



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS
MARINAS



Edad, crecimiento y mortalidad de
Mycteroperca rosacea (Streets, 1877), en Santa
Rosalía, Baja California Sur, México.

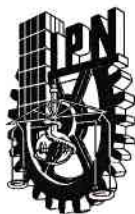
TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRÍA EN CIENCIAS EN
MANEJO DE RECURSOS MARINOS

PRESENTA

GUSTAVO ANTONIO BERMEJO MIRAMONTES

LA PAZ, B.C.S., JULIO DE 2018



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 12:00 horas del día 31 del mes de Mayo del 2018 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis titulada:

"EDAD, CRECIMIENTO Y MORTALIDAD DE *Mycteroperca rosacea* (Streets, 1877),
EN SANTA ROSALÍA, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO"

Presentada por el alumno:

BERMEJO

Apellido paterno

MIRAMONTES

materno

GUSTAVO ANTONIO

nombre(s)

Con registro:

B	1	6	1	1	1	4
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante de:

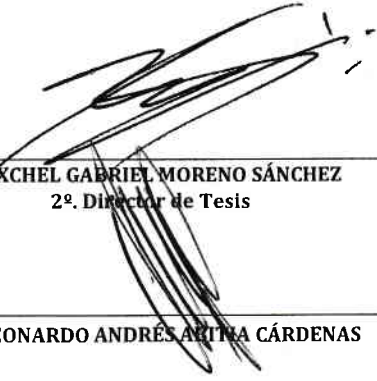
MAESTRIA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

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

LA COMISION REVISORA

Directores de Tesis


M en C. **FELIPE NERI MELO BARRERA**
Director de Tesis


DR. XCHEL GABRIEL MORENO SÁNCHEZ
2º. Director de Tesis


DR. CASIMIRO QUIÑONEZ VELÁZQUEZ


DR. LEONARDO ANDRÉS ARRIETA CÁRDENAS

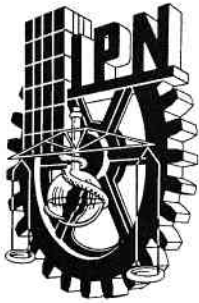

DR. JUAN GABRIEL DÍAZ URIBE

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES


DR. SERGIO HERNÁNDEZ TRUJILLO



I.P.N.
CICIMAR
DIRECCIÓN



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 13 del mes de Junio del año 2018

El (la) que suscribe OCEÁN. GUSTAVO ANTONIO BERMEJO MIRAMONTES Alumno (a) del Programa

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

con número de registro B161114 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS

manifiesta que es autor(a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de:

M en C. FELIPE NERI MELO BARRERA Y XCHEL GABRIEL MORENO SÁNCHEZ

y cede los derechos del trabajo titulado:

"EDAD, CRECIMIENTO Y MORTALIDAD DE *Mycteroperca rosacea* (Streets, 1877),

EN SANTA ROSALÍA, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO"

al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Éste, puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: gbermejo@uabc.edu.mx - fmelo@ipn.mx - xchel.moreno@gmail.com

Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.


OCEÁN. GUSTAVO ANTONIO BERMEJO MIRAMONTES

Nombre y firma del alumno

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis directores de tesis el M en C. Felipe Neri Melo Barrera y al Dr. Xchel Gabriel Moreno Sánchez por todo el apoyo y la confianza que me han depositado en mí. Gracias por todas sus enseñanzas, consejos y regaños, los cuales han sido una valiosa guía en mi maestría.

A mi comité revisor el Dr. Casimiro Quiñonez Velázquez, al Dr. Leonardo Andrés Abitia Cárdenas y al Dr. Juan Gabriel Díaz Uribe por las valiosas contribuciones y correcciones que han enriquecido este trabajo.

