



ACTA DE LIBERACION DE TESIS

En la ciudad de Mazatlán, Sinaloa, siendo las 15:00 horas del día 15 de diciembre de 2014
Se procedió por los abajo firmantes, miembros del Comité Tutorial avalada por la Coordinación de Posgrado de la Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Autónoma de Sinaloa, a liberar la Tesis de Grado titulada:

EVALUACIÓN DE LA PESQUERÍA DE CURVINA GOLFINA *Cynoscion othonopterus* (GILBERT Y JORDAN, 1882) EN EL ALTO GOLFO DE CALIFORNIA.

Presentada por el alumno (a):

Concepción Enciso Enciso

Nombre del estudiante

Aspirante al Grado de MAESTRO EN CIENCIAS EN RECURSOS ACUÁTICOS EN LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE RECURSOS PESQUEROS

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

EL COMITÉ TUTORIAL

Dr. Jorge Saúl Ramírez Pérez
Director

M. en C. José Julián Castro González
Codirector

Dra. Gabriela Galindo Cortes
Asesora

Dr. Guillermo Rodríguez Domínguez
Asesor

Dr. Nicolás Castañeda Lomas
Asesor



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA

FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN RECURSOS
ACUÁTICOS



**EVALUACIÓN DE LA PESQUERÍA DE CURVINA GOLFINA
Cynoscion othonopterus (GILBERT Y JORDAN, 1882) EN EL
ALTO GOLFO DE CALIFORNIA.**

T E S I S

PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRO EN CIENCIAS EN RECURSOS ACUÁTICOS
EN EL ÁREA DE APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE RECURSOS PESQUEROS**

PRESENTA:

CONCEPCIÓN ENCISO ENCISO

DIRECTOR:

DR. JORGE SAÚL RAMÍREZ PÉREZ

CO-DIRECTOR:

M.C. JOSÉ JULIAN CASTRO GONZÁLEZ

MAZATLÁN, SINALOA, MÉXICO, DICIEMBRE DE 2014.

Dedico este trabajo:

A mi esposa CLAUDIA, por su amor, confianza y sobre todo paciencia.

A mis hijas ELENA y NATALIA, por su alegría, inteligencia y espontaneidad, son el motor de mi lucha constante.

A mis padres RAMÓN y NATALIA, por su ejemplo y brindarme siempre lo mejor.

A mis hermanos *in memoriam*, JUAN y MARY [†], quienes fueron parte fundamental en mi vida, están siempre en mi mente.

A mis hermanos CHEMA, LUPE, MARCOS, CATY, LICHY, PABLO y RAMINCIN, aun cuando lejos siempre me han brindado su cariño y apoyo.

A mis amigos y otros no tantos...

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Sinaloa y la Facultad de Ciencias del Mar (FACIMAR) por la oportunidad de continuar con mi formación dentro de la ciencia pesquera.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo a través de la beca No. 165504 otorgada hace algunos años.

Al Instituto Nacional de Pesca (INAPESCA) que es mi segunda casa, por la oportunidad de superación otorgada, me siento muy orgulloso de ser miembro.

A mis jefes: Maestro Romo, Dr. Nevarez y Maestro Sierra, por todo el gran apoyo y facilidades que me han otorgado para continuar mi formación.

Al Dr. Jorge Saúl Ramírez Pérez y M.C. José Julián Castro González por la dirección de este documento y muy especial a la Dra. Gabriela Galindo Cortes por sus valiosas observaciones y recomendaciones para la conclusión de este trabajo.

A los integrantes del comité tutorial Dr. Guillermo Rodríguez Domínguez y Dr. Nicolás Castañeda Lomas por sus observaciones y sugerencias hacia este documento.

A mis compañeros del INAPESCA: Alma Rosa, Dana, Ángeles, Eva, Marcela, Julián y a todos aquellos que de alguna u otra manera me han ayudado y sobre todo han sido influencia positiva en mí.

A mis compas del posgrado de FACIMAR (Manolo, Yesenia y Yanira) y del CICIMAR (Vera, Temo, Cheluis y Vane), gracias por brindarme su amistad.

RESUMEN

EVALUACIÓN DE LA PESQUERÍA DE CURVINA GOLFINA *Cynoscion othonopterus* (GILBERT Y JORDAN, 1882) EN EL ALTO GOLFO DE CALIFORNIA.

La curvina golfina *Cynoscion othonopterus*, es la segunda pesquería de escama de mayor importancia social y económica en el Alto Golfo de California (AGC). Es considerada endémica de la región y su aprovechamiento se realiza por pescadores ribereños durante su migración reproductiva anual al extremo norte del AGC, principalmente en la Zona Núcleo de la Reserva de la Biósfera del Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado (RBAGCyDRC). Al estar sometida a una alta presión pesquera, es posible que su población pueda verse afectada, por lo que es necesario la implementación de estudios biológicos pesqueros para establecer medidas de manejo que permitan una pesca sustentable. El objetivo general planteado es evaluar la población de la curvina golfina en el AGC y definir diferentes escenarios utilizando cuotas de captura como medidas de manejo. Se realizó un análisis de la pesquería utilizando tres alternativas: la primera, mediante el modelo de Captura-MRS propuesto por Martell y Froese (2012) para la estimación de la captura al máximo sostenible (C_{MRS}), a través de datos de captura y de resiliencia (r) de la especie; la segunda alternativa fue mediante el modelo predictivo basado en tallas que predice los efectos de los cambios en el esfuerzo de pesca sobre los rendimientos futuros y una tercer alternativa fue la aplicación de un modelo bioeconómico dinámico, que permite analizar los costos y la renta económica en la explotación del recurso. Se evaluó la respuesta de la biomasa de la población, la captura y la renta ante diferentes escenarios de manejo (cuotas de captura). La C_{MRS} estimada a través del modelo de Captura-MRS fue de 4,030 t en promedio, con un intervalo del 95% de confianza entre 3,127 y 5,194 t, rango dentro de los estimados del modelo predictivo con 3,362 t y el bioeconómico dinámico con una $C_{MRS} = 3,215$ t y la captura al máximo rendimiento económico (C_{MRE}) de 2,948 t. Aplicando el enfoque precautorio, la cuota de captura para el 2014 no deberá de exceder el límite inferior estimado de C_{MRS} (3,127 t). Con los resultados obtenidos, se permitirá ofrecer una nueva alternativa de evaluación y manejo de la curvina golfina en el Alto Golfo de California.

Palabras clave: Curvina golfina, Alto Golfo de California, manejo.

ABSTRACT

FISHERY ASSESSMENT OF THE GULF CORVINA *Cynoscion othonopterus* (GILBERT Y JORDAN, 1882) IN THE UPPER GULF OF CALIFORNIA.

Gulf corvina *Cynoscion othonopterus*, is the second largest scale fishery of social and economic importance in the Upper Gulf of California (UGC). It is considered endemic to the region and its made by coastal fishermen during their annual spawning migration to the upper north of the UGC, mainly in the core zone of the Biosphere Reserve of the Upper Gulf of California and the Delta of the Colorado River (BRUGCDRC). Being subjected to high fishing pressure, it is possible that its population may be affected, so the implementation of biological fisheries studies are needed to establish management measures that will allow sustainable fishing. The overall purpose is to evaluate the population of Gulf corvina in the UGC and define different scenarios using catch quotas as a management measures. The fishery analysis was made using three alternatives: first, by the Capture-MSY model proposed by Martell and Froese (2012) to estimate the catch at maximum sustainable yield (C_{MSY}), through catch data and resilience (r) of the specie; the second alternative was using the predictive model based on sizes that predicts the effects of changes in fishing effort on future yields and the third alternative was the application of a dynamic bioeconomic model that allows analyze of the costs and economic rent in resource exploitation. Was evaluated the response of the population biomass, catch and futures yield under different management scenarios (catch quotas). The estimated C_{MSY} through the Catch-MSY model was 4,030 t average, with a 95% range of confidence between 3,127 and 5,194 t, range within the estimated predictive model of 3,362 t and the dynamic bioeconomic with a $C_{MSY} = 3,215$ t and the maximum economic yield capture (C_{MEY}) of 2,948 t. Applying the precautionary approach, the catch quota for 2014 should not exceed the estimated lower limit of C_{MSY} (3,127 t). With the obtained results, it is possible to offer a new alternative assessment and management for the Gulf corvina in the Upper Gulf of California.

Key words: Gulf corvine, Upper Gulf of California, management.

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN.....	iii
ABSTRACT.....	iv
LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABLAS.....	ix
INTRODUCCIÓN.....	1
ANTECEDENTES.....	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
HIPOTESIS.....	14
OBJETIVOS.....	15
METODOLOGÍA.....	16
Área de estudio.....	16
Fuente de la información.....	17
Relaciones biométricas.....	18
Crecimiento.....	19
Mortalidad natural.....	21
Modelo de Captura-MRS (Martell y Froese, 2012).....	22
Modelo Predictivo de Thomson y Bell (1934).....	24
Modelo Bioeconómico de Schaefer-Gordon.....	26
RESULTADOS.....	30
Relación Peso total vs. Peso eviscerado.....	30

Relación Longitud total vs. Peso total.....	32
Relación Longitud del Buche vs. Peso eviscerado.....	34
Crecimiento individual.....	36
Estimación de la mortalidad natural (M).....	38
Modelo de Captura-MRS (Martell y Froese, 2012).....	39
Modelo Predictivo de Thomson y Bell (1934).....	42
Estructura de costos.....	44
Modelo Bioeconómico de Schaefer-Gordon.....	45
Análisis de riesgo para la toma de decisiones.....	49
DISCUSIONES.....	50
CONCLUSIONES.....	55
BIBLIOGRAFÍA.....	57

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Producción de curvina golfina (<i>Cynoscion othonopterus</i>) en el Alto Golfo de California del periodo de 1987 a 2013.....	7
Figura 2. Zona de captura de la curvina golfina (<i>Cynoscion othonopterus</i>) en el Alto Golfo de California.....	16
Figura 3. Relación entre el peso total y el peso eviscerado de <i>Cynoscion othonopterus</i> en el Alto Golfo de California.....	30
Figura 4. Perfil de verosimilitud de los parámetros a y b de la relación general entre el peso total y peso eviscerado para machos, hembras y total de <i>Cynoscion othonopterus</i> en el Alto Golfo de California.....	31
Figura 5. Relación entre el peso total y la longitud total de <i>Cynoscion othonopterus</i> en el Alto Golfo de California.....	32
Figura 6. Perfil de verosimilitud de los parámetros a y b de la relación general entre el peso total y peso eviscerado para machos, hembras y total de <i>Cynoscion othonopterus</i> en el Alto Golfo de California.....	33
Figura 7. Relación entre el peso del buche y el peso eviscerado de <i>Cynoscion othonopterus</i> en el Alto Golfo de California.....	34
Figura 8. Perfil de verosimilitud de los parámetros a y b de la relación general entre el peso del buche y peso eviscerado para machos, hembras y total de <i>Cynoscion othonopterus</i> en el Alto Golfo de California.....	35
Figura 9. Curvas de crecimiento individuales de <i>Cynoscion othonopterus</i> ajustado a los 5 casos del Modelo de Schnute, para el Alto Golfo de California.....	36
Figura 10. Captura de <i>C. othonopterus</i> en el AGC y el estimado del RMS con el 95% de confianza durante el periodo de 1995 a 2013.....	39
Figura 11. Frecuencia de valores de r, k, C _{MRS} y B _{MRS} , resultado de las iteraciones del modelo de Martell y Froese (2012).....	40
Figura 12. Biomasa promedio de <i>Cynoscion othonopterus</i> y estimada por año con el intervalo al 95% de confianza.....	41
Figura 13. Estimación de la variación de la biomasa (t) y la captura (t) ante diferentes niveles de mortalidad por pesca (Factor de esfuerzo) para <i>Cynoscion othonopterus</i> en el Alto Golfo de California.....	42

Figura 14. Trayectoria estática (equilibrio) y dinámica de la biomasa (a), las capturas (b), los costos e ingresos (c) y beneficios económicos (d) resultantes de la aplicación de diferentes niveles de esfuerzo para la pesquería de <i>Cynoscion othonopterus</i> en el Alto Golfo de California.....	47
Figura 15. Dinámica en el tiempo de la biomasa (a), la captura (b), la renta económica (c) y esfuerzo pesquero (d) en el tiempo para la pesquería de <i>Cynoscion othonopterus</i> en el Alto Golfo de California	48
Figura 16. Escenarios del riesgo proyectados al año 2020 utilizando los resultados del modelo de Martell y Froese (2012) para diferentes cuotas de captura de <i>Cynoscion othonopterus</i> en el Alto Golfo de California.....	49

LISTA DE TABLAS

		Pág.
Tabla I.	Intervalo al 95% de confianza ($\alpha=0.05$) de los parámetros de la relación entre el peso total peso eviscerado de <i>Cynoscion othonopterus</i> en el Alto Golfo de California.....	31
Tabla II.	Intervalo al 95% de confianza ($\alpha=0.05$) de los parámetros de la relación entre el peso total y la longitud total de <i>Cynoscion othonopterus</i> en el Alto Golfo de California.....	32
Tabla III.	Intervalo al 95% de confianza ($\alpha=0.05$) de los parámetros de la relación entre el peso del buche y el peso eviscerado de <i>Cynoscion othonopterus</i> en el Alto Golfo de California.....	35
Tabla IV.	Valores del índice de Akaike de los 5 casos del modelo de Schnute (1981) para <i>Cynoscion othonopterus</i> utilizando error aditivo y multiplicativo.....	36
Tabla V.	Valores del índice y peso de Akaike ($\omega_i\%$) para la selección del mejor caso del modelo de crecimiento de <i>Cynoscion othonopterus</i>	37
Tabla VI.	Parámetros de ajuste de los 5 casos del modelo de Schnute (1981) para <i>Cynoscion othonopterus</i> en el AGC.....	37
Tabla VII.	Coeficiente instantáneo de mortalidad natural estimado para <i>Cynoscion othonopterus</i>	38
Tabla VIII.	Intervalo al 95% de confianza ($\alpha=0.05$) de los parámetros poblacionales obtenidos mediante el modelo de Martell y Froese (2012) para <i>Cynoscion othonopterus</i> en el Alto Golfo de California.....	40
Tabla IX.	Estimación del rendimiento, la biomasa (t), reducción de biomasa (%) e ingresos (pesos) para <i>Cynoscion othonopterus</i> en el Alto Golfo California.....	43

Tabla X.	Costos fijos y variables de la pesquería de curvina golfina <i>Cynoscion othonopterus</i> en el Alto Golfo de California para la temporada 2013.....	44
Tabla XI.	Parámetros de entrada para el modelo bioeconómico dinámico (Gordon-Schaefer) para la curvina golfina <i>Cynoscion othonopterus</i> en el Alto Golfo de California.....	45
Tabla XII.	Resultados del Modelo Bioeconómico (Gordon-Schaefer) para la curvina golfina <i>Cynoscion othonopterus</i> en el Alto Golfo de California.....	45
Tabla XIII.	Valores estimados de los parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy (ECVB) e índice del desempeño del crecimiento (ϕ'), de la curvina golfina <i>Cynoscion othonopterus</i> , obtenidos en diferentes trabajos.....	52
Tabla XIV.	Valores de cuotas de captura obtenida como medida de manejo estimadas para <i>Cynoscion othonopterus</i> , en el Alto Golfo de California.....	53

INTRODUCCIÓN

Una de las principales misiones de los científicos pesqueros, es la evaluación de recursos pesqueros para proponer medidas de explotación óptimas. La sobreexplotación de los recursos pesqueros, la sobre capitalización de las pesquerías, la eliminación de las rentas que generan la sociedad y la creciente inquietud por la conservación de la biodiversidad marina, han motivado líneas de investigación con un enfoque multidisciplinario, dinámico y precautorio. Sobre esta base, se hace necesario del análisis conjunto de los factores biológicos, ecológicos, y socioeconómicos que comprenden la dinámica de una pesquería (Seijo *et al.*,1997).

En el Derecho del Mar de 1982 (Naciones Unidas, 1982), que entró en vigor en 1994, establece que las naciones del mundo miembros acordaron mantener a las poblaciones de organismos marinos explotados en niveles que puedan producir el Máximo Rendimiento Sostenible (MRS), sistemas de gestión que se han introducido en algunos países del mundo como Australia, Nueva Zelanda y los Estados Unidos. Sin embargo, para la mayoría de las poblaciones o stocks explotados, las evaluaciones periódicas y formales de la biomasa actualmente no son comunes, ya que en la gran mayoría se cuenta con datos limitados o pobres. Por lo que en tales casos, son necesarios métodos simples que permitan la inclusión de las poblaciones explotadas en los esquemas de manejo de MRS (Martell y Froese 2012).

Los métodos para el manejo de las principales pesquerías se han enfocado en su gran mayoría en la aplicación de regulaciones individuales, tales como las cuotas de captura, el control del esfuerzo pesquero, el control de las artes de pesca, o una combinación de ellos. Sin embargo, independientemente del esquema de manejo, es imprescindible conocer el tamaño de la población y la fracción disponible para su explotación (García-Borbón, 2009).

La región del Alto Golfo de California (AGC) es una zona de especial dinamismo, donde existe una gran diversidad de especies con alto valor

económico, así como un elevado endemismo (Quiroz *et al.*, 2008), por lo que fue decretada por el gobierno de México como Reserva de la Biosfera del Alto Golfo de California y Delta del Rio Colorado (D.O.F. 23/06/1993).

La actividad pesquera en el AGC ha sido particularmente problemática por tener una amplia dispersión espacial y una marcada disparidad social (Doode y Wong, 2001). Uno de los principales recursos de escama marina de mayor importancia para las comunidades del AGC, ha sido la curvina (*Cynoscion othonopterus*, Jordan y Gilbert, 1882).

En un inicio, este recurso era capturado dentro de la pesquería de la totoaba (*Totoaba macdonaldi*); sin embargo, por factores desconocidos, la curvina dejó de observarse a inicios de los 60's, llegando incluso a considerarse comercialmente extinta (Román *et al.*, 2000). No obstante, la especie reapareció en las capturas a partir de 1992, convirtiéndose hoy en día como el segundo recurso pesquero de mayor importancia social y económica por el valor de la producción en la región (Román-Rodríguez, 2000; Martínez *et al.*, 2009).

La curvina golfina se considera como una especie endémica del Alto Golfo de California, su distribución comprende las aguas costeras del Golfo de California, a lo largo de toda la Península de Baja California, desde la región de la Paz, en el estado de Baja California Sur hasta su límite norte, la parte sur hasta el Delta del Rio Colorado (Chao, 1995).

Su aprovechamiento se realiza principalmente por pescadores ribereños dentro de la reserva de la Biosfera del Alto Golfo de California y Delta del Rio Colorado. En la actividad interactúan principalmente tres comunidades pesqueras, destacando la comunidad indígena Cucapá, la comunidad del Golfo de Santa Clara y la comunidad de San Felipe (Solana *et al.*, 2009).

