.J., Brett, J.R. (eds.). *Fish Physiology*. Academic Press, New York. Pp. 677–743.
- Rodríguez-Domínguez, G., S.G. Castillo-Vargasmachuca, R. Pérez-González, E.A. Aragón-Noriega. 2012. Estimation of the individual growth parameters of the brown crab *Callinectes bellicosus* (Brachyura, Portunidae) using a multi-model approach. *Crustaceana*. 85(1): 55-69.
- Rodríguez-Quiroz, G. 2008. Sociedad, pesca y conservación en la Reserva de la Biosfera del Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado. CIBNOR. Tesis de doctorado. 134p.
- Román-Rodríguez, M.J. 2000. Estudio poblacional del chano norteño, *Micropogonias megalops* y la curvina Golfina *Cynoscion othonopterus* (Gilbert) (Pisces: Sciaenidae), especies endémicas del Alto Golfo de California, México. Instituto del Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. L298. México, DF.
- Robertson, DR., GR Allen. 2002. Peces Costeros del Pacífico Oriental Tropical: un sistema de información. Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, Balboa, República de Panamá.
- SAGARPA. 2002. Anuario estadístico de pesca. Instituto Nacional de la Pesca. 266p.
- Schnute, J. 1981. A versatile growth model with statistically stable parameters. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 38: 1128-1140.
- Skoog, D.A., F.J. Holler, S.R. Crouch. 2011. Principios de análisis instrumental. 6ta. Edición. CENGAGE Learning. 965p.
- Sparre, P., S.C. Venema. 1997. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros Tropicales. Parte 1. Manual. FAO Documento Técnico de Pesca. Valparaiso, Chile. 306 (1): 420p.
- Thomson, D.A., N. McKibbin. 1976. Gulf of California Fishwatcher's guide. Golden Puffer Press. Tucson, Az. 75p.

- Venzon, D.J., S.H. Moolgavkar. 1988. A method for computing profile-likelihood-based confidence intervals. *Applied Statistics*. 37: 87-94.
- Villamer, A. 1972. Age determination in fishes of the family Sciaenidae. *Journal of Ichthyology*. 13 (4): 550-561.
- von Bertalanffy, L. 1938. A quantitative theory of organic growth. *Human Biology*. 10: 181-213.
- White, M.L., M.E. Chittenden, Jr. 1977. Age determination, reproduction, and population dynamics of the Atlantic croaker, *Micropogonias undulatus*. *Fishery Bulletin*. 75: 109-123.
- Winsor, C.P. 1932. The Gompertz curve as a growth curve. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 18: 1-8.
- Zar, J.H. 1999. *Biostatistical Analysis*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall. 633p.
- Zepeda-Benítez, V.Y. 2011. Edad y crecimiento en estadios tempranos de desarrollo de calamar gigante *Dosidicus gigas* en la parte central del Golfo de California. CIBNOR. Tesis de maestría. 51p.