Al Instituto Politécnico Nacional (IPN), Al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR) así como al Departamento de Pesquerías y Biología Marina por haber contribuido a brindarme las herramientas necesarias que me permitirán realizarme tanto personalmente como profesionalmente.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la Beca Tesis y al IPN a través de la Beca de Estímulo Institucional de Formación de Investigadores (BEIFI) que me brindaron los recursos económicos necesarios para la realización de mis estudios de maestría.

A mis compañeros y amigos por todas las atenciones que me tuvieron, por el apoyo y confianza, además del trabajo en equipo que desarrollamos durante la carga académica, porque, aunque estuviéramos cansados siempre terminábamos a tiempo nuestros trabajos. Les deseo mucho éxito en los proyectos futuros, y espero que nuestra amistad perdure.

Agradezco a mi familia por todo el apoyo y amor que me han brindado. A ti Nohemi que siempre me has impulsado a ser una mejor persona cada día, gracias por todos esos jalones de orejas que me dabas, sabes que siempre vas a ser parte importante de mi vida.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres quienes son mi mayor inspiración para salir adelante, ustedes son los que me enseñaron a nunca dejarme vencer, a no conformarme y a siempre seguir creciendo y aprendiendo. Gracias por haberme enseñado valores y principios que me han servido y me seguirán sirviendo a lo largo de mi vida.

RESUMEN

Mycteroperca rosacea es un recurso pesquero importante para el estado de Baja California Sur, ya que se considera una especie comercial de primera clase. Los estudios de edad y crecimiento generan información básica que ayudan a comprender la dinámica poblacional, permitiendo establecer herramientas para su manejo y regulación. Por lo que el objetivo del presente trabajo fue estimar la edad, el crecimiento individual y la mortalidad de *M. rosacea* en Santa Rosalía, BCS. De marzo del 2014 a mayo del 2015 se recolectaron 346 organismos de *M. rosacea* (205 hembras y 101 machos, 2H: 1M). Las distribuciones de talla y de peso no mostraron diferencias significativas debidas al sexo (machos: 24-61 cm LT y 160-3370 g PT. Hembras: 21-74 cm LT y 120-5560 g PT). La relación peso-longitud fue de tipo isométrica e igual entre sexos ($a=0.0112$ y $b=3.031$, $R^2=0.96$). Se estimó la edad a partir de imágenes mejoradas digitalmente de los otolitos completos, encontrando 15 grupos de edad (1-15), siendo los más representativos los grupos 3 y 4 con una periodicidad anual. La estimación del crecimiento individual se llevó a cabo con base en las tallas retrocalculadas y se evaluaron cinco modelos, von Bertalanffy (dos y tres parámetros), logístico y Gompertz (dos y tres parámetros). De acuerdo con el criterio de Akaike, el modelo que se ajustó de manera más adecuada fue el de von Bertalanffy de tres parámetros ($L_{\infty}= 69.19$ cm años⁻¹), $k=0.14$, $t_0=-0.82$ años), sin que se detectaran diferencias debidas al sexo. Se calculó la mortalidad total ($Z=0.42$), la mortalidad natural ($M=0.27$) y la mortalidad por pesca ($F=0.15$). De acuerdo con lo anterior, *M. rosacea* es una especie con longevidad y mortalidad media, un crecimiento relativamente lento, en donde, a la edad 1 alcanza el 30% de la L_{∞} , a los seis años se obtiene el 50% y a la edad 13, el 75% de la talla asintótica, y una mortalidad promedio.