En los últimos 15 años, la producción ha oscilado alrededor de las 3 mil toneladas (t), con una máxima histórica en el 2002 de 5,952 t, donde la comunidad

del Golfo de Santa Clara aporta el 69% de la captura total, el 16% lo aporta San Felipe y el 15% lo aporta la comunidad Cucapá.

Las faenas de pesca se realizan aproximadamente tres días antes de las mareas vivas de los meses de febrero a mayo, durante la migración reproductiva anual que realiza la especie a las áreas de desove y crianza, en el extremo norte del Alto Golfo de California y Delta del Rio Colorado (Román & Barrera, 2006). Sin embargo, su principal concentración ocurre en la Zona Núcleo de la Reserva de la Biósfera del Alto Golfo de California y Delta del Rio Colorado (RBAGCyDRC), donde los pescadores aprovechan su vulnerabilidad, facilitando la captura y ocasionando con ello la violación al artículo 49 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA).

En virtud de lo anterior y con la finalidad de garantizar un aprovechamiento responsable de la curvina golfina, es necesario establecer medidas fundamentadas tanto científica como técnicamente que permitan alcanzar la maximización del rendimiento. El presente trabajo presentará una alternativa de evaluación del stock aplicando un enfoque multidisciplinario, dinámico y precautorio que integra los factores biológicos y socioeconómicos, permitiendo valorar diferentes escenarios para el establecimiento de cuotas de captura.

ANTECEDENTES

La curvina golfina (*Cynoscion othonopterus*) es un pez marino perteneciente a la familia Scianidae, comúnmente llamados corvinas, curvinas o roncadors. Fue descrita por Jordan y Gilbert en 1882 y de acuerdo al Sistema Integrado de Información Taxonómica (SIIT^{mx}) de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), la curvina golfina pertenece a:

Reino: Animalia

Phylum: Chordata

Subphylum: Vertebrata

Superclase: Osteichthyes

Clase: Actinopterygii

Subclase: Neopterygii

Infraclase: Teleostei

Superorden: Acanthopterygii

Orden: Perciformes

Suborden: Percoidei

Familia: Sciaenidae

Género: *Cynoscion* (Gill, 1861)

Especie: *C. othonopterus* (Jordan y Gilbert, 1882)

Nombre científico: *Cynoscion othonopterus* (Jordan y Gilbert, 1882).

Las características distintivas de la especie son: cuerpo alargado, relativamente esbelto, perfil de nuca recto, boca grande y oblicua, la mandíbula inferior prominente, mentón sin poros ni barbilla, dientes aguzados, dispuestos en una o dos series, un par de dientes caniniformes en el extremo de la mandíbula superior; aleta dorsal con X u XI (IX-XI+I) espinas y de 23 a 27 radios blandos; aleta anal con II espinas y 10 u 11 radios blandos; aletas pectorales con 16 o 17 radios, alcanzando los extremos de las pélvicas; aleta caudal truncada a levemente marginada. Escamas ctenoides en el cuerpo, cicloides en la cabeza y

aletas; 54 a 56 escamas con poro en la línea lateral. La vejiga gaseosa tiene un par de apéndices anteriores en forma de cuernos. Color: dorso azul metálico, vientre plateado, mitad superior del cuerpo con estrías oscuras, axilas pectorales grisáceas, parte distal de las aletas oscuras, aletas pélvicas y anal amarillas (Chao, 1995).

La familia *Scianidae* comprende 70 géneros y 270 especies y representa uno de los grupos de mayor importancia comercial dentro de los recursos demersales marinos en México e inclusive en el ámbito mundial (Chao y Musik, 1977; Araya, 1984; Chao, 1995). En el Golfo de California, esta familia se representa por aproximadamente 30 especies conocidas, de las cuales tres son consideradas endémicas, tal es el caso de la totoaba (*Totoaba macdonaldi*), el chano norteño (*Micropogonias megalops*) y la curvina golfina *C. othonopterus* (Thompson & Mckibbin, 1978).

La pesquería de la curvina se efectúa principalmente en las aguas someras de la parte norte del AGC y canales de la desembocadura del Delta del Río Colorado (Acosta-Valenzuela, 2008), área localizada al noroeste de la costa de Sonora y noreste de la costa de Baja California, en lo que se conoce como RBAGCyDRC. Su aprovechamiento lo llevan a cabo grupos étnicos y pescadores del Golfo de Santa Clara, San Felipe, las comunidades Cucapá y organizaciones pesqueras del Bajo Río Colorado en Baja California y Sonora; su principal concentración ocurre en la zona núcleo de la RBAGCyDRC durante la migración anual para reproducirse, formando agregaciones reproductivas.

Durante el periodo de 1917 a 1940, este recurso junto con la totoaba, representó una importante pesquería en el AGC. Paulatinamente, la curvina golfina dejó de migrar al AGC en los años 60's. Actualmente, en el AGC, dentro de la pesquería de escama marina, la curvina golfina es la segunda especie con mayor producción (Román-Rodríguez, 2000).

La producción de este recurso resurgió a partir de 1992, cuando se obtuvo una captura de 3.9 t; en 1994 se capturaron 219.5 toneladas y la producción

continuó aumentando de tal manera que para el periodo de 1998 a 2001, la producción osciló entre las 2,889 y 3,748 toneladas. La máxima producción histórica reportada fue en el 2002, con 5,952 toneladas; a partir de ahí, empezó a disminuir hasta las 2,200 toneladas en el año 2005, y en los años subsecuentes volvió a aumentar la producción, cerrando en el 2013 con una captura de 3,263 toneladas (Figura 1), (Botello *et al.*, 2010; Castro *et al.*, 2013).

La curvina golfina es una especie de alto valor pesquero por el volumen que representa y debido a que se pesca durante el periodo de mayor demanda en México (cuaresma); el beneficio económico para los pescadores es muy significativo ya que se captura en un tiempo muy corto de febrero a abril (DOF: 06/11/2012). Se comercializa principalmente como producto fresco eviscerado (deschurupado) y enhielado y la mayor parte de destina a la Ciudad de México, Guadalajara, Sinaloa y Sonora. Otro subproducto de la curvina es la vejiga natatoria o buche (órgano que le sirve para regular su flotabilidad y para emitir sonidos durante su reproducción), este producto es muy apreciado por el mercado asiático y alcanza precios hasta los \$250.00 pesos por kilogramo.

Mediante análisis genéticos moleculares se ha mostrado evidencia que la población de curvina golfina es una población continua y homogéneamente distribuida, con baja diversidad molecular. Además de ser una población que sufrió un evento de cuello de botella en algún momento de su historia evolutiva y más recientemente experimentó una reducción en su tamaño efectivo (Ríos-Medina, 2012).

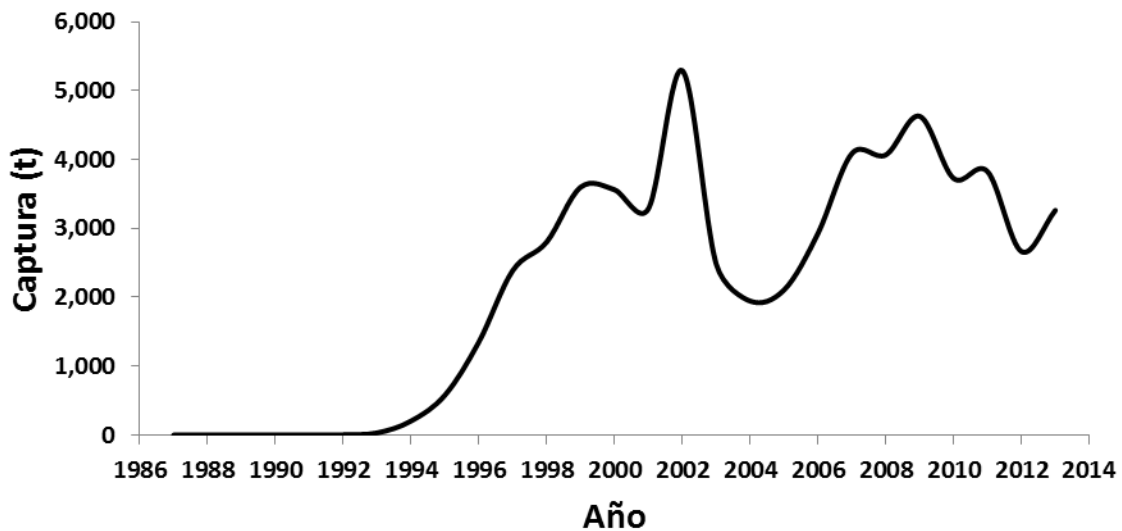


Figura 1. Producción de curvina golfina (*Cynoscion othonopterus*) en el Alto Golfo de California del periodo de 1987 a 2013. Fuente: Subdelegaciones de Pesca de Sonora y Baja California.

En la pesca de la curvina golfina participan embarcaciones menores tipo panga de aproximadamente de 6 m de eslora y motor fuera de borda entre 60 a 120 HP. Cada viaje de pesca tiene una duración de 8 a 10 horas y las capturas van desde 0.5 hasta las 3.5 toneladas por panga. La flota tiene su base en tres comunidades principales: 400 embarcaciones se ubican en el Golfo de Santa Clara, Sonora; 300 embarcaciones en San Felipe, Baja California y 100 embarcaciones en “El Zanjón”, en Baja California (Solana-Sansores, *et al.*, 2012; DOF, 2012).

La pesca de la curvina se realiza en los primeros días de las mareas vivas o pleamar, después del primer y tercer cuarto lunar, en ciclos o periodos de dos o tres días, entre febrero y mayo, y los meses de mayor abundancia son marzo y abril que es cuando se realizan los desoves y ocurren las arribaciones durante su migración reproductiva anual, vulnerabilidad que es aprovechada por los pescadores locales (Campoy, 1999; Román & Barrera, 2006; Paredes *et al.*, 2010).

Con la implementación de la NOM-063-PESC-2005, con respecto a la talla mínima legal (65 cm LT), en el 2009 la CONAPESCA (organismo regulador del

gobierno federal para el sector pesquero) implementó un programa de sustitución de artes de pesca, donde se le dotaría al sector pesquero con equipo de dimensiones específicas a la Norma.

Sobre esta base, Solana-Sansores *et al.* (2012), con la finalidad de evaluar los resultados del programa, realizaron una comparación de las características de las capturas de las nuevas artes de pesca contra las tradicionales. Los resultados sugieren que de acuerdo al modelo seleccionado, solamente el uso de redes de enmalle con luz de malla de 14.6 cm (5 $\frac{3}{4}$ de pulgadas) mantiene la pesca incidental de individuos menores a 65 cm LT por debajo del 35% y es la única que cumple con la normatividad.

Para la curvina golfina existe información diversa sobre estudios biológicos en el área de estudio. Román-Rodríguez (2000) realizó un diagnóstico de las poblaciones de la curvina golfina, con base a aspectos de biología, ecología y dinámica poblacional y cuyos resultados incluyen una descripción de la biología reproductiva, edad, crecimiento, alimentación y observaciones de la pesquería de ambas especies en el AGC. La talla varió desde 145 mm a 920 mm de longitud total (LT), con un promedio entre 666 a 703 mm LT para el periodo de estudio (1997-1999).

En cuanto a la alimentación de la curvina golfina, Encinas (2008) encontró que el 90% del contenido estomacal es sardina bocona, 3% camarón y el 1% jaiba; lo cual coincide con Román-Rodríguez (2000), quien encontró que la curvina se alimenta de manera intensiva de sardina bocona, especialmente entre los meses de febrero a abril.

Respecto a la proporción sexual, Román-Rodríguez (2000) reportó una razón de 1:1. Sin embargo, Acosta-Valenzuela (2008) encontró una proporción de 2:1 de machos por hembras. Acosta-Valenzuela (2008) atribuye que tal anomalía en la relación a la proporción sexual, puede estar influenciada por mecanismos genéticos y de regulación ambiental (Margalef, 1974), o bien pueden ser atribuidos a situaciones de muestreos (sesgos) durante el periodo de estudio o simplemente

que las hembras buscan áreas de protección durante la reproducción, haciendo su captura más difícil.

Román-Rodríguez (2000), en su análisis histológico reproductivo reportó que la curvina golfina es un desovador total y la mayor actividad de reproducción en hembras ocurre en febrero y marzo, la talla de primera madurez (L_{50}) de 700 mm, la fecundidad varió de 250 a 900 mil huevecillos y la edad del primer desove se presenta a los 2 años. Acosta-Valenzuela (2008), encontró una L_{50} de 702 mm, muy similar al resultado de Román-Rodríguez (2000).

Sin embargo, Gherard *et al.* (2013) encontraron que de acuerdo al tamaño y distribución de los ovocitos, infieren que la curvina golfina es un desovador parcial o múltiple. El intervalo de fecundidad varió entre 240,394 y 1,219,342 huevos, con un promedio de 684,293 huevos por desove por individuo (similar al obtenido por Román-Rodríguez, 2000). Asimismo, se estimó una L_{50} de 294.7 mm LT para hembras, que se alcanzan a una edad de 2.3 años y de 267.5 mm LT para machos alcanzada a una edad de 2.0 años.

Con relación a la relación longitud y peso, Román-Rodríguez (2000) utilizando la longitud total y el peso eviscerado encontró que la curvina golfina presenta un crecimiento alométrico (b) de 2.796 para machos, 2.961 para hembras y de 2.879 en ambos sexos. Sin embargo, Acosta-Valenzuela (2008), utilizando la longitud total y el peso total reportó para sexos combinados un valor de $b= 3.27$.

En cuanto a edad y crecimiento, Román-Rodríguez (2000), mediante la utilización de otolitos para la determinación de la edad con tallas entre 145 mm y 920 mm de LT y ajustándose al modelo de von Bertalanffy para proyectar el crecimiento, se estimó valores de $L_{\infty} = 815.9$ mm LT, $K= 0.51$ años⁻¹ y $t_0= -0.38$ años. Por otro lado, Gherard *et al.* (2013) aplicando igualmente la lectura de otolitos, encontraron que en curvina golfina no existen diferencias significativas en el crecimiento entre sexos y de la misma manera utilizando el modelo de crecimiento de von Bertalanffy, para un rango de tallas entre 145 y 1013 mm de

LT, se estimaron los valores de $L_{\infty} = 1006$ mm LT, $K = 0.255$ años⁻¹ y $t_0 = 0.616$ años.

Román-Rodríguez (2000) también realizó estimaciones de densidad por área de curvina golfina en la prospecciones de veda de camarón (meses de verano), en los cuales encontró densidades menores de 1 org/km², en julio frente a la Isla Consag, mientras que en agosto los cardúmenes de curvina se encontraron entre la Bahía San Luis Gonzaga y Punta Final en Baja California con densidades entre 0.01 y 0.1 org/km².

En relación al estado de la pesquería, se encuentran también los trabajos de Ruelas-Peña *et al.* (2013), quienes manifiestan en su trabajo que no existen evaluaciones previas del estado del stock de curvina. Estos autores utilizaron y compararon dos modelos de biomasa dinámica (Schaefer y Pella-Tomlinson) para evaluar el estado del stock de la curvina golfina en el AGC, utilizando series históricas de los índices de abundancia (CPUE) de la pesquería derivados de la captura (t) y el esfuerzo de la pesca comercial (pangas utilizadas) (1993-2010).

De acuerdo al índice de Akaike, el modelo de Schaefer presentó el mejor ajuste y se concluyó que el rendimiento máximo sostenible (RMS) estimado fue de 3,100 toneladas, con una biomasa (B_{RMS}) de 8,200 toneladas y a través de un esfuerzo de (f_{RMS}) de 457 embarcaciones.

La mortalidad por pesca ($F = 0.43$ año⁻¹), es 26.5% mayor a la del punto de referencia biológico ($F_{0.1} = 0.33$). La biomasa promedio del periodo 2006-2010 fue 52% por debajo de su nivel óptimo y la declinación de la misma se aceleró a partir de 1999. De acuerdo a sus resultados, los autores concluyen que el recurso no ha sido saludable a pesar de estar dentro de un área natural protegida. Esto, debido a que la zona núcleo de la reserva no ha sido respetada como zona prohibida para la pesca y por el incremento del esfuerzo pesquero en la zona.

Sin embargo, contrario a lo mencionado por Ruelas-Peña *et al.* (2013), la mayor parte de los trabajos realizados en cuanto a la evaluación de la pesquería

de la curvina se ha documentado mediante dictámenes técnicos oficiales por parte del Instituto Nacional de Pesca (INAPESCA), que se publican cada año como apoyo para la toma de decisiones en el manejo de la pesquería por parte de la autoridad competente (CONAPESCA)¹.

De acuerdo a la Carta Nacional Pesquera (DOF, 24-08-2012) el estado actual de la pesquería de curvina se encuentra aprovechada al máximo rendimiento sustentable y tiene como lineamientos que se requiere la evaluación permanente del estado de salud de la pesquería, incluyendo la identificación y uso de puntos de referencia biológicos: Maximizar el rendimiento económico de la pesquería (MRE) y el Punto de Referencia Limite para detener la disminución de la población y se define como $B_{proy (t+1)}$ sea mayor que el año actual B_{actual} .

El manejo de la pesquería de la curvina está regulado por la Ley General de Pesca y Acuacultura Sustentables; especificaciones contenidas en los permisos de pesca comerciales de escama marina que tienen vigencia de hasta 5 años; la Norma Oficial Mexicana NOM-063-PESC-2005, que contiene las especificaciones de las artes de pesca (red agallera de monofilamento de 14.6 cm de luz de malla y un máximo de 293 m de longitud de relinga), la talla mínima legal (65 cm de longitud total, con una tolerancia del 35% del número de ejemplares por debajo de dicha talla) (DOF, 2007); también se ha establecido una veda temporal para su captura en la RBAGC durante el periodo del 1° de mayo al 31 de agosto de cada año (DOF, 2005); toda vez que la actividad de pesca de este recurso se realiza principalmente dentro de la RBAGC, también está regulada por la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (Vázquez y Fermán, 2010).

Aunado a lo anterior, el 6 de noviembre de 2012 se publica en el DOF el acuerdo por el que se da a conocer el Plan de Manejo Pesquero de Curvina Golfina (*C. othonopterus*) del norte del Golfo de California, y cuyo objetivo principal es el de proporcionar los elementos de información y análisis para la definición de programas de ordenamiento y normalización (pesca responsable) en el AGC.

¹http://www.inapesca.gob.mx/portal/publicaciones/dictamenes/cat_view/32-curvina .

El Plan de manejo contribuirá a un mejor conocimiento de la pesquería de la curvina golfina, para mejorar su explotación. Los resultados de los estudios permitirán fortalecer el sustento de éstas y otras regulaciones aplicables a la pesquería. En dicho plan de manejo se establecen los puntos de referencia, que son los valores críticos (objetivos o límites) de los indicadores de sustentabilidad, y a efecto de establecer escenarios de cuota como una medida de manejo, se prevé la utilización de varios modelos con diferentes criterios de punto de referencia: Modelo bioeconómico de Schaefer-Gordon, Modelo Predictivo de Thomson y Bell (1934) y el Modelo Dinámico de Schaefer (Hilborn y Walters, 1992) (DOF, 2012).