ABSTRACT

Mycteroperca rosacea is an important fishing resource for Baja California Sur, because it is catalogued as “first class” specie. The studies of age and growth generate basic information that helps to understand the population dynamics, allowing to develop strategies for its management and regulation. Therefore, the aim of this study was to estimate the age, individual growth and mortality for this specie in Santa Rosalia, BCS. Between March 2014 and May 2015, 346 organisms were collected (205 females and 101 males, 2H: 1M). The size and weight distributions between did not show significant differences due to sex (males: 24-61 cm TL and 160-3370 g PT, females: 21-74 cm TL and 120-5560 g PT). The weight-length relationship was isometric and without differences between sexes ($a = 0.0112$, $b = 3.031$, $R^2 = 0.96$). The age was estimated from digitally enhanced images of the otoliths, finding 15 age-groups (1-15), the most commons being 3 and 4 age groups, with an annual periodicity. The individual growth assessment was carried out based on the retro-calculated sizes and five models were fitted, von Bertalanffy (two and three parameters), logistic and Gompertz (two and three parameters). According to the AIC, the best model was von Bertalanffy (three parameters, $L^\infty = 69.19$ cm years⁻¹), $k = 0.14$, $t_0 = -0.82$ years), without detect differences due to sex. Total mortality ($Z = 0.42$), natural mortality ($M = 0.27$) and fishing mortality ($F = 0.15$) were calculated. According to the above, *M. rosacea* is a species with longevity and average mortality, a relatively slow growth, where, at age 1 it reaches 30% of L^∞ , at six years 50% is obtained and at age 13, 75% asymptotic size, and average mortality.

GLOSARIO

Banda opaca: Zona de la estructura dura que se presenta con una mayor concentración de carbonato de calcio (materia inorgánica), que al ser visto al microscopio con luz reflejada se aprecia como una franja clara.

Banda traslúcida: Zona de la estructura dura que presenta una menor concentración de carbonato de calcio, con una mayor composición de materia orgánica en forma de proteína llama otolina, que al ser visto al microscopio con luz reflejada se aprecia como una franja oscura.

Clase anual: Se le llama cohorte o incluso generación, a un grupo de peces de un stock nacidos en el mismo año.

Crecimiento: Incremento en la masa y tamaño de un organismo por aumento en el número de células o elongación celular por unidad de tiempo (e. g., vegetales).

Crecimiento alométrico: La alometría en el crecimiento, se refiere al crecimiento diferencial en distintas partes del cuerpo.

Crecimiento isométrico: Relación entre estructuras corporales en donde las proporciones geométricas del cuerpo (largo, alto y ancho) no cambian.

Grupo de edad: Conjunto de peces de la misma edad. El término grupo de edad no es sinónimo de clase anual.

Marca de crecimiento: Marca sobre una estructura esquelética, que permite interpretar el crecimiento en términos de la edad.

Retrocálculo: Técnica que permite utilizar las marcas de crecimiento en las estructuras duras del organismo para estimar dimensiones corporales en edades o etapas previas al momento en que fue capturado el organismo, a través de las relaciones entre el tamaño de la estructura dura y la talla del pez.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	4
3. JUSTIFICACIÓN	7
4. OBJETIVOS.....	7
5. ÁREA DE ESTUDIO	8
6. MUESTREO	10
7. MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
7.1 Estructura de talla y de peso.....	11
7.2 Extracción y limpieza de los otolitos.....	11
7.3 Relación entre el peso y la talla	12
7.4 Preparación de los otolitos.....	12
7.5 Relación entre el radio del otolito y tamaño del organismo.....	13
7.6 Lectura de las marcas de crecimiento.....	14
7.7 Precisión en las lecturas	14
7.8 Estimación de la periodicidad de formación de las marcas de crecimiento	15
7.9 Estructura de edades.....	15
7.10 Retrocálculo de longitudes.....	15
7.11 Estimación del crecimiento individual.....	16
7.12 Estimación de la mortalidad	18
8. RESULTADOS	20
8.1 Muestreo.....	20
8.2 Estructura de talla y de peso.....	21
8.3 Relación entre el peso y la talla	22
8.4 Relación radio del otolito-longitud total	23
8.5 Periodicidad de las marcas de crecimiento.....	25
8.6 Estimación del número de marcas de crecimiento.....	26