Castro *et al.* (2013) en su dictamen técnico para la cuota de captura del 2014, y utilizando el Modelo Bioeconómico de Schaefer-Gordon, concluyeron que la cuota de captura de curvina golfina no deberá exceder del límite inferior estimado de la C_{MRE} de 3620 toneladas de peso eviscerado, de los cuales incluye 81.4 toneladas de buche (DOF, 2014).

Desde el punto de vista social y económico de la región de estudio, se puede mencionar que los pescadores del AGC aprovechan una serie de pesquerías a lo largo del año: el camarón azul se pesca de septiembre a febrero, la curvina golfina de febrero a abril, el chano y la sierra de abril a junio, y recientemente en los meses de junio, julio y agosto se ha aprovechado la aguamala o bola de cañón.

Al capturar volúmenes extraordinarios de recursos como la curvina golfina dan pie a múltiples problemas sociales y económicos tales como la sobreproducción, la caída del precio, excesivo número de embarcaciones, conflictos en alta mar, endeudamiento, por mencionar otros.

Al saturarse el mercado, el kilo de la curvina se desploma en cuestión de horas, variando entre 25 y 2 pesos. Toda vez que no hay cooperación entre productores, se genera una carrera por pescar la mayor cantidad posible, lo cual genera el problema de ingreso de pescadores sin permiso (ilegales), aumentando el esfuerzo, lo que provoca la sobre capitalización de la pesquería.

Sin embargo, pese a lo anterior German-Cruz (2007), concluye que los pescadores del Golfo de Santa Clara, se niegan a dejar la actividad pesquera pese a la gran cantidad de restricciones legales y administrativas que se les han venido imponiendo, argumentando que no saben hacer otra cosa y no cuentan con una educación adecuada que les permita laborar en actividades mejores remuneradas.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La curvina golfina al ser una especie endémica con un rango de distribución limitado y al estar sometida a una alta presión pesquera, es posible que su población pueda verse afectada, por lo que es necesario la implementación de estudios biológicos pesqueros de la pesquería y socioeconómicos que son esenciales para aportar elementos a la autoridad para mantener a la población de esta especie en niveles óptimos, lo cual es primordial para la supervivencia y desarrollo de los pescadores de las comunidades aledañas al Alto Golfo de California.

HIPOTESIS

La pesquería de la curvina golfina *Cynoscion othonopterus* en el Alto Golfo de California puede ser evaluada adecuadamente a través de modelos con diferentes grados de complejidad.

OBJETIVOS

Objetivo general:

Desarrollar un modelo alternativo para la población de la curvina golfina *Cynoscion othonopterus* en el Alto Golfo de California, que represente el comportamiento de la pesquería y sirva de base para establecer las medidas de su manejo.

Objetivos particulares:

- Estimar los parámetros poblacionales básicos: relaciones biométricas, parámetros de crecimiento (L_{∞} , k y t_0) y mortalidad natural.
- Evaluar la población de la curvina golfina en el Alto Golfo de California utilizando el modelo Captura-MRS (Martell y Froese, 2012), el modelo predictivo de Thomson-Bell (1934) y el modelo bioeconómico de Schaefer-Gordon (Anderson y Seijo, 2010)
- Establecer escenarios con diferentes cuotas de captura como criterio de medida de manejo.

METODOLOGIA

Área de estudio

El área de estudio comprende la región norte del Alto Golfo de California y Delta del Rio Colorado, localizada al noroeste de la costa de Sonora y noreste de la costa de Baja California. Particularmente, lo que se conoce como Reserva de la Biósfera del Alto Golfo de California y Delta del Rio Colorado (RBAGCyDRC) y su zona de influencia hacia el sur (Figura 2).

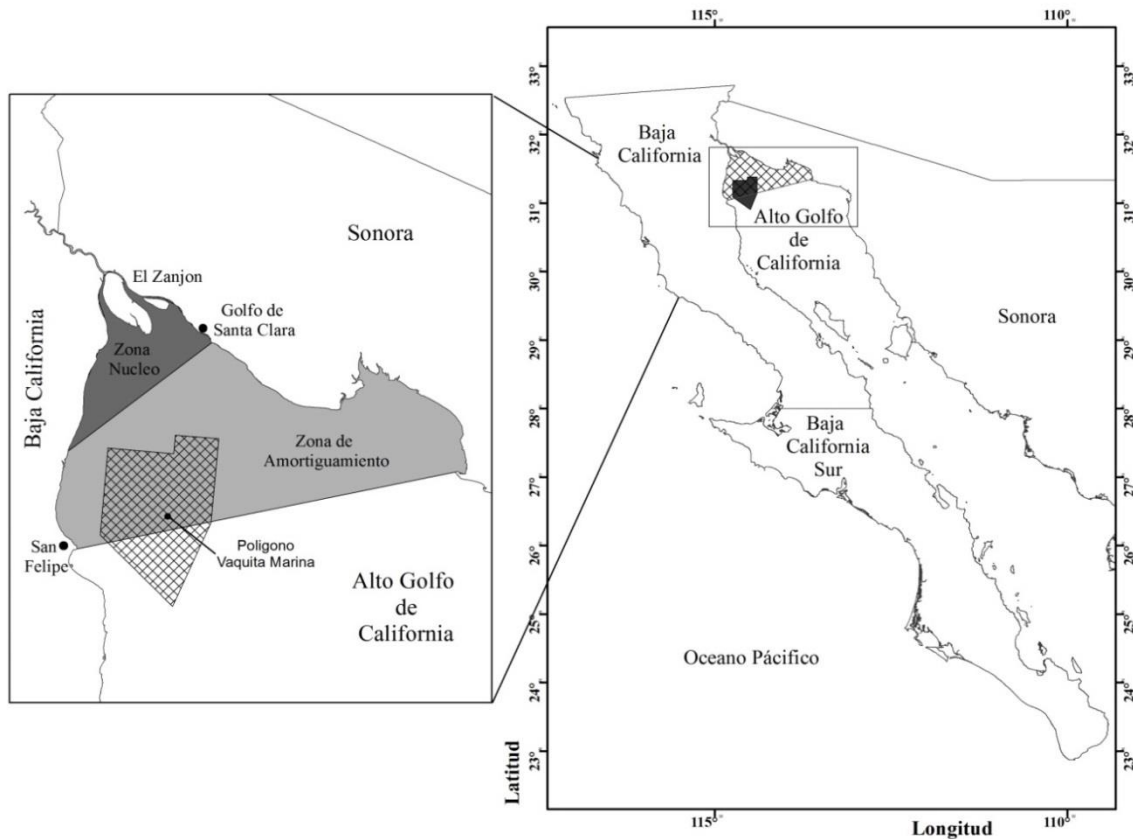


Figura 2. Zona de captura de la curvina golfina (*Cynoscion othonopterus*) en el Alto Golfo de California.

El decreto de la RBAGCyDRC fue publicado gobierno de México en el Diario Oficial de la Federación con fecha del 10 de junio de 1993. La reserva tiene una superficie de 934,756 has., integrada por una zona núcleo denominada “Delta

del Rio Colorado”, con una superficie de 164,779 has y una zona de amortiguamiento de 769,976 has de superficie.

El área marina de la reserva presenta un fondo generalmente plano, con pendientes que rara vez exceden el 0.5%, desde la línea de costa hasta una profundidad de 15 m (Thomson, 1969) dominando profundidades menores de 50 m en el 80%. La configuración del fondo en la porción del Delta es regular, con una serie de canales y Bajos con dirección Noroeste-Sureste (Álvarez-Borrego *et al.*, 1977).

En la RBAGCyDRC se encuentran diversos hábitats ecológicos, incluyendo humedales intermareales, marismas, islas deltaicas, arrecifes arenosos, pastos marinos y playas de fondos suaves, mismos que representan zonas de maduración, desove y crianza de diversas especies acuáticas (Rodríguez-Quiroz, *et al.*, 2010; Botello, *et al.*, 2010).

Fuente de la información

La información para el análisis proviene de las temporadas de pesca 1995 a 2013 que incluye datos biométricos (talla y peso), captura anual (kilogramos) y la CPUE (kg por embarcación) obtenidas de los registros oficiales provenientes de la flota ribereña de las comunidades indígenas Cucapá y San Felipe en Baja California, y Golfo de Santa Clara en Sonora. Adicionalmente, se utilizó la base de datos del INAPESCA (CRIP-Ensenada) la cual contiene las biometrías de los organismos que considera: la longitud total (LT en mm), el peso total (PT en gramos), el peso eviscerado (PE en gramos) y el peso del buche (PB en gramos), e información sobre costos e ingresos por viaje y para el crecimiento se utilizaron los datos de edad-talla de Román-Rodríguez (2000).

Relaciones biométricas

Con el propósito de evaluar la proporcionalidad del peso total y el peso eviscerado, se calculó la relación PT-PE. A los datos se les ajustó el siguiente modelo lineal:

$$PT = a + b * PE$$

Dónde:

PT= Peso total

PE= Peso eviscerado del organismo

a= intercepto

b= pendiente de la curva

Se analizó la relación longitud-peso a través del modelo potencial, mediante la siguiente función:

$$PE = a * LT^b$$

Dónde:

PE= Peso eviscerado del organismo.

LT= Longitud total.

a= intercepto o factor de condición.

b= pendiente de la curva o parámetro de alometría.

La proporcionalidad entre el peso del buche y el peso eviscerado (PB-PE), se calculó mediante el modelo lineal:

$$PB = a + b * PE$$

Dónde:

PB= Peso del buche

PE= Peso eviscerado del organismo

a= intercepto

b= pendiente de la curva

Los valores de los coeficientes de regresión (a y b) se obtuvieron para machos, hembras y sexos combinados. Las diferencias entre sexos se evaluaron a través de la prueba de razón de verosimilitud de Kimura (Haddon, 2001).

Los tres ajustes se realizaron utilizando la función de máxima verosimilitud siguiente:

$$LL = -\frac{n}{2} [\ln 2\pi + 2\ln \sigma + 1]$$

Donde $\sigma = \sqrt{\sum \frac{(\ln Lt_{obs} - \ln Lt_{esp})^2}{n}}$ para error multiplicativo.

Crecimiento

Con la finalidad de asignar edad a los organismos del presente trabajo, se utilizó una clave de edad talla reportada por Román-Rodríguez (2000).

El ajuste del crecimiento se realizó mediante el modelo de Schnute (1981); el cual, permite comparaciones de funciones de crecimiento del tipo asintótico y no asintótico, el modelo presenta cuatro casos y el caso 5, que es un caso especial equivalente al modelo de Von Bertalanffy. Los casos del modelo son:

Caso 1, $a \neq 0$ y $b \neq 0$	$Y(t) = \left[Y_1^b + (Y_2^b - Y_1^b) \frac{1 - e^{-a(t-\tau_1)}}{1 - e^{-a(\tau_2-\tau_1)}} \right]^{\frac{1}{b}}$
Caso 2, $a \neq 0$ y $b = 0$	$Y(t) = Y_1 \exp \left[\log \left(\frac{Y_2}{Y_1} \right) \frac{1 - e^{-a(t-\tau_1)}}{1 - e^{-a(\tau_2-\tau_1)}} \right]$
Caso 3, $a = 0$ y $b \neq 0$	$Y(t) = \left[Y_1^b + (Y_2^b - Y_1^b) \frac{t - \tau_1}{\tau_2 - \tau_1} \right]^{\frac{1}{b}}$
Caso 4, $a = 0$ y $b = 0$	$Y(t) = Y_1 \exp \left[\log \left(\frac{Y_2}{Y_1} \right) \frac{t - \tau_1}{\tau_2 - \tau_1} \right]$
Caso 5, $a = 0$ y $b = 1$	$Y(t) = \left[Y_1 + (Y_2 - Y_1) \frac{1 - e^{-a(t-\tau_1)}}{1 - e^{-a(\tau_2-\tau_1)}} \right]$

Donde $Y(t)$ es la longitud a la edad t , Y_1 y Y_2 son la longitud al inicio y final de un intervalo de tiempo $\tau_1 - \tau_2$, a es un parámetro de crecimiento con unidades en este estudio de años y b está relacionado al punto de inflexión en la forma “S” de la curva .

Cada caso fue ajustado a los datos edad-talla maximizando el algoritmo de verosimilitud $LL(a, b | \text{datos}) = -\left(\frac{n}{2}\right) (\ln(2\pi) + 2 * \ln(\sigma) + 1)$, asumiendo estructuras aditivas y multiplicativas de los errores. Cuando el error se asumió multiplicativo, el valor de σ fue estimado con:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(\ln Pt_{obs} - (\ln a + b \ln(Lt)))^2}{n}}$$

Y cuando se asumió error aditivo σ fue estimado con:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(Pt_{obs} - (aLt^b))^2}{n}}$$

El mejor ajuste a una determinada estructura del error y caso del modelo fue determinado utilizando aquel que presentó el menor índice de Akaike corregido para muestras pequeñas.

$$AIK = (-2 * LL + 2 * \Phi) + \frac{2 * \Phi * (\Phi + 1)}{n - \Phi - 1}$$

Donde LL es la máxima logverosimilitud, Φ es el número de parámetros estimados, n es el número de datos de la clave edad talla y Δc es la diferencia entre el índice de Akaike de cada caso y aquel que obtuvo el menor valor $AIK_c - AIK_{min}$.

Además se estimó el peso de Akaike (W) el cual provee de un índice proporcional del mejor ajuste. El peso de Akaike fue estimado con:

$$W_i = \frac{e^{-0.5\Delta c}}{\sum_{c=1}^5 e^{-0.5\Delta c}}$$

El ajuste de la curva de crecimiento se hizo por medio de la ecuación de crecimiento de Von Bertalanffy:

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

Los parámetros a utilizar serán L_∞ (el largo asintótico de la LT en mm), k (tasa instantánea de crecimiento) y t_0 (es la variable de ajuste que representa la edad teórica a la que tiene una talla de cero).

La máxima verosimilitud (Hilborn y Mangel, 1997) de los datos dado los parámetros considerados en cada caso del modelo se estimó con el algoritmo de Newton (Haddon, 2001).

$$LL = -\frac{n}{2} [\ln 2\pi + 2\ln\sigma + 1]$$

Donde $\sigma = \sqrt{\frac{\sum (\ln L_{t_{obs}} - \ln L_{t_{esp}})^2}{n}}$ para error multiplicativo

Mortalidad natural

Para obtener la mortalidad natural se utilizaron los modelos de Pauly (1980) y el modelo empírico de Jensen (1996).

La ecuación del modelo empírico de Pauly (1980), incluye a la temperatura como un factor que influye en la mortalidad natural (que en este caso se utilizó la temperatura media del mar en el área estudiada 24°C) y los parámetros de crecimiento L_∞ y K

$$\ln M = -0.0152 - 0.270 \ln L_\infty + 0.6543 \ln K + 0.4634 \ln T$$

El modelo empírico Jensen (1996), incluye al coeficiente de crecimiento K (año⁻¹) multiplicado por un factor que en este caso es 1.5.

$$M = 1.5 * k$$

Método de Captura-Máximo Rendimiento Sostenible (Martell y Froese, 2012)

El objetivo del manejo de pesquerías es mantener la biomasa de los stocks de peces a niveles que permitan producir el máximo rendimiento sostenible (MRS). Sin embargo, en la mayoría de las poblaciones explotadas, las evaluaciones de biomasa actualmente no son muy frecuentes. Esto, principalmente por la escasez y/o dificultad de obtener la información biológica y pesquera para muchas poblaciones.

Recientemente Martell y Froese (2012), desarrollaron una metodología para evaluar pesquerías que no cuentan con mucha información, basándose solamente en series de capturas anuales denominándose método Captura-Máximo Rendimiento Sostenible (Captura-MRS).

El método Captura-MRS requiere una serie de tiempo de capturas C_t , intervalos de biomasa inicial $(\lambda_{01}, \lambda_{02})$ y final (λ_1, λ_2) del stock en la serie de captura, como una proporción de la capacidad de carga (K) y un conjunto de valores de r (tasa máxima de incremento poblacional) y K seleccionados a través de un proceso aleatorio de una distribución uniforme en un intervalo para cada parámetro. Posteriormente se realizan estimaciones de la biomasa anual usando el modelo de producción excedente de Schaefer (1954) con cada par de valores de r y k generados y utilizando la distribución de Bernoulli como función de verosimilitud para aceptar o rechazar cada par de r - k , si no llevan al modelo a colapsar el stock o exceder la capacidad de carga y que la biomasa resultante quede incluida en el rango de depleción (λ_1, λ_2) asumido. El error de proceso puede ser considerado multiplicando el modelo de Schaefer por el antilogaritmo de un error con distribución normal con $(0, \sigma(v t))$. Cuando $\sigma(v t)=0$ se asume un error de observación.

Para la curvina golfina en el Alto Golfo de California se utilizó una serie de tiempo de 1995 a 2013 obtenidos de los registros oficiales de la CONAPESCA. Se utilizó un intervalo inicial de proporción de biomasa $(\lambda_{01}, \lambda_{02})$ de 0.5 a 0.9, asumiendo que la serie de captura inició cuando la población era virgen. La

captura final de la serie dividida entre la máxima captura fue mayor de 0.5, por lo tanto se utilizó un rango de depleción de $\lambda_1=0.3$, $\lambda_2=0.7$ y se asumió un error de observación. Un intervalo de r para especies de resiliencia media de 0.2 a 1.0 fue reportado en www.fishbase.org para la especie *C. othonopterus*.

Se definieron los intervalos de entrada de capacidad de carga (K) de la siguiente manera: la $K_{inicial}$ como la máxima captura en la serie de tiempo y la K_{final} multiplicando por 100 la máxima captura.

La biomasa inicial en la serie de tiempo fue estimada como $B_0 = \lambda k * exp(vt)$ y las biomásas de los siguientes años como:

$$B_{t+1} = [B_t + rB_t] * \left(1 - \frac{B_t}{k}\right) - Ct] * exp(v t)$$

Este procedimiento fue realizado con 100,000 pares de r-k generados con las siguientes probabilidades independientes:

$$P(r) \approx exp\left(iniform(Ln(lr), Ln(ur))\right)$$

$$P(rk) \approx exp\left(iniform(Ln(lk), Ln(uk))\right)$$

El proceso se repite para cada valor de λ_0 en el intervalo de 0.5 a 0.9 en pasos de 0.05. Por lo tanto fueron evaluados 900,000 pares de r-K con la distribución de Bernoulli. En los casos cuando las combinaciones de (r, K) dieron como resultado una extinción de la población o rebasan la capacidad de carga antes de terminar la serie de tiempo se le asignó un cero a tal combinación de parámetros. Para combinaciones de (r, K) que resultaron en un tamaño del stock al final de la serie en un intervalo entre λ_1 y λ_2 se les asignó un valor de 1. Posteriormente solo los casos en los que la verosimilitud resultó igual a 1 son seleccionados y nuevos valores de r y K se definen en una segunda vuelta de iteraciones.