8.7 Precisión de las lecturas	29
8.8 Estructura por edades.....	29
8.9 Retrocálculo de longitudes.....	30
8.10 Estimación del crecimiento individual.....	31
8.11 Descripción del crecimiento individual	38
8.12 Estimación de la mortalidad	39
9. DISCUSIÓN.....	40
9.1 Muestreo.....	40
9.2 Estructura de talla y de peso.....	41
9.3 Relación entre el peso y la talla	42
9.4 Preparación de los otolitos.....	42
9.5 Relación entre el radio del otolito y tamaño del organismo.....	43
9.6 Estimación de la periodicidad de formación de las marcas de crecimiento	44
9.7 Estructura de edades.....	45
9.8 Estimación del crecimiento individual.....	46
9.9 Estimación de la mortalidad	49
10. CONCLUSIONES.....	52
11. LITERATURA CITADA	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio. La zona sombreada representa el área de pesca.....	8
Figura 2.- <i>Mycteroperca rosacea</i> capturada en Santa Rosalía, BCS. LT: Longitud total.....	10
Figura 3.- Ubicación de los otolitos sagita en la cabeza de un pez óseo, se representan los canales semicirculares y un otolito sagita (tomado de Godos, 2001).	11
Figura 4.- Imagen de un otolito de <i>M. rosacea</i> . RT: radio total del otolito.....	14
Figura 5. Imagen de un otolito de <i>M. rosacea</i> . Ri: radio a la marca de crecimiento <i>i</i>	16
Figura 6. Importancia relativa de los organismos obtenidos por mes, tanto para machos como para hembras de <i>M. rosacea</i> , en Santa Rosalía, BCS, de marzo del 2014 a mayo del 2015 (n=346).	20
Figura 7. Estructura de tallas de <i>M. rosacea</i> en Santa Rosalía, BCS, de marzo del 2014 a mayo del 2015 (n=346).	21
Figura 8. Estructura de pesos de <i>M. rosacea</i> en Santa Rosalía, BCS, de marzo del 2014 a mayo del 2015 (n=343).	22
Figura 9. Relación peso-talla para machos, hembras y sexos combinados de <i>M. rosacea</i> en Santa Rosalía, BCS, de marzo del 2014 a mayo del 2015 (n=343).	23
Figura 10. Relación radio del otolito-longitud total para machos, hembras y combinados de <i>M. rosacea</i>	24
Figura 11. Porcentaje de bordes translucidos en los otolitos de <i>M. rosacea</i> y su relación con la temperatura superficial del mar (TSM) en Santa Rosalía, BCS, de marzo del 2014 a mayo del 2015 (n=342).	25
Figura 12.- A. Otolito completo de <i>M. rosacea</i> sobre fondo oscuro y con luz reflejada, B. mismo otolito tratado digitalmente.....	26
Figura 13. a, b, c. Cortes transversales de los otolitos A, B, C (luz transmitida). A, B, C. Otolitos completos, (luz reflejada sobre fondo oscuro). Los puntos rojos señalan las marcas de crecimiento identificadas.....	28