De la gráfica resultante de la relación de r1 y K1, los valores más pequeños de K1 cerca del límite inicial de r1 fue seleccionado como un máximo K2 y el

mínimo K2 fue definido como 0.9 del mínimo K1. El valor máximo de r2 se definió como 1.2 veces el máximo r1 y por último el mínimo r1 fue establecido como mínimo de r2.

El análisis se repite con los nuevos rangos de r2 y K2 y de la misma manera se discriminan los resultados con verosimilitud de 0 y se eligen aquellos con verosimilitud de 1. El procedimiento es realizado con un macro en una hoja de Excel. Y con los valores de r2 y K2 seleccionados se estimaron las siguientes cantidades de manejo:

$$MRS = rk/4$$

$$B_{MRS} = k/2$$

$$F_{MRS} = k/2$$

Se estima la media geométrica de r, k, MRS, BMRS, FMRS y la Biomasa en cada año de la serie de tiempo. Se calculó el promedio y desviación estándar de los logaritmos de los parámetros y posteriormente para estimar los intervalos de confianza al 95%, al promedio se les sumó y restó dos veces la desviación estándar y luego se transformó aplicando el antilogaritmo. Implicando con esto que en una distribución lognormal, las estimaciones de los parámetros, cantidades de manejo y biomasa varían en el rango con un 95% de confianza.

Modelo Predictivo de Thompson y Bell (1934)

El modelo de Thompson y Bell (1934) basado en tallas se utiliza para predecir los efectos de los cambios en el esfuerzo de pesca sobre los rendimientos futuros y consiste en el desarrollo de dos etapas principales: 1) Provisión de entradas esenciales y opcionales, y 2) el cálculo de salida bajo la forma de predicciones de rendimientos futuros, niveles de biomasa y aun del valor de los rendimientos futuros. El modelo utiliza los valores de entrada de un análisis de cohortes, derivado del modelo de Jones y éstos son las mortalidades por pesca por grupo de tallas (H), el número de sobrevivientes en el primer intervalo de tallas

y adicionalmente los parámetros de la relación Longitud vs. Peso (Sparre y Venema, 1997).

El vector de mortalidad por pesca se multiplica por diferentes proporciones pr_i (0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.2, 1.4, 1.6, 1.8 y 2.0) para simular diferentes niveles de esfuerzo pesquero.

Con el valor del número de sobrevivientes para el intervalo de tallas más pequeño registrado (se obtiene del modelo de Jones), se calcula el siguiente valor de sobrevivientes mediante la siguiente expresión:

$$N(L_2) = N(L_1) * \frac{\frac{1}{H(L_1, L_2)} - \frac{pr_i * F(L_1, L_2)}{(pr_i * F(L_1, L_2) + M)}}{H(L_1, L_2) - \frac{pr_i * F(L_1, L_2)}{(pr_i * F(L_1, L_2) + M)}}$$

Y el rendimiento (R) se obtiene de:

$$R = \sum_{i=1}^k P_i [NL_i - NL_{i+1}] * \frac{pr_i * F(L_i, L_{i+1})}{(pr_i * F(L_i, L_{i+1}) + M)}$$

Donde P_i es el peso promedio para el intervalo de talla i y se obtiene de una relación potencial entre el peso y la longitud de la siguiente forma:

$$P_i = aL^b$$

Se estimará el rendimiento ante diferentes escenarios de niveles de esfuerzo para analizar en cual nivel de esfuerzo se logra el máximo rendimiento de la pesquería.

Adicionalmente se obtendrá la biomasa (\bar{B}) con:

$$\bar{B} * \Delta t = \sum_{i=1}^k \frac{(NL_i - NL_{i+1})}{F_i + M} * W_i$$

Para estimar los ingresos que se esperan para cada nivel de esfuerzo, se multiplica el rendimiento estimado por el precio promedio por kilogramo por grupo de talla; en este caso se manejará solo un precio de la curvina en \$18.00.

Modelo Bioeconómico de Schaefer-Gordon

La base del modelo económico de Gordon (1954), deriva de la función de rendimiento incorporando el componente económico, mismo que aborda el problema de los recursos de propiedad común y desarrolla la teoría de acceso abierto. El análisis consiste en calcular el Máximo Rendimiento Sostenible (MRS), Máximo Rendimiento Económico (MRE) de acuerdo a Anderson y Seijo (2010), así como la Biomasa en Equilibrio Bioeconómico (Bebe).

El modelo establece que los ingresos netos (π) derivados de la actividad pesquera están en función de los ingresos totales sostenibles (ITS) y los costos totales (CT):

$$\pi = ITS - CT$$

También se expresa de la siguiente forma:

$$\pi = pC - cf$$

Dónde: p es el precio promedio por kilogramo de curvina, C es la captura total de curvina, f es el esfuerzo aplicado y c es el costo constante por unidad de esfuerzo que incluye costos fijos (depreciación, intereses, gastos administrativos, etc.) y costos variables (combustible, alimentos, etc.)

Sustituyendo con la función de la tasa de captura expresada por Schaefer (1954):

$$C(t) = qf(t)B(t)$$

Se tiene que:

$$\pi = (pqB - c)f$$

Gordon (1954) supone condiciones de equilibrio en la población para obtener un rendimiento sostenible en el largo plazo. Asimismo considera que en equilibrio económico los ITS igualan a los CT y por lo tanto $\pi(t)$ es igual a cero (cuando la derivada de la biomasa con respecto al tiempo es igual a cero, entonces se presentan condiciones de equilibrio biológico y económico

simultáneamente (equilibrio bioeconómico). Por lo tanto la biomasa en equilibrio bioeconómico (Bebe) se obtiene igualando a cero la ecuación y despejando B :

$$B_{EBE} = \frac{c}{qp}$$

Bajo estas condiciones la biomasa será siempre mayor a cero dado que el esfuerzo se reducirá o cesará cuando no sea rentable (los costos totales superen a los ingresos totales).

Los ingresos totales sostenibles (bajo condiciones de equilibrio) se obtienen al multiplicar la función de biomasa por el precio p :

$$ITS = prB \left(1 - \frac{B}{K}\right)$$

Dónde:

r = tasa intrínseca de crecimiento poblacional

B = biomasa de la población en el tiempo t

K = capacidad de carga del ambiente

Los costos totales se obtienen partiendo de la misma función que en el caso anterior, pero en términos del esfuerzo pesquero (f):

$$qfB = rB \left(1 - \frac{B}{K}\right)$$

Despejando f y multiplicando por el costo unitario (c) se definen los costos totales en función del esfuerzo en el largo plazo:

$$CT = \left(\frac{cr[1 - (B/K)]}{q}\right)$$

Cuando se piensa en la implementación de medidas de manejo, una de las metas en términos biológicos consiste en mantener en el tiempo los niveles de esfuerzo y capturas en el MRS . Para ello se parte del modelo estático de Schaefer, hallando la primera derivada de la función de captura e igualándola a cero:

$$\frac{dC}{df} = qK - \frac{2q^2fK}{r} = 0$$

Despejando f y reordenando términos se obtiene el nivel de esfuerzo para el MRS :

$$f_{MRS} = \frac{r}{2q}$$

Se sustituye f_{MRS} en $C = qfK \left(1 - \frac{qf}{r}\right)$ y en consecuencia se obtiene la captura en MRS :

$$C_{MRS} = \frac{Kr}{4}$$

Para maximizar la renta económica que el recurso le podría generar a la sociedad, es necesario que la pesquería opere con un nivel de esfuerzo pesquero que maximice el rendimiento económico (e.g. esfuerzo en MRE). Este criterio se obtendrá al maximizarse las diferencias entre los ingresos totales sostenibles y los costos totales del esfuerzo pesquero. En este caso, se obtiene cuando el valor del producto marginal del esfuerzo pesquero (VME) es igual a los costos por unidad de esfuerzo, e.g. $VME=c$.

Considerando la tasa de captura definida por Schaefer (1954) en la ecuación:

$$C(t) = qf(t)B(t)$$

Se sustituye la expresión que determina la biomasa en función del esfuerzo pesquero:

$$B(t) = \left(1 - \frac{qf}{r}\right)K$$

Por lo tanto:

$$C(t) = qfK \left(1 - \frac{qf}{r}\right)$$

Multiplicando por el precio promedio y dividiendo entre el esfuerzo, se obtiene el valor promedio del esfuerzo pesquero (VPE)

$$VPE = qKp \left(1 - \frac{qf}{r}\right)$$

Derivando la ecuación de captura de Schaefer con respecto al esfuerzo pesquero se tiene:

$$\frac{dC}{df} = qK \left(1 - \frac{qf}{r}\right)$$

Multiplicando la ecuación por el precio promedio de la especie (p), se obtiene el valor del producto marginal del esfuerzo pesquero (VME):

$$VPE = pqK \left(1 - \frac{2qf}{r}\right)$$

Igualando al costo unitario del esfuerzo pesquero, c, y despejando f , se obtienen el esfuerzo en máximo rendimiento económico

$$f_{MRE} = \frac{r}{2q} \left(1 - \frac{c}{pqK}\right)$$

El equilibrio bioeconómico se alcanza cuando el valor promedio del esfuerzo pesquero sea igual a los costos por unidad de esfuerzo ($VPE = c$), al despejar f se puede observar que $f_{EBE} = 2f_{MRE}$, es decir que el esfuerzo en equilibrio bioeconómico es dos veces mayor que el esfuerzo en máximo rendimiento económico.

RESULTADOS

Relación peso total-peso eviscerado

Los valores de los parámetros a y b al 95% de confianza ($\alpha=0.05$) y la representación gráfica de la relación entre el peso total (PT) y el peso eviscerado (PE), para hembras, machos y sexos combinados se presenta en la tabla I y figura 3. Los datos se ajustaron adecuadamente al modelo lineal, entre el 96% y 98% de la variación fue explicada por el modelo. Al comparar los ajustes entre machos y hembras mediante la prueba de razón de verosimilitud (Kimura), estas presentaron diferencias significativas ($\chi^2 = 135.6$, $p=3.6E-30$). Los perfiles de verosimilitud para cada parámetro y por sexo se presentan en la figura 4.

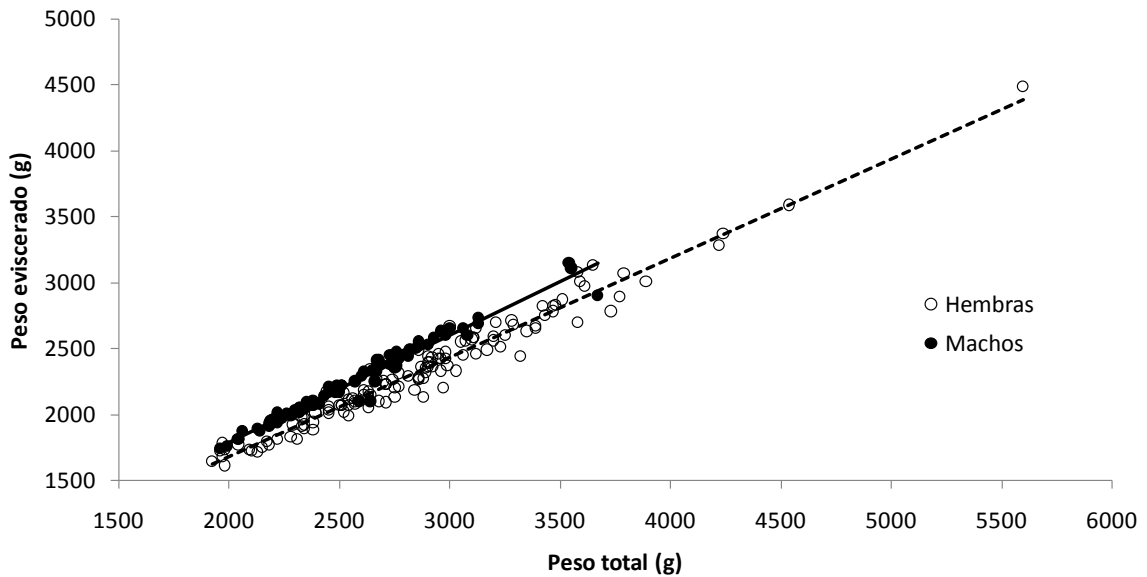


Figura 3.- Relaciones entre el peso total y el peso eviscerado de *Cynoscion othonopterus* en el Alto Golfo de California.

Tabla I. Intervalo al 95% de confianza ($\alpha=0.05$) de los parámetros de la relación entre el peso total y peso eviscerado de *Cynoscion othonopterus* en el Alto Golfo de California.

Sexo	Parámetro	IC inferior	Promedio	IC superior	r^2	n
Machos	a	121.950	132.309	142.850	0.9677	82
	b	0.820	0.824	0.828		
Hembras	a	177.495	191.038	204.885	0.9632	128
	b	0.742	0.747	0.752		
Total	a	282.592	295.472	308.376	0.9868	212
	b	0.723	0.728	0.733		

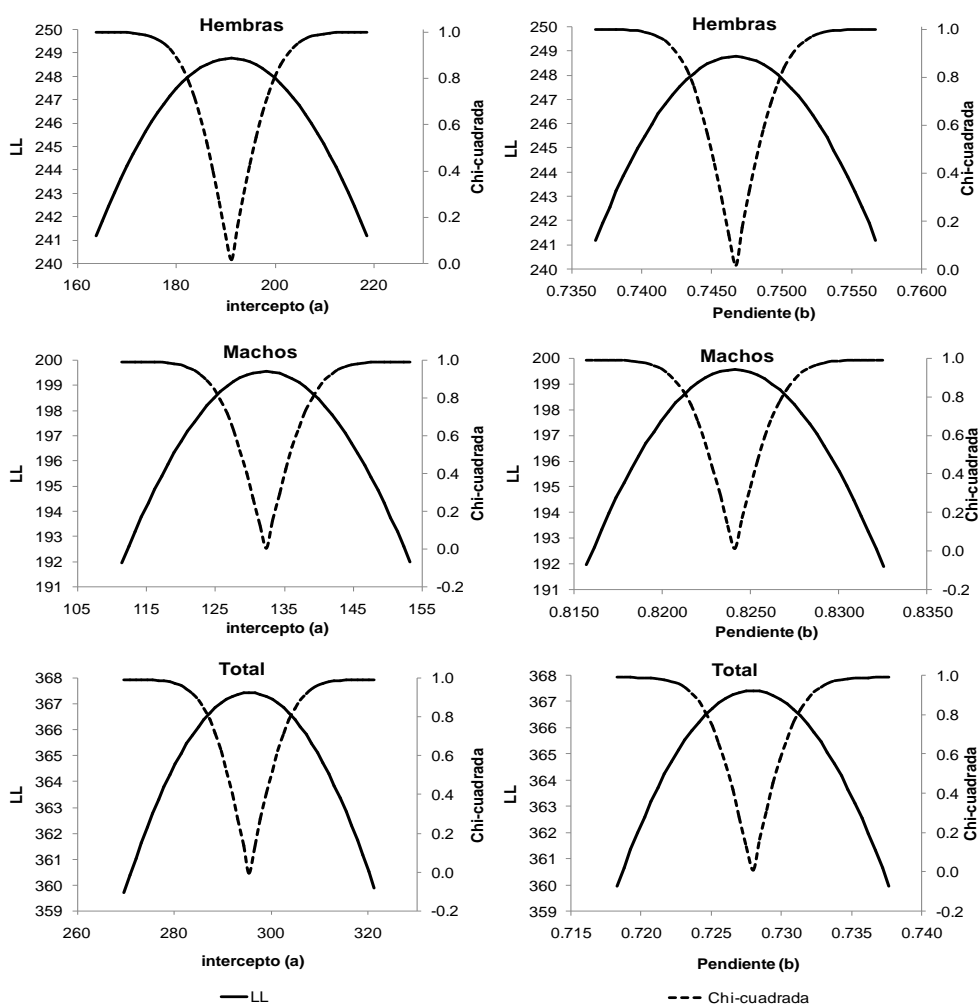


Figura 4. Perfil de verosimilitud de los parámetros a y b de la relación general entre el peso total y peso eviscerado para machos, hembras y total de *Cynoscion othonopterus* en el Alto Golfo de California.

Relación Longitud total vs. Peso total.

Los valores de los parámetros y la representación gráfica de la relación entre el peso total (PT) y la longitud total (LT), por sexos se presentan en la tabla II y figura 5. Al comparar los ajustes entre machos y hembras mediante la prueba de razón de verosimilitud (Kimura), los resultados mostraron diferencias significativas entre machos y hembras ($\chi^2 = 34.3$, $p=5.2E-06$), determinando un crecimiento alométrico negativo en machos e isométrico en hembras.

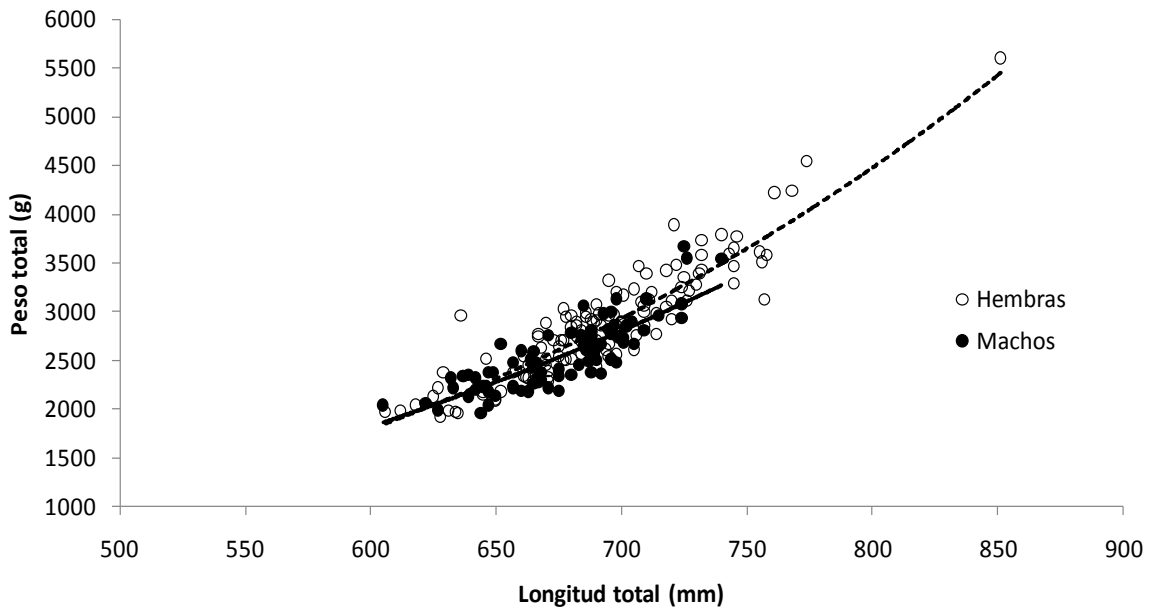


Figura 5. Relación entre el peso total y la longitud total de *Cynoscion othonopterus* en el Alto Golfo de California.