Figura 14. Estructura de edad de machos y hembras de <i>M. rosacea</i> en Santa Rosalía BCS, de marzo del 2014 a mayo del 2015 (n=341).	30
Figura 15. Longitud retrocalculada y observada por grupo de edad de <i>M. rosacea</i> en Santa Rosalía BCS, de marzo del 2014 a mayo del 2015.	31
Figura 16. Modelos de crecimiento individual ajustados a los datos edad-talla retrocalculada (DR) de machos de <i>M. rosacea</i>	32
Figura 17. Modelos de crecimiento individual ajustados a los datos edad-talla retrocalculada (DR) de hembras de <i>M. rosacea</i>	34
Figura 18.- Modelo de crecimiento de von Bertalanffy de tres parámetros para machos y hembras de <i>M. rosacea</i> en Santa Rosalía, BCS, de marzo del 2014 a mayo del 2015 (n=312).	35
Figura 19.- Comparación de la tasa de crecimiento entre años, para machos (TasaC-LM) y hembras (TasaC-LH) de <i>M. rosacea</i> en Santa Rosalía, BCS	36
Figura 20. Modelos de crecimiento individual ajustados a los datos edad-talla retrocalculada (DR) de todos los organismos de <i>M. rosacea</i> en Santa Rosalía, BCS, de marzo del 2014 a mayo del 2015 (n=341).	37
Figura 21.- Modelo de crecimiento de von Bertalanffy a los datos edad-talla retrocalculada, para <i>M. rosacea</i> en Santa Rosalía, BCS, de marzo del 2014 a mayo del 2015 (n=341).....	38
Figura 22.- Distribución de tallas de <i>M. rosacea</i> para la zona de Santa Rosalía (estudio presente), Bahía de los Ángeles y Loreto (Erisman <i>et al.</i> , 2008) y para Bahía de la Paz BCS (Díaz-Uribe <i>et al.</i> , 2001).	42
Figura 23. Estructuras de edades para <i>M. rosacea</i> capturadas en Santa Rosalia BCS (estudio presente) y para Bahía de La Paz BCS (Díaz-Uribe <i>et al.</i> , 2001).	46
Figura 24.- Comparación de los ajustes de los modelos MCVB3 para el estudio presente y el estudio de Díaz-Uribe <i>et al.</i> (2001).	49

LISTA DE TABLAS

Tabla I. Modelos utilizados para estimar el crecimiento individual de <i>M. rosacea</i> en la zona de Santa Rosalía, BCS.	17
Tabla II. Valores de la relación peso longitud de <i>M. rosacea</i> , para machos, hembras y sexos combinados.	23
Tabla III. Valores de la relación radio total del otolito longitud total de los organismos de <i>M. rosacea</i> , para machos, hembras y sexos combinados.....	24
Tabla IV. Parámetros de los modelos de crecimiento, así como los resultados del criterio de información de Akaike para los machos de <i>M. rosacea</i> en Santa Rosalía, BCS.	33
Tabla V. Parámetros de los modelos de crecimiento, así como los resultados del criterio de información de Akaike para las hembras de <i>M. rosacea</i> en Santa Rosalía, BCS.	34
Tabla VI. Parámetros de los modelos de crecimiento, así como los resultados del criterio de información de Akaike para todos los datos de <i>M. rosacea</i> en Santa Rosalía, BCS.	37
Tabla VII. Estimación de la mortalidad natural (M), la mortalidad por pesca (F) y la mortalidad total (Z), para machos, hembras y sexos combinados de <i>M. rosacea</i> en Santa Rosalía, BCS.	39
Tabla VIII.- Comparación de los parámetros de crecimiento del modelo MCVB3 para las distintas especies de <i>Mycteroperca</i>	48

1. INTRODUCCIÓN

Para la evaluación de los recursos pesqueros es importante el conocimiento de las capturas, y la biología de las especies explotadas. El conocimiento biológico de aspectos básicos como la alimentación, reproducción, edad y crecimiento son la base de un manejo apropiado para mantener los recursos en niveles óptimos para su explotación y garantizar su renovación (Ehrhardt, 1981; Hill *et al.*, 1989; Andersen & Pauly, 2006).

Los estudios sobre la estimación de la edad y la descripción del crecimiento individual son considerados como uno de los componentes esenciales, ya que aportan información básica para comprender el ciclo de vida de los organismos, a partir de la cual se pueden generar análisis demográficos como: tasas de mortalidad, tasas de crecimiento poblacional, productividad biológica, entre otros (Caillet *et al.*, 2006; Carlson & Goldman, 2006; Campana, 2013).

Existen dos métodos para estimar la edad en los peces, el primero es el análisis de la distribución de las frecuencias de tallas y se considera un método indirecto (Morales-Nin, 1992; Panfili *et al.*, 2002). El segundo método se considera directo y es el más utilizado, por medio del cual se interpreta el crecimiento a partir del conteo de marcas periódicas en estructuras duras, siendo las más utilizadas, en peces óseos, las escamas y los otolitos. En dichas estructuras es posible observar marcas de crecimiento que se pueden relacionar a una unidad de tiempo definido. En este método no puede darse por supuesta la periodicidad de la formación de las marcas de crecimiento, esta debe de ser determinada (FAO, 1992).

La estimación de la edad a partir de escamas en organismos longevos no suele ser muy útil, debido que después de los cuatro o cinco años, las marcas llegan a estar muy juntas lo cual dificulta su lectura, por lo que se opta por utilizar los otolitos en organismos más longevos (Manooch, 1987).

Los otolitos están compuestos principalmente por carbonato de calcio (CaCO_3), en forma de cristales de aragonita, cementados sobre una matriz de proteína fibrosa llamada otolina (Godos, 2001). Estos se ubican en el oído interno de los peces

teleósteos, cumplen las funciones de equilibrio y de electro-receptores o transductores de ondas (Morales-Nin, 1992). Existen tres pares de otolitos (*lapillus*, *sagita* y *asteriscus*), siendo el más grande y resistente, el sagita. Al crecer el pez, el otolito crecerá de manera periódica en forma de anillos concéntricos. Debido a esta propiedad esta estructura se utiliza en los estudios de edad y crecimiento. Cabe mencionar que esta formación está sujeta a factores intrínsecos, como el desove, metabolismo, e extrínsecos como cambios ambientales, temperatura, salinidad, luz o alimento (González, 1977).

La mortalidad total (Z), natural (M) y por pesca (F) son consideradas relevantes en la dinámica poblacional, ya que expresa la disminución de una clase de edad o stock en general, en el tiempo (Beverton & Holt, 1959). La mortalidad natural es difícil de obtener en las poblaciones explotadas, es decir, hay una pesquería en desarrollo, pero puede inferirse indirectamente mediante la talla a la cual el 50% de la población es madura. La capacidad de explotación que una población puede soportar está determinada en mayor medida por el potencial reproductivo y en menor medida por la mortalidad natural (Hoening, 1983). La mortalidad por pesca se puede calcular a través de la curva linealizada de la composición por edades (Chapman & Robson, 1960; Robson & Chapman, 1961).

Mycteroperca rosacea (Streets, 1877), es una especie de la familia Epinephelidae (Smith & Craig, 2007), que se distribuye desde la costa sur oriental de la península de Baja California, en todo el Golfo de California hasta las costas de Jalisco, México (Allen & Robertson, 1998). Se caracteriza por presentar un color verdoso a grisáceo y está cubierta por puntos rojizos en la cabeza y en la mayor parte del cuerpo. Se pueden encontrar ejemplares con una coloración naranja brillante, sin embargo, menos del 5% de la población la presenta (Erisman *et al.*, 2007). Habita en áreas rocosas cercanas a la costa a una profundidad no mayor a los 50 m (Fischer *et al.*, 1995). Puede alcanzar una talla máxima de un metro con un peso total de 12.2 kg, aunque sus tallas más comunes están por debajo de los 70 cm (Díaz-Uribe *et al.*, 2001).

Es un recurso pesquero muy importante para el estado de Baja California Sur, ya que se considera como un producto de primera clase, tanto para la pesquería artesanal como para la deportiva, alcanzando precios elevados, tanto en los mercados nacionales como en los internacionales (Aburto-Oropeza *et al.*, 2008). De acuerdo con el anuario estadístico de CONAPESCA, en 2010, se capturaron 690 t en BCS, representando el 86% de la producción nacional, generando ganancias económicas por más de 40 millones de pesos.