Tabla II. Intervalo al 95% de confianza ($\alpha=0.05$) de los parámetros de la relación entre el peso eviscerado y la longitud total de *Cynoscion othonopterus* en el Alto Golfo de California.

Sexo	Parámetro	IC inferior	Promedio	IC superior	r^2	N
<i>Machos</i>	a	3.90E-05	3.96E-05	4.03E-05	0.702	82
	b	2.7561	2.7585	2.7611		
<i>Hembras</i>	a	4.27E-06	4.31E-06	4.35E-06	0.828	129
	b	3.0005	3.0020	3.0047		
<i>Total</i>	a	2.25E-05	2.27E-05	2.29E-05	0.802	211
	b	2.847	2.848	2.850		

En la figura 6, se muestran los perfiles de verosimilitud para cada parámetro de la relación LT-PT. El valor de b obtenido en hembras señala un crecimiento isométrico ($b=3.002$), toda vez que es muy cercano del punto de referencia ($b=3$), y en machos un crecimiento alométrico negativo ($b=2.76$) toda vez que el rango de valores a un 95% de confianza queda por debajo del punto de referencia.

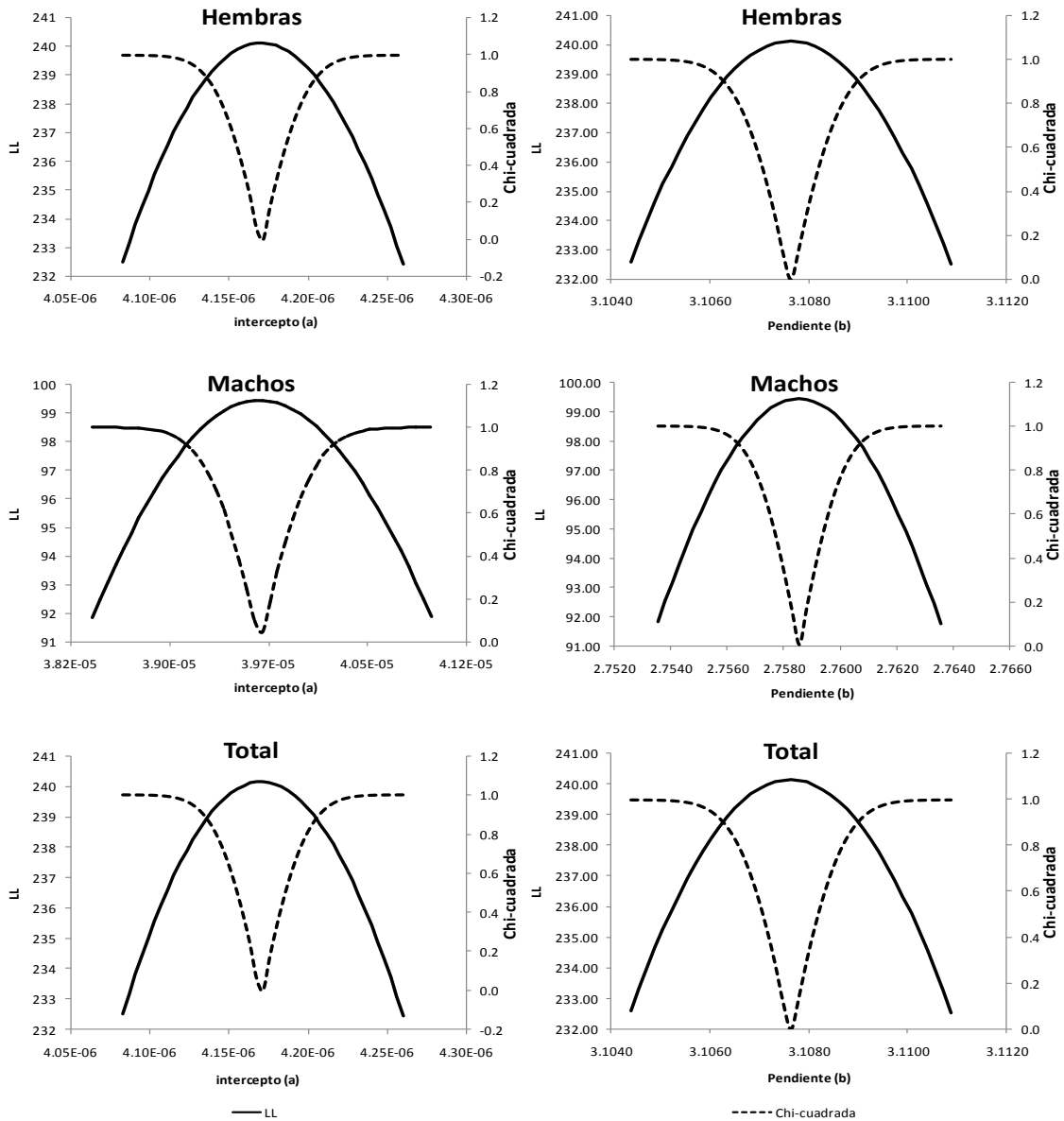


Figura 6. Perfil de verosimilitud de los parámetros a y b de la relación general entre la longitud total y peso total para machos, hembras y total de *Cynoscion othonopterus* en el Alto Golfo de California.

Relación Peso del buche vs. Peso eviscerado

Los valores de los parámetros a y b al 95% de confianza ($\alpha=0.05$) y la representación gráfica de la relación entre el peso del buche (PB) y el peso eviscerado (PE), para hembras, machos y sexos combinados se presenta en la tabla III y figura 7. Los datos se ajustaron adecuadamente al modelo lineal, entre el 64% y 82% de la variación en machos y hembras, respectivamente fue explicada por el modelo. Al comparar los ajustes entre machos y hembras mediante la prueba de razón de verosimilitud (Kimura), los resultados demostraron diferencias significativas ($\chi^2 = 34.3$, $p=5.2E-06$). Los perfiles de verosimilitud para cada parámetro y por sexo se presentan en la figura 8.

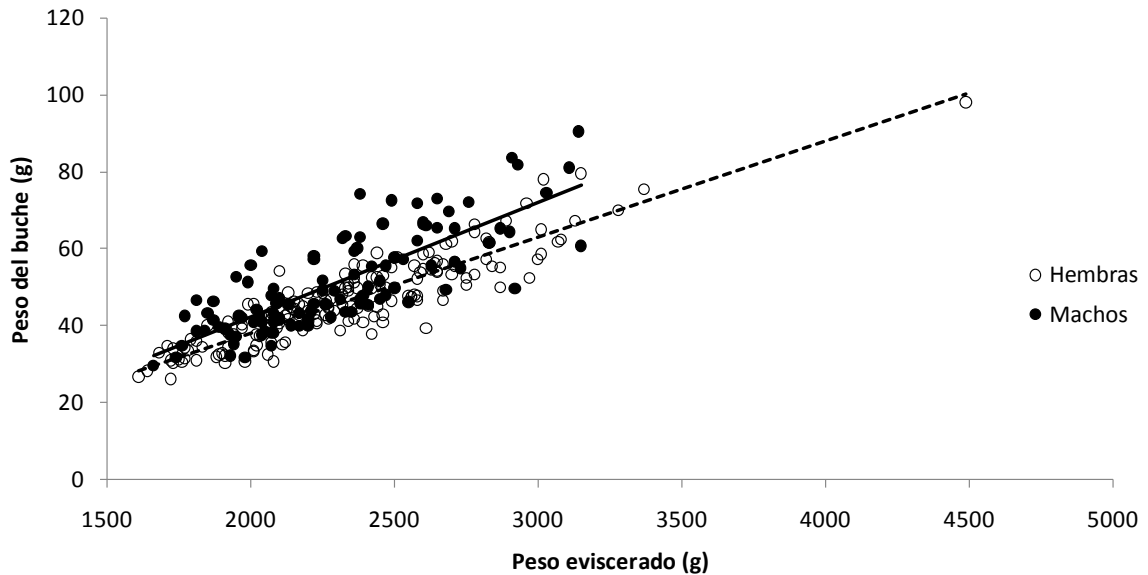


Figura 7.- Relación entre el peso del buche y el peso eviscerado de *Cynoscion othonopterus* en el Alto Golfo de California

Tabla III. Intervalo al 95% de confianza ($\alpha=0.05$) de los parámetros de la relación entre el peso del buche y el peso eviscerado de *Cynoscion othonopterus* en el Alto Golfo de California.

Sexo	Parámetro	IC inferior	Promedio	IC superior	r^2	n
Machos	a	-16.299	-15.048	-13.758	0.640	107
	b	0.0280	0.0285	0.0291		
Hembras	a	-12.389	-11.724	-11.016	0.816	166
	b	0.0245	0.0248	0.0251		
Total	a	-13.572	-12.896	-12.238	0.694	275
	b	0.0259	0.0262	0.0265		

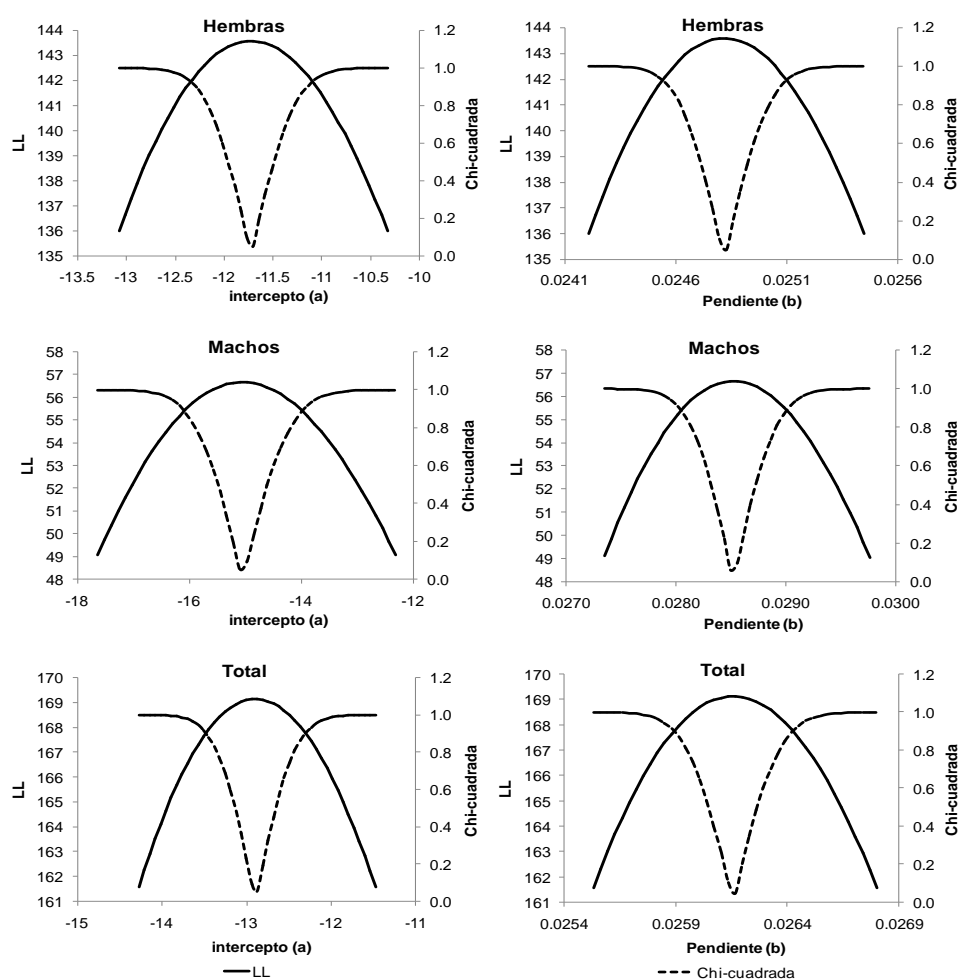


Figura 8. Perfil de verosimilitud de los parámetros a y b de la relación general entre el peso del buche y peso eviscerado para machos, hembras y total de *Cynoscion othonopterus* en el Alto Golfo de California.

Crecimiento individual

En los cinco casos del modelo de Schnute ajustado a los datos de crecimiento de *C. othonopterus* (Figura 9) la estructura del error aditivo resultó ser mejor que el multiplicativo como lo confirma el menor índice de Akaike (Tabla IV). El caso 2 fue el mejor, también el caso 1 y 5 aportan valiosa información sobre el crecimiento como se muestra en la plausibilidad ω_j de 17.24% y 18.88% versus 52.96% del mejor caso (Tabla V).

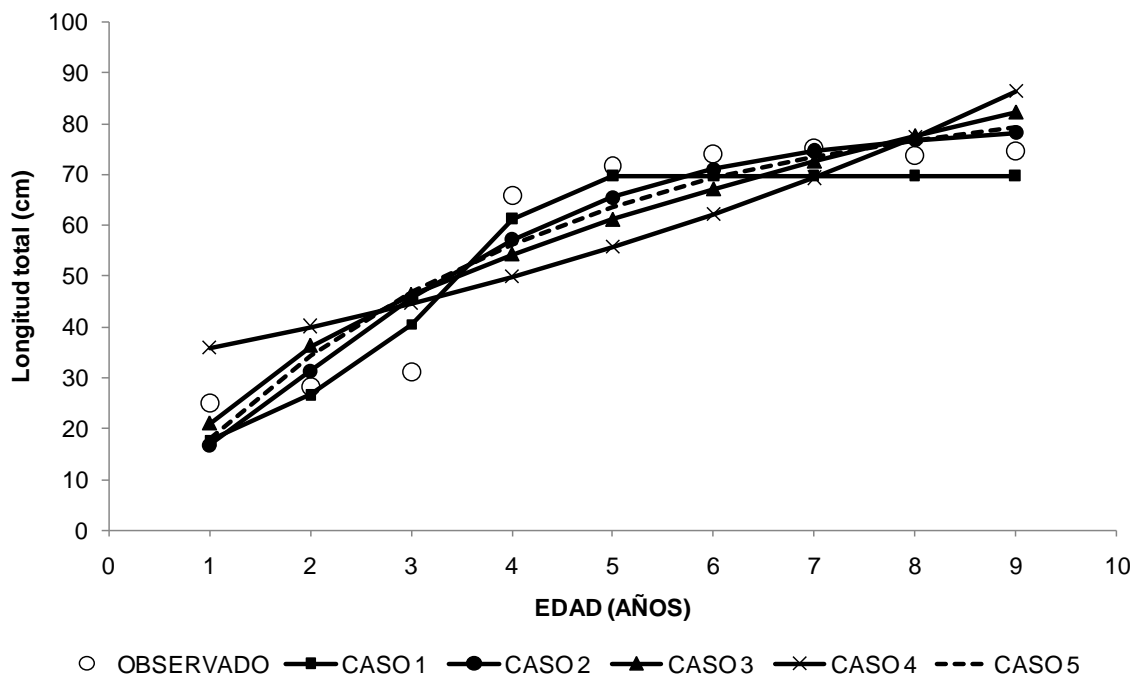


Figura 9. Curvas de crecimiento individuales de *Cynoscion othonopterus* ajustado a los 5 casos del Modelo de Schnute, para el Alto Golfo de California.

Tabla IV. Valores del índice de Akaike de los 5 casos del modelo de Schnute (1981) para *Cynoscion othonopterus* utilizando error aditivo y multiplicativo.

Tipo de Error	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5
Aditivo	73.41	71.16	75.33	76.17	73.23
Multiplicativo	72.50	73.61	76.98	78.45	75.40

Tabla V. Valores del índice y peso de Akaike ($\omega_i\%$) para la selección del mejor caso del modelo de crecimiento de *Cynoscion othonopterus*.

Caso	AIC	ΔAIC	$e^{(0.5*\Delta AIC)}$	$\omega_i\%$
1	73.407	2.24	0.326	17.24
2	71.162	0.00	1.000	52.96
3	75.326	4.16	0.125	6.61
4	76.173	5.01	0.082	4.32
5	73.226	2.06	0.356	18.88

Los parámetros de cada caso ajustado considerando una estructura de error aditivo se muestran en la tabla VI. En los casos 1 y 2 que fueron los casos con mayor apoyo sustancial entre sí ($\Delta AIC=1.28$), por la poca diferencia entre sí del índice de Akaike ($\Delta AIC < 2$), y debido a la equivalencia del caso 5 con el modelo de von Bertalanffy, por lo tanto se justifica utilizar en futuros análisis los parámetros obtenidos del ajuste de crecimiento del modelo de von Bertalanffy: $L_\infty = 873.75$ (el largo asintótico de la LT en mm), $k = 0.2678$ (tasa instantánea de crecimiento año⁻¹) y t_0 (es la variable de ajuste que representa la edad teórica a la que tiene una talla de cero).

Tabla VI. Parámetros de ajuste de los 5 casos del modelo de Schnute (1981) para *Cynoscion othonopterus* en el Alto Golfo de California.

Caso	Y_1 (cm)	Y_2 (cm)	a	b
1	17.59	69.70	8.645	-20.747
2	16.77	78.02	0.510	0.000
3	20.97	82.25	0.000	2.160
4	35.85	86.31	0.000	0.000
5	18.07	79.24	0.268	1.000

Estimación de la mortalidad natural (M).

Los estimados del coeficiente de mortalidad natural mediante los métodos de Pauly (1980) y Jensen (1996) se muestran en la tabla VII. Estos alcanzaron resultados de 0.521 y 0.402 respectivamente.

Tabla VII. Coeficiente instantáneo de mortalidad natural estimado para *Cynoscion othonopterus*.

Modelo	M (año⁻¹)
Pauly (1980)	0.521
Jensen (1996)	0.402

Modelo de Captura-MRS

La figura 10 muestra la serie de tiempo de la captura de curvina golfina y los límites al 95% de confianza del rendimiento máximo sostenible MRS promedio estimado por el modelo. Las capturas de la curvina golfina se muestran en la mayoría de los casos dentro del rango de confianza del estimado, solamente el año 2002, la captura quedó fuera de dicho rango.