Esta especie, se encuentra catalogada como vulnerable en la lista roja de la IUCN (*International Union for Conservation of Nature*), y en riesgo de extinción en mediano plazo. Se estima que su población ha sufrido una reducción del 50% en los últimos 10 años (IUCN, 2016). Por otro lado, su producción pesquera mostró una tendencia al alza hasta el año 2000 y a partir de este año se ha visto un decremento en el esfuerzo pesquero (Salas *et al.*, 2004). Además, se ha reportado que las capturas máximas coinciden con su época reproductiva (Aburto-Oropeza *et al.*, 2008), lo que puede incrementar su susceptibilidad a la pesca.

2. ANTECEDENTES

Mycteroperca rosacea es una especie gonocórica (Erisman *et al.*, 2008), aunque se han encontrado evidencias de organismos en transición sexual (Estrada-Godínez, 2011). Su ciclo reproductivo se ha clasificado en cuatro etapas: madurez, desove, posdesove y reposo (Erisman *et al.*, 2007; Erisman *et al.*, 2008; Estrada-Godínez *et al.*, 2011; 2012). Pérez-Olivas *et al.* (2018), en Santa Rosalía BCS, reportó una talla de primera madurez de 40.77 cm de longitud total para la zona costera en Santa Rosalía, BCS, y señaló que la especie no requiere almacenar reservas energéticas para reproducirse, ya que tiene alimento disponible durante todo el año.

Sobre su comportamiento reproductivo en el Parque Nacional Bahía de Loreto en el Golfo de California, se ha indicado, que al igual que otros “serranidos”, durante el cortejo forman agregaciones sexuales, sin señales de territorialidad entre los machos (Erisman *et al.*, 2007; Aburto-Oropeza *et al.*, 2008).

Se ha reportado que, en el Golfo de California los organismos se alimentan después del atardecer, siendo su presa principal la sardina, *Harengula thrissina*, (Hobson, 1968; Peláez-Mendoza, 1997) y en caso de no contar con sardinas para alimentarse recurre a peces demersales (Hobson, 1968). Pérez-Rojo (2016), para las costas de Santa Rosalía, reportó 28 presas, siendo las de mayor proporción *Nyctiphanes simplex* y *Sardinops caeruleus* (87% entre ambas), concluyó que es un depredador especialista.

De manera general, las especies del género *Mycteroperca* presentan crecimiento lento, longevidad alta y tasas de mortalidad natural bajas. La edad máxima de estas especies excede los 10 años, con tasas de crecimiento instantáneas que varían entre los valores de 0.05 a 0.3 año⁻¹ (Manooch, 1987).

La mayoría de los trabajos sobre edad y crecimiento del género *Mycteroperca*, se han desarrollado en el Golfo de México. Hood & Schlieder (1992), quienes trabajaron con muestras de *M. microlepis* provenientes de la pesca comercial y deportiva durante 1977-1980, en las costas de Florida, EUA, encontraron que la periodicidad de las marcas de crecimiento fue anual, con 22 grupos de edad (0-21 años) y describieron el

crecimiento individual a través del modelo de von Bertalanffy (MCVB, $L_{\infty} = 119$ cm, $k = 0.17$ cm año⁻¹ y $t_0 = -0.62$ años)

Harris *et al.* (2002) trabajaron con muestras de *M. phenax* de Carolina del Norte hasta Florida, EUA, en el periodo de 1979-1997, encontraron que las marcas de crecimiento inician su formación entre diciembre y enero, depositándose una marca por año y a partir de datos retrocalculados de talla-edad estimaron los parámetros del MCVB, con 16 grupos de edades (1-16 años, $L_{\infty} = 86.4$ cm, $k = 0.12$ cm año⁻¹ y $t_0 = -3.15$ años).