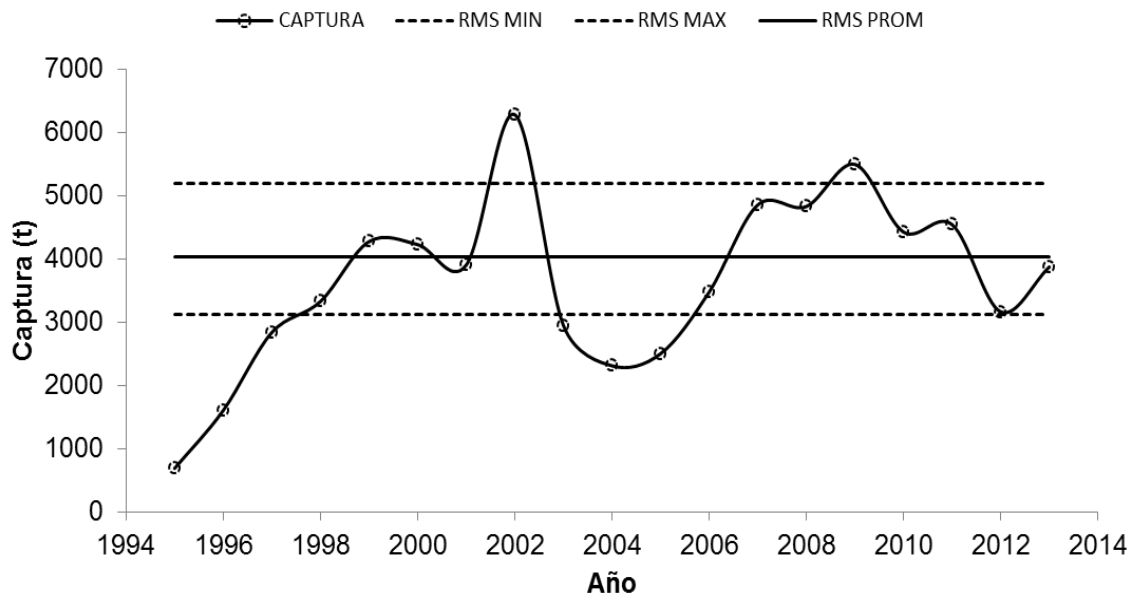


Figura 10.- Captura de *Cynoscion othonopterus* en el AGC y el estimado del rendimiento máximo sostenible (RMS) con el 95% de confianza durante el periodo de 1995 a 2013.

La figura 11 muestra las frecuencias de los datos de las iteraciones arrojadas por el modelo de Martell y Froese (2012), con lo cual se estimaron los valores promedio estimados de los parámetros y sus respectivo intervalo al 95% de confianza (Tabla VIII).

Tabla VIII. Intervalo al 95% de confianza ($\alpha=0.05$) de los parámetros poblacionales obtenidos mediante el modelo de Martell y Froese (2012) para *Cynoscion othonopterus* en el Alto Golfo de California.

Símbolo	Parámetro	Intervalo al 95% de confianza ($\alpha=0.05$)		
		L_{INF}	Promedio	L_{SUP}
r	Tasa intrínseca de crecimiento	0.241	0.543	1.223
K	Capacidad de carga	14,924	29,678	59,018
C_{MRS}	Captura sostenible	3,127	4,030	5,194
B_{MRS}	Biomasa sostenible	7,462	14,839	29,509
F_{MRS}	Esfuerzo sostenible	0.121	0.272	0.612

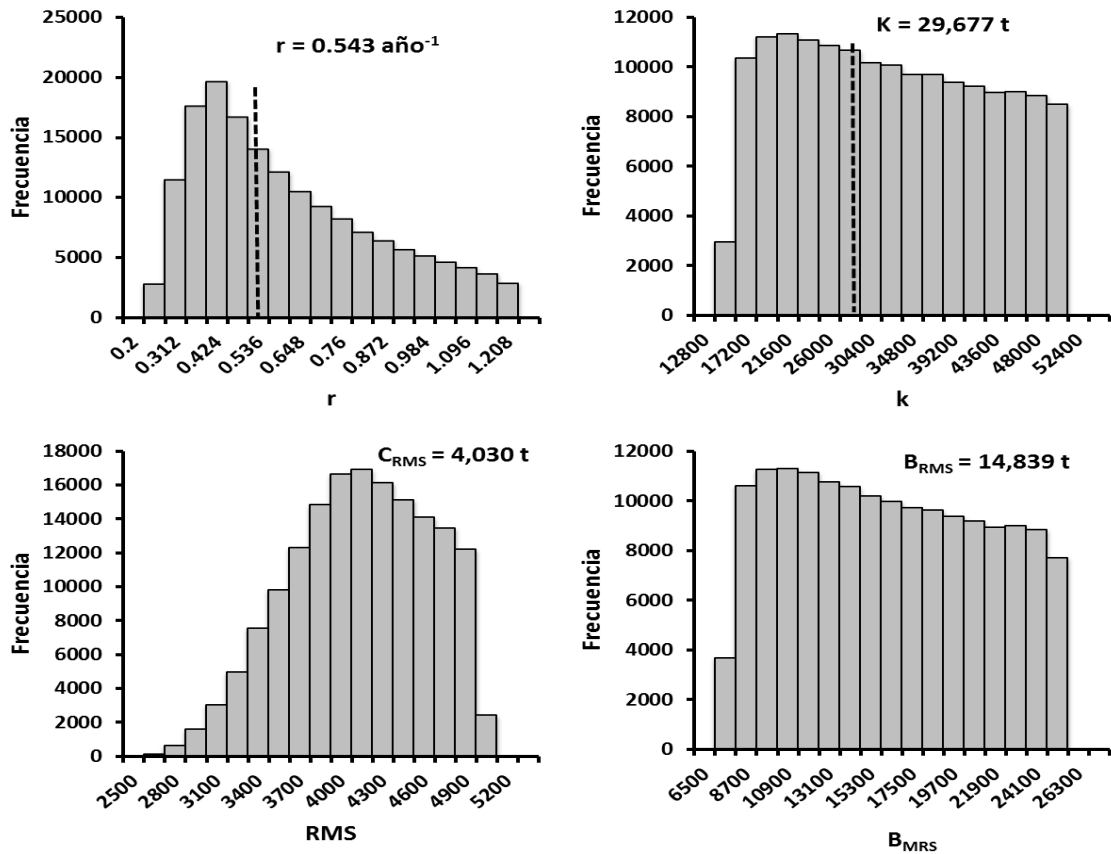


Figura 11. Frecuencia de valores de r , k , C_{MRS} y B_{MRS} , resultado de las iteraciones del modelo de Martell y Froese (2012).

Los niveles de biomasa del stock de curvina estimados por el modelo Captura MRS de 1995 a 2013 con su respectivo intervalo al 95% de confianza se presentan en la figura 12, en esta se observa de manera general una ligera disminución en los niveles de biomasa total del recurso durante el periodo de estudio. Sin embargo, en todos los casos se encuentran por valores superiores al valor promedio de la B_{MRS} cercano a 14,839 t. Esto, es un indicador que la población se ha mantenido saludable en estos años de aprovechamiento.

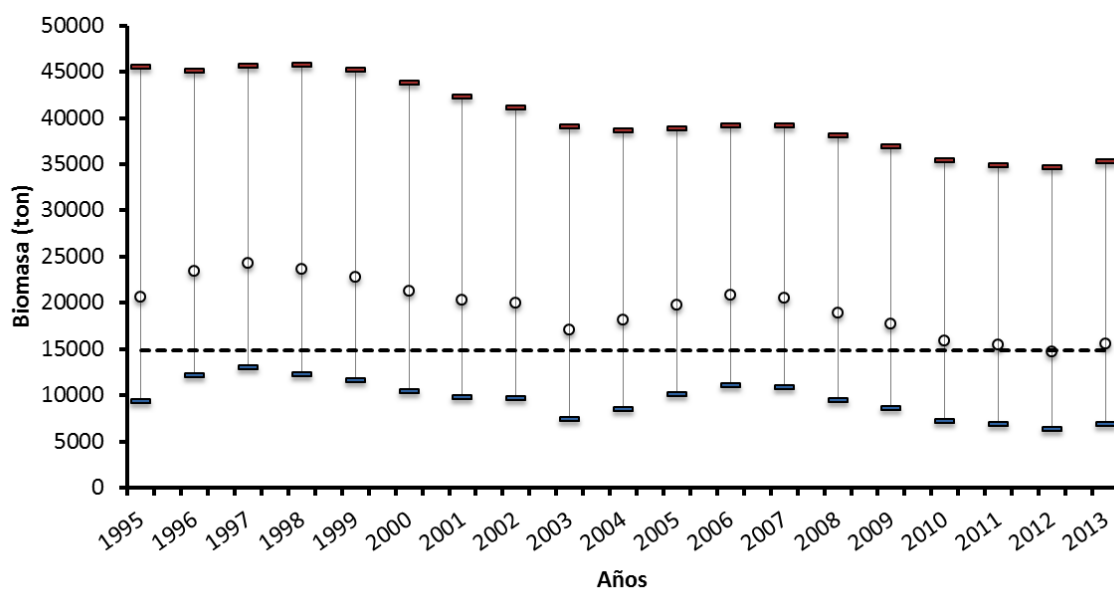


Figura 12. Biomasa promedio de *Cynoscion othonopterus* estimada por año con el intervalo al 95% de confianza.

Modelo Predictivo de Thompson-Bell

La tabla IX y figura 10, muestran los resultados derivados del modelo de Thompson y Bell, bajo los supuestos observados de las temporadas anteriores (2009-2013). Donde se describe la disminución de la biomasa con respecto a la biomasa inicial y su respectivo porcentaje de disminución a un determinado valor de Factor de esfuerzo (F_{rel}). Se puede observar que con el nivel de esfuerzo actual ($F_{rel}=1.0$) se estima un rendimiento de 4,303 ton, una biomasa de 12,600 ton y se calculan ingresos de \$77,452,848.00. Sin embargo, se decide obtener puntos de referencia biológicamente aceptables para la recomendación de una cuota de captura como medida de manejo, que de acuerdo a Caddy y Mahon, 1995, cuando la relación Stock-Reclutamiento es incierta y con la finalidad de no poner en riesgo la biomasa de la población, se sugiere aplicar medidas en la que la población puede ser reducida hasta un nivel máximo del 35% de la biomasa virgen. Esta relación se localizó en el $F_{rel}= 0.5$ con un valor de rendimiento de 3,362 ton, una Biomasa de 15,287 t e ingresos estimados en pesos de \$60,512,641.30.

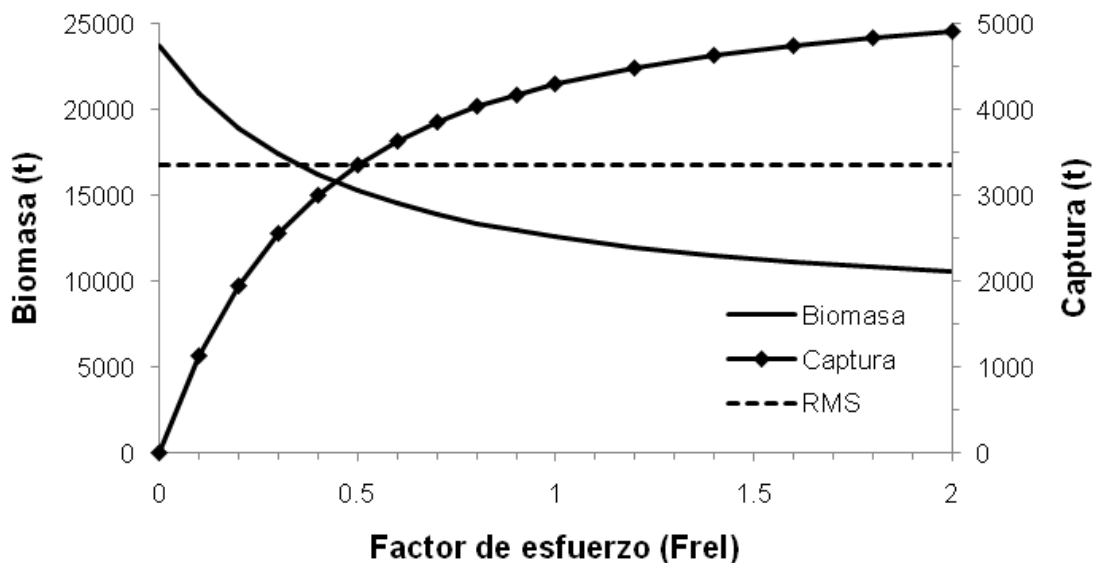


Figura 13. Estimación de la variación de la biomasa (t) y la captura (t) ante diferentes niveles de mortalidad por pesca (Factor de esfuerzo) para *Cynoscion othonopterus* en el Alto Golfo de California.

Tabla IX. Estimación del rendimiento, la biomasa (t), reducción de biomasa (%) e ingresos (pesos) para *Cynoscion othonopterus* en el Alto Golfo California.

Factor X	Rendimiento (ton)	B_o (ton)	B_{rel} (%)	Ingresos (pesos)
0	0.00	23685.21	100.00	-
0.1	1132.71	20964.33	88.51	\$20,388,851.11
0.2	1950.65	18945.62	79.99	\$35,111,638.15
0.3	2554.93	17413.29	73.52	\$ 45,988,780.64
0.4	3010.91	16225.56	68.51	\$ 54,196,304.94
0.5	3361.81	15286.99	64.54*	\$ 60,512,641.29
0.6	3636.90	14531.91	61.35	\$ 65,464,182.88
0.7	3856.32	13914.29	58.75	\$ 69,413,765.77
0.8	4034.21	13401.26	56.58	\$ 72,615,868.64
0.9	4180.66	12969.01	54.76	\$ 75,251,841.75
1.0	4302.94	12600.02	53.20	\$ 77,452,848.00
1.2	4495.00	12002.79	50.68	\$ 80,909,986.45
1.4	4638.89	11538.45	48.72	\$ 83,500,056.12
1.6	4751.03	11164.72	47.14	\$ 85,518,568.31
1.8	4841.31	10855.31	45.83	\$ 87,143,665.74
2.0	4915.96	10593.24	44.73	\$ 88,487,279.63

*Reducción del 35% de la población virgen

Estructura de los costos

Los costos fijos y variables unitarios de la temporada 2013 fueron en total de \$42,868.00, siendo mayores los costos variables con el 94.4% del total, de los cuales los costos del consumo de combustible fue el que más aportó con un 50.4% y los costos de la mano de obra con el 23.9%, sumando ambos conceptos tenemos el 74.3% de los costos por embarcación para la temporada (Tabla X).

Tabla X. Costos fijos y variables de la pesquería de curvina golfina *Cynoscion othonopterus* en el Alto Golfo de California para la temporada 2013.

CONCEPTO	PROMEDIO (PESOS)	%
COSTOS FIJOS		
Mantenimiento de equipos y artes de pesca		
Mantenimiento de la embarcación	\$500.00	1.2
Mantenimiento del motor	\$500.00	1.2
Mantenimiento de las artes de pesca	\$500.00	1.2
Subtotal de mantenimiento	\$1,500.00	3.5
Gastos de administración		
Pago de honorarios (contador)	\$100.00	0.2
Otros gastos	\$780.00	1.8
Subtotal Gastos administrativos	\$880.00	2.1
SUBTOTAL DE COSTOS FIJOS	\$2,380.00	5.6
COSTOS VARIABLES		
Gastos de operación		
Gasolina	\$21,600.00	50.4
Aceite	\$2,240.00	5.2
Lonche	\$3,040.00	7.1
Remolque	\$3,368.00	7.9
Subtotal gastos de operación	\$30,248.00	7.6
Mano de obra directa		
Pago a la tripulación	\$10,240.00	23.9
Subtotal mano de obra	\$10,240.00	23.9
SUBTOTAL DE COSTOS VARIABLES	\$40,488.00	94.4
TOTAL DE COSTOS	\$42,868.00	100

Modelo Bioeconómico de Schaefer y Gordon

En la tabla XI se resumen los parámetros utilizados en el modelo de simulación de la pesquería de curvina. En esta se incluye el símbolo, valor y unidad de medida de cada parámetro utilizado en el modelo bioeconómico desarrollado.

Tabla XI. Parámetros de entrada para el modelo bioeconómico dinámico (Gordon-Schaefer) para la curvina golfina *Cynoscion othonopterus* en el Alto Golfo de California.

Símbolo	Parámetro	Valor	Unidad de medida
r	Tasa intrínseca de crecimiento	0.543	año ⁻¹
K	Capacidad de carga	23685.2	toneladas
q	Coefficiente de capturabilidad	0.0003504	panga ⁻¹
cu	Costo unitario del esfuerzo	42,868	Pesos
p	Precio de la curvina	18.00	Pesos/kg
φ	Parámetro de dinámica de la flota	2.68E-06	Panga/\$

Aplicando el modelo bioeconómico dinámico de Gordon-Schaefer con los parámetros semillas de la población de curvina obtenidos, se analiza el comportamiento dinámico de la biomasa, los rendimientos, la flota, los ingresos y costos (Tabla XII).

Tabla XII. Resultados del Modelo Bioeconómico (Gordon-Schaefer) para la curvina golfina *Cynoscion othonopterus* en el Alto Golfo de California.

Punto de referencia	Símbolo	Valor	Unidad de Medida
Biomasa en equilibrio bioeconómico	B_{EBE}	6,829.0	toneladas
Esfuerzo al equilibrio bioeconómico	f_{EBE}	1103	Pangas
Captura al equilibrio bioeconómico	C_{EBE}	2,639.0	toneladas
Esfuerzo al MRS	f_{MRS}	775	Pangas
Captura al MRS	C_{MRS}	3,215.3	toneladas
Esfuerzo al MRE	f_{MRE}	551	Pangas
Captura al MRE	C_{MRE}	2,948.0	toneladas
Biomasa al MRE	B_{MRE}	15,257.1	toneladas
Biomasa al MRS	B_{MRS}	11,842.6	toneladas

En la figura 13 se puede observar la trayectoria dinámica de la biomasa, el rendimiento, los ingresos, costos totales y beneficios como respuesta a la dinámica del esfuerzo, también se incluyen las curvas en equilibrio de dichas variables de desempeño. Esto, para observar las diferencias cuantitativas al considerar el efecto de los diferentes niveles del esfuerzo utilizando ya sea el modelo estático y dinámico.

El modelo muestra el comportamiento dinámico de las diferentes variables de desempeño, donde se tiende al equilibrio en los ambos casos ya sea utilizando el modelo dinámico o estático. En la figura 14a se observa la dinámica de la biomasa de la población de la curvina como respuesta a la dinámica del esfuerzo aplicado. En la figura 14b se presenta el rendimiento en el tiempo que tiene la flota que va modificando su esfuerzo pesquero en la medida que la renta en el tiempo varía. En las figuras 14c y 14d puede visualizarse las tendencias crecientes, decrecientes y estabilizantes del esfuerzo de pesca en la medida que la renta crece, decrece, se hace negativa y posteriormente tiende a cero, convergiendo al nivel de esfuerzo en el equilibrio bioeconómico (f_{EBE}) es de 1,103 pangas. El esfuerzo en máximo rendimiento económico (f_{MRE}) es de 551 pangas.

Como se puede observar, los incrementos en el número de embarcaciones dan lugar a aumentos en las capturas y por tanto en los ingresos generados por la pesquería. Como consecuencia, la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) decrece de manera paulatina si el esfuerzo continua creciendo, lo que provocaría disminución de la biomasa de la población. Si el esfuerzo pesquero sigue aumentando a un nivel mayor de 1,103 embarcaciones, se observa que las capturas y los ingresos netos disminuyen. Posteriormente se entra en una dinámica de entrada y salida de embarcaciones a la pesquería en la medida que la renta se hace positiva o negativa, hasta un nivel de esfuerzo en la que la renta tiende a cero, en condiciones de equilibrio bioeconómico.

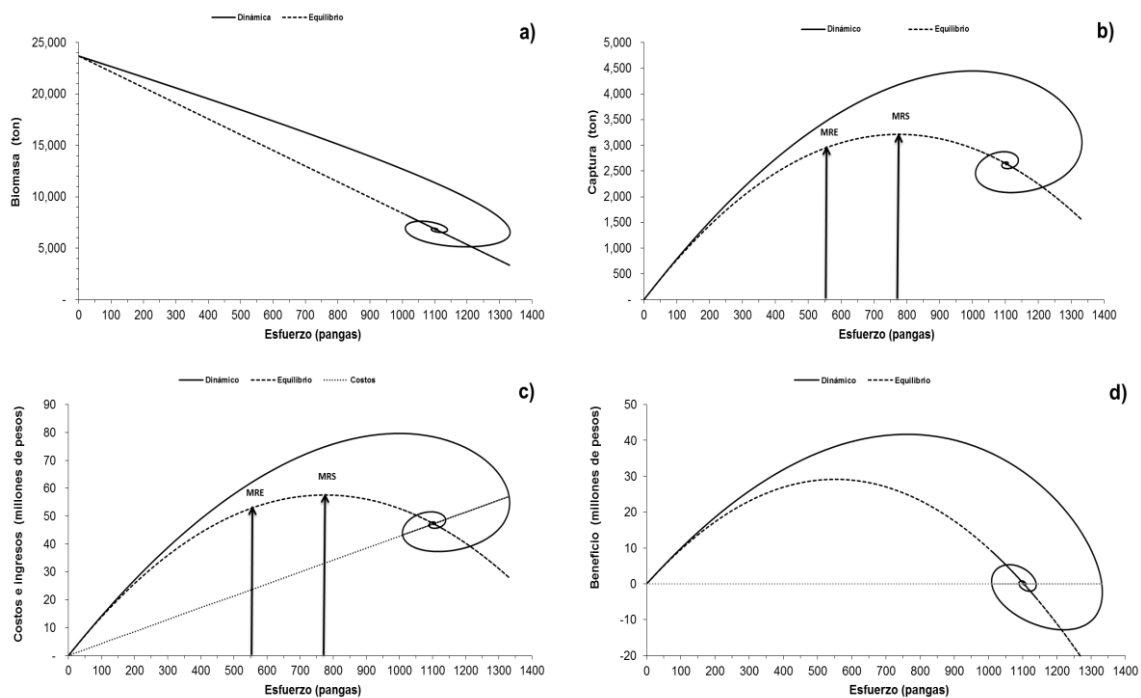


Figura 14. Trayectoria estática (equilibrio) y dinámica de la biomasa (a), las capturas (b), los costos e ingresos (c) y beneficios económicos (d) resultantes de la aplicación de diferentes niveles de esfuerzo para la pesquería de *Cynoscion othonopterus* en el Alto Golfo de California.

En la figura 15 se presenta la evolución en el tiempo de las variables de desempeño bioeconómico en el modelo dinámico. En la figura 15a se puede observar la dinámica de la biomasa como respuesta a la dinámica del tiempo. En la figura 15b se presenta el rendimiento en el tiempo que tiene la flota que va modificando su esfuerzo pesquero en la medida que la renta obtenida en el tiempo varía. En la figura 15c y 15d se puede visualizar las tendencias crecientes, decrecientes y estabilizantes del esfuerzo de pesca en la medida que la renta crece, decrece, se hace negativa y posteriormente tiende a cero, convergiendo a nivel de esfuerzo en el equilibrio bioeconómico (f_{EBE}) de 1,103 pangas.

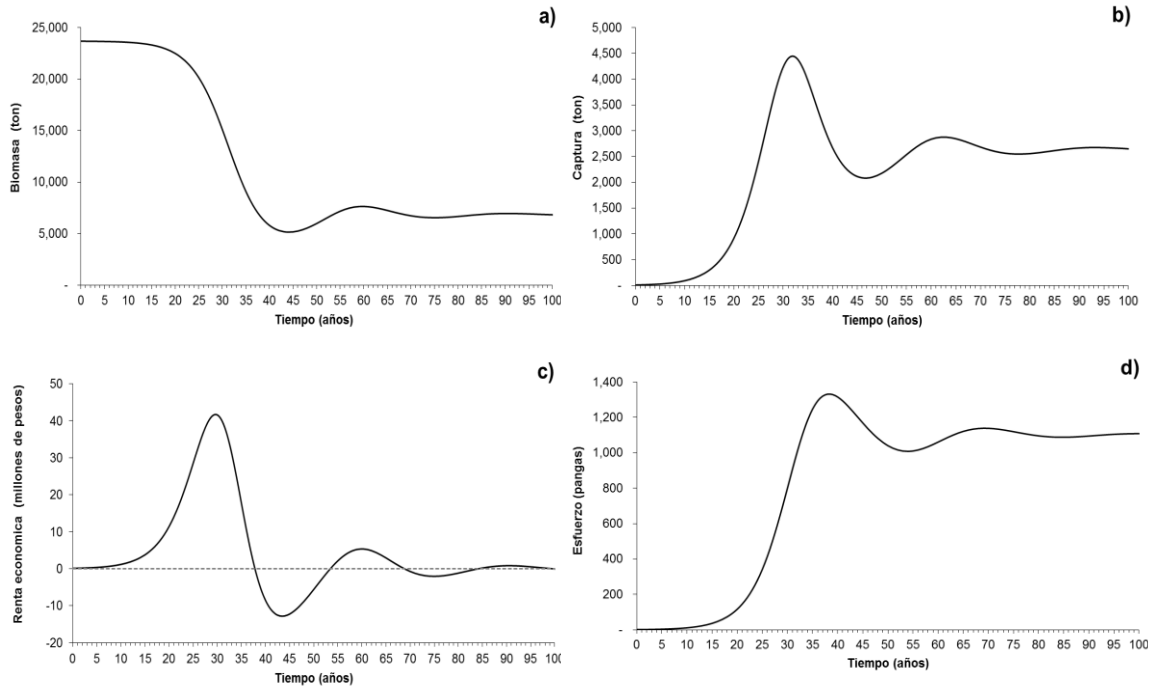


Figura 15. Dinámica en el tiempo de la biomasa (a), la captura (b), la renta económica (c) y esfuerzo pesquero (d) en el tiempo para la pesquería de *Cynoscion othonopterus* en el Alto Golfo de California.

En la proyección en el tiempo, se observa un incremento en las capturas e ingresos económicos lo cual incentiva en invertir en incorporar más embarcaciones en la pesquería, la renta económica alcanza su nivel máximo a los 30 años con 41.6 millones de pesos, con un esfuerzo de 801 pangas. Sin embargo, aunque la renta económica comienza a disminuir, sigue la tendencia de incorporar nuevas embarcaciones hasta alcanzar los mayores niveles del esfuerzo pesquero a los 38 años, lo que da lugar a una caída brusca de la biomasa hasta 5,137 t en los 6 años siguientes, repercutiendo esto en los ingresos netos. Al no obtener ganancias no hay incentivos para invertir en el ingreso de nuevas embarcaciones, lo cual permite al stock recuperarse y con tendencias a estabilizarse cerca de las 6,828 t después de los 55 años de operación de la pesquería, al igual que el esfuerzo pesquero. En este punto, los ingresos netos son iguales a cero, ya que los costos totales son iguales a los ingresos totales.

Análisis de riesgo para la toma de decisiones

La Figura 16, muestra los escenarios de riesgo proyectándose al año 2020, utilizando diferentes cuotas de captura como medida de manejo. Se puede observar que conforme va aumentando la captura, la probabilidad de que la Biomasa de la población se mantenga por arriba de la B_{MRS} comienza a disminuir, esta disminución se acelera a partir de las 2,200 t de cuota de captura, con lo cual la probabilidad que la biomasa de la población sea inferior a la B_{MRS} aumenta proporcionalmente. Sin embargo, el riesgo de colapso aparece a partir de la aplicación de una cuota de captura superior a las 3,400 toneladas. Utilizando el principio precautorio donde se quiere tener el mínimo de riesgo, se considera una cuota de captura de 3400 toneladas, la probabilidad de que la biomasa de la población sea mantenga superior a la B_{MRS} es 64% y por debajo de la B_{MRS} es del 36%.

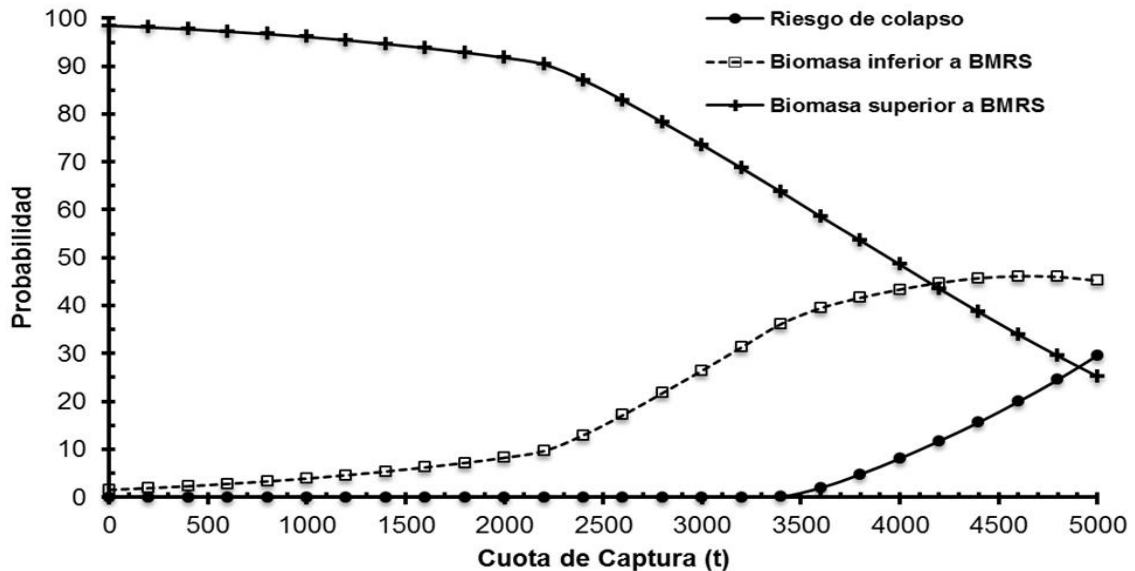


Figura 16. Escenarios del riesgo proyectados al año 2020 utilizando los resultados del modelo de Martell y Froese (2012) para diferentes cuotas de captura de *Cynoscion othonopterus* en el Alto Golfo de California.

DISCUSIONES

Uno de los elementos clave de los estudios de la dinámica poblacional de cualquier especie, es el análisis de la función que relaciona el peso con la talla y la estimación de sus parámetros “a” y “b”, con los cuales se puede inferir sobre los estados de condición fisiológica de un individuo, ya sea en diferentes épocas del año o en sus diferentes etapas de su ciclo de vida (Ehrhardt, 1981; Jones et al., 1999; Zuñiga, 2009). En el mismo sentido, Pauly (1993), menciona que el parámetro que indica el estado de robustez o condición del pez es “a” y el parámetro relacionado con el crecimiento es “b”, los cuales pueden cambiar durante el ciclo de vida del organismo. Cuando la b es igual a 3, se dice que el pez tiene un crecimiento isométrico, y se considera normal, es decir, crece y se desarrolla de manera proporcional (Pauly, 1993).

A la fecha son varios los trabajos que se han realizado en la relación talla & peso en la curvina golfina: Román-Rodríguez (2000) presentó una relación Longitud–Peso, mostrando un crecimiento tipo alométrico negativo ($b=2.961$ en hembras, $b=2.796$ en machos y $b=2.879$ en sexos combinados), la teoría basada en esto, es que un valor de $b<3$, el pez es menos robusto y crece más en longitud. Sin embargo, esto puede deberse a que se trabajó con el peso eviscerado del organismo.

Con los resultados de este trabajo y con la prueba de razón de verosimilitud (Kimura), se demostró diferencias significativas en los parámetros de alometría entre machos y hembras, siendo de 3.00 para hembras (Isométrico), y 2.76 en machos (alométrico negativo). Lo anterior, de acuerdo con los intervalos de confianza en la estimación de dichos parámetros. Acosta-Valenzuela (2008) y Encinas (2008), reportan valores de $b= 3.27$ y $b=3.29$ respectivamente para ambos sexos, lo que indica que esta especie crece un poco más en peso que en longitud, es decir son relativamente más robustos. Hay que destacar que esta relación puede variar a lo largo del ciclo del pez, la cual puede verse afectada por

factores que inciden sobre el peso del organismo, como lo es la edad y/o la fase de madurez.

La información de la talla & peso es muy importante, toda vez que es utilizada para la estimación de biomasa (Weatherley, 1972).

Las estructuras duras que se han utilizado para la estimación de la edad y el crecimiento en la curvina golfina son los otolitos y la representación del crecimiento individual, el modelo más utilizado en la literatura es el de von Bertalanffy (Román-Rodríguez, 2000; Gherard et al. 2013). Ya sea porque este modelo satisface dos criterios importantes: se ajusta a la mayoría de los datos observados de crecimiento de peces, y puede incorporarse fácilmente a modelos para evaluación de poblaciones (Gulland, 1971). Además de poder comparar los resultados obtenidos con estudios anteriores (Román-Rodríguez, 2000; Gherard et al., 2013).

Para describir el crecimiento de la curvina golfina se utilizó el modelo de Schnute (1981), de acuerdo al AIC el error aditivo explicó mejor que el error multiplicativo y aunque el caso 2 obtuvo el mayor peso de Akaike ($\omega=52.96\%$), los casos 1 y 5 explican en gran medida el crecimiento $\omega=17.24\%$ y $\omega=18.88\%$ respectivamente, por lo tanto para futuros análisis pueden utilizarse de manera confiable los parámetros del modelo del caso 5 que es similar al modelo de von Bertalanffy.

En los dos estudios que describen el crecimiento de la curvina golfina, existe una alta variabilidad en los parámetros estimados (Tabla XIII), a pesar de analizar la misma clave edad talla, del estudio realizado por Román-Rodríguez (2000), la determinación de L_{∞} estimada es similar a la obtenida en el presente estudio. Sin embargo, es en la k donde no se estimaron los mismos resultados y como consecuencia se obtienen diferencias en el índice de desempeño del crecimiento (ϕ'), tales diferencias pueden deberse a diversos factores como son errores en el proceso, toda vez que en el presente trabajo los ajustes de los parámetros se realizaron utilizando la función de verosimilitud. Por otro lado, en

cuanto a los resultados del estudio de Gherard *et al.* (2013) a pesar de que el valor de L_{∞} difiere a la estimada en este estudio, los valores de k y ϕ' son muy similares.

Tabla XIII.- Valores estimados de los parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy (ECVB) e índice del desempeño del crecimiento (ϕ'), de la curvina golfina *Cynoscion othonopterus*, obtenidos en diferentes trabajos.

Localidad/ método	Sexo	L_{∞}	k	t_0	ϕ'	Autor(es)
AGC/otolitos	Total	873.8	0.268	0.135	5.311	Este trabajo
AGC/otolitos	Machos	814.4	0.484	0.570	5.506	Román-Rodríguez, 2000
	Hembras	826.9	0.530	0.403	5.559	
	Total	815.9	0.510	-0.380	5.531	
AGC/otolitos	Machos	913	0.313	0.644	5.417	Gherard <i>et al.</i> , 2013
	Hembras	1086	0.222	0.617	5.418	
	Total	1006	0.255	0.616	5.412	

La mortalidad natural estimada en este estudio varió entre 0.402 y 0.521 estimadas utilizando los métodos de Jensen (1996), y Pauly (1980) respectivamente, con estos resultados se observa que en la curvina golfina la mortalidad natural se torna alta, muy similar a la reportada por Román-Rodríguez (2000) quien utilizó la ecuación empírica de Pauly (1980) con valores de M entre 0.3298 y 0.4122.

En cuanto al análisis de la pesquería, de acuerdo a Román-Rodríguez (2000), durante el periodo de 1917 a 1940, este recurso representó una importante pesquería en el AGC, junto con la totoaba. A partir de 1960 hasta inicios de los 90's la curvina golfina dejó de migrar a su zona de desove (AGC), sin embargo, desde 1993 se reactivó la pesquería y hoy en día, ocupa el segundo lugar en importancia económica en el AGC después del camarón y en cuanto a volumen ocupa el segundo lugar después del chano (Castro *et al.* 2013).

El estado de la pesquería de la curvina golfina según la Carta Nacional Pesquera (DOF, 2010), se encuentra aprovechada al máximo rendimiento sustentable, y tiene como lineamientos la evaluación del estado de salud de la pesquería de manera permanente.

En el presente estudio, para evaluar la pesquería de la curvina se utilizaron tres modelos: el Modelo de Captura-MRS de Martell y Froese (2012), el Modelo predictivo de Thomson y Bell (1934) y el Modelo bioeconómico de Schaefer – Gordon, cuyos resultados fueron similares tanto entre sí como a los obtenidos por otros autores (Tabla XIV).

Tabla XIV. Valores de cuotas de captura obtenida como medida de manejo estimadas para *Cynoscion othonopterus*, en el Alto Golfo de California.

Autor (año)	Modelo	Cuota de captura (t)	Punto de referencia
Este trabajo	Thomson y Bell (1934)	3,361	Biológico*
	Schaefer –Gordon	2,948	C_{MRE}
	Schaefer –Gordon	3,215.3	C_{RMS}
	Martell y Froese (2012)	3,127	C_{RMS}
Ruelas-Peña et al. (2013)	Schaefer	3,100	C_{RMS}
Castro et al. (2013)	Schaefer-Gordon	3,620	C_{MRE}

* F= 35% de la Biomasa inicial

Al comparar los puntos de referencia obtenidos con el resto de los trabajos, de manera general podemos predecir que se asemejan en gran medida. Sin embargo, en su interpretación se difiere notablemente entre los autores. Por un lado Ruelas-Peña et al. (2013), concluye que el estado de la pesquería, en los últimos años no ha sido saludable, a pesar del decreto de la Reserva de la Biosfera y de las acciones de manejo de la pesquería y sugiere que es necesario reducir la sobrepesca y el impacto que genera la captura del recurso en la Zona Núcleo de la Reserva sobre el potencial reproductivo de la especie, recomendando que las estrategias de manejo deberán dirigirse a mantener la

mortalidad por pesca en el punto de referencia biológico, controlando el esfuerzo de pesca.

Con nuestros resultados al igual que Castro *et al.* (2013), encontramos que los niveles de la biomasa del stock de curvina estimados por el modelo Captura MRS y el modelo bioeconómico de Schaefer-Gordon calculados para el periodo de 1995 a 2013, aunque se observa una ligera oscilación del recurso a partir del año 2007, sin embargo, no existe un decaimiento importante. En todos los casos, la biomasa estimada en cada año analizado, encuentran por encima del valor límite de la B_{MRS} , que es cercano a 14,839 t en el caso del estimado por nuestro estudio y de 23,171 t en el caso del obtenido por Castro *et al.* (2013). Esto, es corroborado con el análisis de riesgo, en el cual se proyectaron diferentes escenarios variando los niveles de captura como medida de manejo, resultando que aplicando el principio precautorio al considerar el mínimo de riesgo, se estimó una cuota de captura de 3400 t, donde la probabilidad de mantener la biomasa por encima del B_{MRS} es del 64% y por debajo el 36%.

Sobre esta base, se puede inferir que tales resultados son indicadores que la población se ha mantenido en niveles saludables en los años de aprovechamiento. Esto, como resultado en gran medida a las acciones de manejo adoptadas y sobre todo a su cumplimiento por parte de los usuarios (permisionarios).

Las cuotas de captura establecidas en los últimos años, son medidas de manejo dinámicas y pueden adoptarse al alcanzar o rebasar uno o más puntos de referencia, siempre y cuando la autoridad pesquera (CONAPESCA e INAPESCA) las considere pertinentes y factibles, desde los puntos de vista técnico, socioeconómico, jurídico y administrativo.

CONCLUSIONES

- De acuerdo a las relaciones biométricas analizadas (PT-PE, LT-PE y PB-PE) de la curvina golfina, existen diferencias significativas entre los sexos.
- En la relación LT-PT, el crecimiento que presenta es de tipo alométrico negativo en machos ($b=2.76$) e isométrico en hembras ($b=3.00$).
- En los ajustes de los diferentes casos del modelo de Schnute (1981), de acuerdo al AIC el error aditivo explicó mejor que el error multiplicativo y aunque el caso 2 obtuvo el mayor peso de Akaike $\omega=52.96\%$, los casos 1 y 5 explican en cierta medida el crecimiento $\omega=17.24\%$ y $\omega=18.88\%$ por lo tanto para futuros análisis es factible aplicar el modelo de von Bertalanffy que es similar al modelo del caso 5.
- El estimado del coeficiente instantáneo de mortalidad natural mediante los modelos empíricos de Pauly, 1981 y Jensen (1995) fue de 0.521 y 0.402 respectivamente.
- La captura al máximo rendimiento sostenible (C_{MRS}) estimada a través del modelo de Captura-MRS fue de 4,030 t, con un intervalo al 95% de confianza entre 3,127 y 5,194 t. intervalo entre el obtenido con el modelo bioeconómico de S-G de 3,215 t y el Modelo predictivo de 3,362 t.
- La B_{MRS} estimada con Captura-MRS fue de 14,839 t, valor muy cercano al estimado por el modelo predictivo de 15,287 t y la $B_{MRE}=15,257$ t calculada con el Modelo bioeconómico.
- Con los resultados del desempeño del modelo Captura-MRS y aplicando el enfoque precautorio, permite sugerir una cuota de captura para la temporada 2014 en 3,127 t (es el límite inferior del intervalo del 95% de confianza recomendado por los autores). Sin embargo, desde el punto de vista económico y con la finalidad de tener mayores ganancias la cuota no deberá sobrepasar de 2,948 t.

- Considerando el punto de referencia límite (B_{MRS}) y el mínimo de riesgo de colapso de la población, se puede considerar una cuota de captura de 3,400 toneladas, donde la probabilidad de que la biomasa de la población se mantenga superior a la B_{MRS} es 64% y por debajo de la B_{MRS} es del 36%.
- Por los resultados obtenidos con los tres modelos, se demuestra que el método “CAPTURA-MRS” propuesto por Martell y Froese (2012) puede ser útil para la evaluación y manejo de la pesquería de la curvina golfina en el Alto Golfo de California.

BIBLIOGRAFIA

- Acosta-Valenzuela, Y. 2008. Aspectos de la biología reproductiva de la curvina golfina (*Cynoscion othonopterus*) en el Alto Golfo de California. Tesis de licenciatura., Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui, Sonora. Sep. 65 P.
- Álvarez-Borrego, S., L.A. Galindo y B.P. Flores Baez. 1977. Hidrología del Alto Golfo de California II. Condiciones durante invierno, primavera y verano. *Ciencias Marinas*. 21-36 p.
- Anderson, L.G. y J.C. Seijo. 2010. Bioeconomics of fisheries management. Wiley-Blackwell, New Jersey. 305 p.
- Araya, H.A., 1984. Los sciaenidos (curvina) del Golfo de Nicoya, Costa Rica, *Rev. Biol. Trop.* 32(2):179-196p.
- Barrera, G.J.C. y J. R. Campoy., 1998. Recomendaciones para el manejo sustentable de la pesquería y protección de la curvina golfina *Cynoscion othonopterus* (Jordan y Gilbert, 1881), en la reserva de la Biosfera del Alto Golfo de California y Delta del Rio Colorado. Documento inédito. 4p.
- Botello, R.M., Villaseñor T.R. y Rodríguez M.F. 2010. Ordenamiento de pesquerías por Recursos Estratégicos de México, Tomo 1. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca (CONAPESCA). Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). México, 300p.
- Caddy, J.F. y R. Mahon, 1996. Puntos de referencia para la ordenación pesquera. FAO. Documento Técnico de Pesca No. 347. Roma, FAO. 109p.
- Campoy F. J., 1999. Análisis de la situación pesquera en la Reserva de la Biosfera del Alto Golfo de California. Documento de Apoyo. Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.
- Castro-González J.J., G. Galindo-Cortes, De la Cruz-G. F.J., y Enciso-Enciso C., 2013. Dictamen Técnico para la Recomendación de la Cuota de Captura de

- Curvina Golfina (*Cynoscion othonopterus*) en el Alto Golfo de California, Temporada de pesca 2013-2014. Doc. Interno CRIP-Eda, INAPESCA, SAGARPA. 8p.
- Chao L.N. y J.A. Musick. 1977. Life history, feeding habitats and functional morphology of juvenile scianids fisher in the Cork River Estuary, Virginia. *Fish. Bull.* 75(4): 657-702p.
- Chao, N.L. 1995. SCIANIDAE. p. 1427-1518. *En:* Fischer, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, C., Carpenter, K.E., y Niem, V.H. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental. Vol. III. Vertebrados-Parte 2. FAO, Roma, Italia. 1201-1813p.
- Cudney-Bueno, R. y P. Turkboyer, 1998. Pescando entre mareas del Alto Golfo de California. Una guía sobre la pesca artesanal, su gente y sus propuestas de manejo. Centro Intercultural de Estudios de Desiertos y Océanos, CEDO, A.C., Puerto Peñasco, 166p.
- Diario Oficial de la Federación. 2005. Acuerdo por el que se establece la veda temporal para la captura de la curvina golfina (*Cynoscion othonopterus*) en las aguas marinas y estuarinas de jurisdicción federal de la Reserva de la Biosfera del Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado. DOF, 25 de agosto de 2005. 1ra. Sección, 87-88p.
- Diario Oficial de la Federación. 2007. Norma Oficial Mexicana NOM-063-PESC-2005, Pesca responsable de curvina golfina (*Cynoscion othonopterus*) en aguas de jurisdicción federal del Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado: especificaciones para su aprovechamiento. http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5333652&fecha=24/02/2014 (consulta, mayo 2014).
- Diario Oficial de la Federación. 2010. Acuerdo mediante el cual se da a conocer la actualización de la Carta Nacional Pesquera.

http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5265387&fecha=24/08/2012

(consulta, noviembre 2013)

Diario Oficial de la Federación. 2012. Acuerdo por el que se da a conocer el Plan de Manejo Pesquero de Curvina Golfina (*Cynoscion othonopterus*) del norte del Golfo de California. http://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5276662 (consulta, noviembre 2013).

Diario Oficial de la Federación. 2014. Acuerdo por el que se establece la cuota de captura para el aprovechamiento de curvina golfina (*Cynoscion othonopterus*), en aguas de jurisdicción federal del Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado para la temporada 2013-2014. http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5333652&fecha=24/02/2014 (consulta, marzo 2014).

Doode S. & P. Wong, 2001. El Golfo de California: surgimiento de nuevos actores sociales, ambientalismo y región. *Estudios Sociales* 11: 25-56p.

Ehrhardt, N. 1981. Curso de evaluación de recursos y dinámica de poblaciones. La Paz, B.C.S. Metodos de analisis de estadísticas de captura y esfuerzo de pesca y su aplicación en modelos globales de pesquerías.

Encinas R.Y. 2008. Análisis del contenido estomacal de *Cynoscion othonopterus* (Jordan y Gilbert, 1881) en el Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado. Tesis de licenciatura. Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui. Sonora. 64p.

FAO, 1996. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca: Pacífico Centro Oriental. FAO, Roma. http://www.fao.org/index_archivos/Biblioteca%20virtual_archivos/Guia_FAO_para_la_identificacion_de_especies_para_los_fines.htm, Consulta, noviembre 2012.

- Garcia-Borbon MS. 2009. Dinámica poblacional del dorado (*Coryphaenahippurus*) en Baja California, México: Implicaciones para su manejo. Tesis de Doctorado. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas – Instituto Politécnico Nacional, México. 203 p.
- German-Cruz, JA. 2007. Análisis socioeconómico de la producción pesquera de curvina golfinia (*Cynoscion othonopterus*) en el Alto Golfo de California. Tesis de licenciatura. Universidad de la Sierra, Moctesuma, Sonora. 63 P.
- Gherard, KE.;Erisman, BE.; Aburto-Oropeza, O., Rowell K y Allen, LG. 2013. Fishery-Dependent Estimates of Growth, Development, and Reproduction in Gulf Corvina (*Cynoscion othonopterus*). *Bulletin of the Southern California Academy of Sciences: Vol. 112: Iss. 1.*
- Gordon, H.S. 1954. The economics of a common property resource: the fishery. *J. Polit. Econ.* 62: 124-142p.
- Gulland, J.A. 1971. Manual de metodos para la evaluacion de poblaciones de peces. FAO. Zaragoza, España. 163 p.
- Gulland, J.A. 1983. *Fish stock assessment: A Manual of Basic Methods.* J. Wiley & , New York.
- Haddon, M. 2001. Modelling and Quantitative Methods in *Fisheries.*Chapman& Hall CRC. USA. 406 p.
- Hilborn, R. y Mangel, M. 1997. *The Ecological Detective.Confronting Models with Data.*Princeton University Press. New Jersey. 317 p.
- Hilborn, R. y Walters, C. J. 1992. *Quantitative Fisheries Stock Assessment.Choise, Dynamics and Uncertainty.*Chapman& Hall, New York, London, 570p.
- Hoening, J. M. 1983. Empirical use of longevity data to estimate mortality rates. *U.S. Rev. Nat. Mar. Fish. Serv. Fish.* 82:898-903.

- Jensen, A.L. 1996. Beverton and Holt life history invariants result from optimal trade-off of reproduction and survival. *Rev. Canadian jour. of fish.andAquat. Scien.*53:820-822.
- Jones, R., 1984. Assessing the Effects of Changes in Exploitation Pattern Using Length Composition Data (with notes on VPA and cohort analysis). *Fisheries Technical Paper*. Rome: FAO.
- Jones RE, R.J., Petrelly D. Pauly.1999. Using modified length-weight relationships to assess the condition of fish. *Aquaculture Engineer* 20: 261–276.
- Margalef, R. 1974. *Ecología*. Editorial Omega. Barcelona.
- Martell, S. y R. Froese. 2012. A simple method for estimating MSY from catch and resilience. *Fish and Fisheries*. 1-11.
- Martínez, M.J y L.B. Flores, 2009. CONANP: Boletín informativo Reserva de la Biosfera del Alto Golfo de California y Delta del Rio Colorado. 4p.
- McAllister, M.K., Pikitch, E.K., Punt, A.E., and Hilborn, R., 1994. A Bayesian approach to stock assessment and harvest decisions using the sampling/importance resampling algorithm. *Can. J. Fish.Aquat. Sci.* 51: 2673-2687p.
- Naciones Unidas. 1983. *El Derecho del Mar*. Texto Oficial de la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar con anexos e índice temático. Naciones Unidas, Nueva York, 268p.
- Paredes, G.A., Erisman, B., Mascareñas, I., Cota, J., Gerard, J., y Aburto, O. 2010. La curvina golfina: biología, pesquería y su gente. CONABIO. *Biodiversitas*, 91:1-5.
<http://www.biodiversidad.gob.mx/Biodiversitas/Articulos/biodiv91art1.pdf>
(consulta, noviembre 2013)

- Pauly, D. 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *J. Cons. CIEM*, 39(3):175-192.
- Pauly, D. 1993. Fishbyte section editorial. *Naga, ICLARM Quart.*, 16:26.
- Pope, J.G. 1972. An investigation of the accuracy of virtual population analysis. *Intern. Comm. Nothw. Atl. Fish. Res. Bull.* (9): 65-74.
- Punt, A.E., and R. Hilborn, 1997. Fisheries stock assessment and decision analysis: a review of the Bayesian approach. *Rev. Fish. Biol.* 7, 35-63.
- Punt, A.E., and R. Hilborn, 2001. Bayes-SA. Bayesian stock assessment methods in fisheries-user manual. FAO.
- Quiroz, R. y A.S. Bracamonte, 2008. Pertinencia de las ANP como política de conservación y mejoramiento de la calidad de vida: Análisis de percepción en la Reserva de la Biosfera del Alto Golfo de California y Delta del Rio Colorado. *Estudios Sociales*. 16:32p.
- Ríos-Medina K. 2012. Diversidad genética de la curvina golfina (*Cynoscion othonopterus*) en la Reserva de la Biosfera del Alto Golfo de California y Delta del Rio Colorado. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Marinas, UABC. Ensenada, B.C., México. 103p.
- Rikhter, V.A. and V.N. Efanov, 1976. On one of the approaches to estimation of natural mortality of fish population. *ICNAF Res. Doc.*, 79/VI/8, 12p.
- Rodríguez-Quiroz G., A. Aragón-Noriega, W. Valenzuela-Quiñonez y H. Esparza-Leal. 2010. Artisanal fisheries in the conservation zones of the Upper Gulf of California. Pesca artesanal en las zonas de conservación del Alto Golfo de California. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 45(1): 89-98p.
- Román-Rodríguez, M.J., 1998. Los Scianidos de la Reserva del Alto Golfo y conservación. Informe técnico. 2: 7-8p.

- 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 D. F.
- Román, R. M. y Barrera, G. J. 2006. Diagnóstico y elaboración del plan de manejo de la curvina golfina (*Cynoscion othonopterus*, Gilbert y Jordan, 1882) en el Alto Golfo de California, México. Informe final de la Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora (CEDES). 137p.
- Ruelas-Peña J.H., Valdez-Muñoz C, Aragon-Noriega E.A. 2013. La pesquería de la curvina golfina y las acciones de manejo en el Alto Golfo de California, Mexico. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 41(3): 498-505.
- Schaefer, M.B. 1954. Some aspects of the dynamics population important to the management of comercial marine fisheries. *Bull. Inter-Amer. Trop. Tunna Comm.* 1: 27-56p.
- Schnute, J. 1981. A versatile growth model with statistically stable parameters. *Rev. Canadian Jour. Of Fishs. and Aqua. Scies.* 38, 1128-1140.
- Seijo, J. C., Defeo, O. y Salas, S., 1997. Bioeconomía pesquera. Teoría, modelación y manejo. FAO Documento Técnico de Pesca. No. 368. FAO, Roma, Italia. 176p.
- Solana, S. R., Montoya, M. C. y Rivera, G. E., 2009. Reporte: Evaluación de la selectividad de la red agallera para la captura de curvina golfina (*Cynoscion othonopterus*) en el Alto Golfo de California (Proyecto: Sustitución de artes de pesca para la implementación de la NOM-063-PESC-2005, en el Alto Golfo de California y Delta del Rio Colorado). Biotecnología, Ingeniería, Innovación y Gestión (BIIG-Consultores). 98 p.

- Solana-Sansores, L.R., I. Dicante, L. Luna y R. Villaseñor Talavera, 2012. Selectividad de redes para capturar curvina golfina (*Cynoscion othonopterus*) en el Alto Golfo de California, México. *Hidrobiología* 22(2):132-141.
- Sparre, P. y S.C. venema, 1997. Introducción a la evaluación de recursos tropicales. Parte 1. Manual. FAO Documento Tecnico de Pesca. No. 306. 1 Rev. 2:420p.
- Thomson D.A., L.T. Findley & A.N. Kerstitch, 1979. Reef fishes of the Sea of Cortez. The Rocky Store fishes of the Gulf of California. *Wiley*, New York, EEUU.
- Thomson, R.W. 1969. The northern Gulf of California: A Synopsis based on available information. Bathymetry and sedimentation. In Environmental impact of brine effluents on Gulf of California (Thomson, D.A., A.R., Mead and J.R. Shcreiber). U.S. Department of the Interior, Research and Development Progress Report No. 387.
- Thomson, W.F., y F.H. Bell. 1934. Biological statistics of the Pacific halibut fishery. Effect of changes in intensity upon total yield and yield per unit of gear. *Rep. Int. Fish. (Pacific halibut) Comm.* (8):49p.
- Thompson D.A. & N. Mckibbin. 1976. Gulf of California fishwatcher's guide. Goleewn Puffer Press. Tucson, Az. 75p.
- Vázquez, L. C. y Fermán, A. J. 2010. Evaluación del impacto socioeconómico de la Reserva de la Biosfera Alto Golfo de California y Delta del Rio Colorado en la actividad pesquera ribereña de San Felipe, Baja California, México. Colegio de Sonora. *Región y Sociedad*. Vol. XXII. No. 47. 51p.
- Walters, C.J. and R. Hilborn, 1976. Adaptive control of fishing systems. *J. Fish. Res. Board Can.* 33: 145-159.

- Walters, C.J. and Ludwig, D., 1994. Calculation of bayes posterior probability distriutions for key population parameters: a simplified approach. *Can. J. Fish.Aquat. Sci.* 51: 713-722.
- Weatherley, A. 1972. Growth and ecology of fish population. Academic press, London, New York. 293 p.
- Zar JH. 1996. *Biostatistical analysis*. Tercera Edición. Prentice Hall., 662 p.
- Zúñiga-Flores M.S. 2009. Dinámica poblacional del dorado (*Coryphaenahippurus*) en Baja California, México: Implicaciones para su manejo. Tesis de Doctorado. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas – Instituto Politécnico Nacional, México. 203 p.