Burton *et al.* (2015) analizaron el periodo más amplio (1979-2014) de muestras de *M. venenosa* provenientes de Carolina del Norte hasta Florida, EUA, solo seccionaron 306 pares de otolitos para estimar la edad, en los cuales se detectaron organismos de 3-31 años y obtuvieron los parámetros del MCVB, $L_{\infty} = 95.8$ cm, $k = 0.11$ cm año⁻¹ y $t_0 = -2.94$ años.

El único trabajo que se desarrolló para este género en la costa oriental de México (Golfo de México y Caribe mexicano) fue el de Seca-Chablé (2012), quien estimó la edad de *M. bonaci* del Banco de Campeche a partir de conteos en cortes transversales de otolitos, con los siguientes valores de los parámetros del MCVB, $L_{\infty} = 138.4$ cm, $k = 0.12$ cm año⁻¹ y $t_0 = 0.068$ años, con una estructura de edades que va de 2 a 27 años.

De las especies de *Mycteroperca* que se distribuyen en el Océano Pacífico solo se cuentan con los antecedentes de dos estudios que abordaron el tema de edad y crecimiento, para *M. olfax* y *M. rosacea*. Usseglio *et al.* (2015), abordaron el crecimiento para la primera en las costas de las Islas Galápagos. Obtuvieron organismos de 18-100 cm LT y se identificaron 23 grupos de edad (1-24 años) con base en la lectura de 174 otolitos, a partir de estos datos se estimó el MCVB ($L_{\infty} = 119.1$ cm, $k = 0.07$ cm año⁻¹ y $t_0 = -2.33$ años).

Díaz-Uribe *et al.* (2001) estimaron la edad y el crecimiento de *M. rosacea* en Bahía La Paz y zonas adyacentes, BCS, reportaron tallas de 29 a 97.5 cm LT, que correspondieron a organismos de 1-21 años. La estimación de la edad se realizó “quemando” los otolitos, ya que de esta manera se evidenciaron las marcas de

crecimiento, las cuales fueron anuales. Concluyen con base en el MCVB, que está especie es de crecimiento lento y longevidad alta ($L_{\infty} = 122$ cm, $k = 0.067$ cm año⁻¹ y $t_0 = -1.24$ años).

3. JUSTIFICACIÓN

Al ser una especie de importancia ecológica y de alta relevancia en las pesquerías artesanales del Golfo de California, es necesario generar una mayor cantidad de información biológica básica, como lo es la edad, el crecimiento y la mortalidad de *M. rosacea*. Dicha información servirá como base para el establecimiento de un manejo adecuado para la especie en la zona. Ya que a pesar de su importancia no se cuentan con un Plan de Manejo y al menos para las pesquerías comerciales dentro del Golfo de California no se tienen establecidas cuotas de captura, ni límites de pesca diarios. Por tal razón, se decidió realizar esta investigación con el fin de contribuir al conocimiento de la dinámica poblacional de este recurso para su mejor aprovechamiento de manera sustentable.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Estimar la edad, validar el crecimiento individual y la mortalidad de la cabrilla sardinera *Mycteroperca rosacea* en Santa Rosalía, Baja California Sur.

4.2 Objetivos específicos

- Estimar la estructura de tallas por sexos de *M. rosacea*.
- Establecer la relación entre el peso y la talla de *M. rosacea*.
- Estimar el número de marcas de crecimiento en los otolitos de *M. rosacea*.
- Determinar la periodicidad de las marcas de crecimiento en los otolitos de *M. rosacea*.
- Estimar la estructura de edades para cada sexo de *M. rosacea*.
- Describir el crecimiento individual de *M. rosacea* en Santa Rosalía B. C. S.
- Estimar la mortalidad natural, por pesca y total de *M. rosacea*.

5. ÁREA DE ESTUDIO

Las muestras fueron recolectadas mensualmente (marzo 2014 a mayo 2015) en Santa Rosalía, perteneciente al municipio de Mulegé, ubicado en la zona central de la costa oriental de la península de Baja California, entre los 27° 20' N y 112° 16' O (Fig. 1).

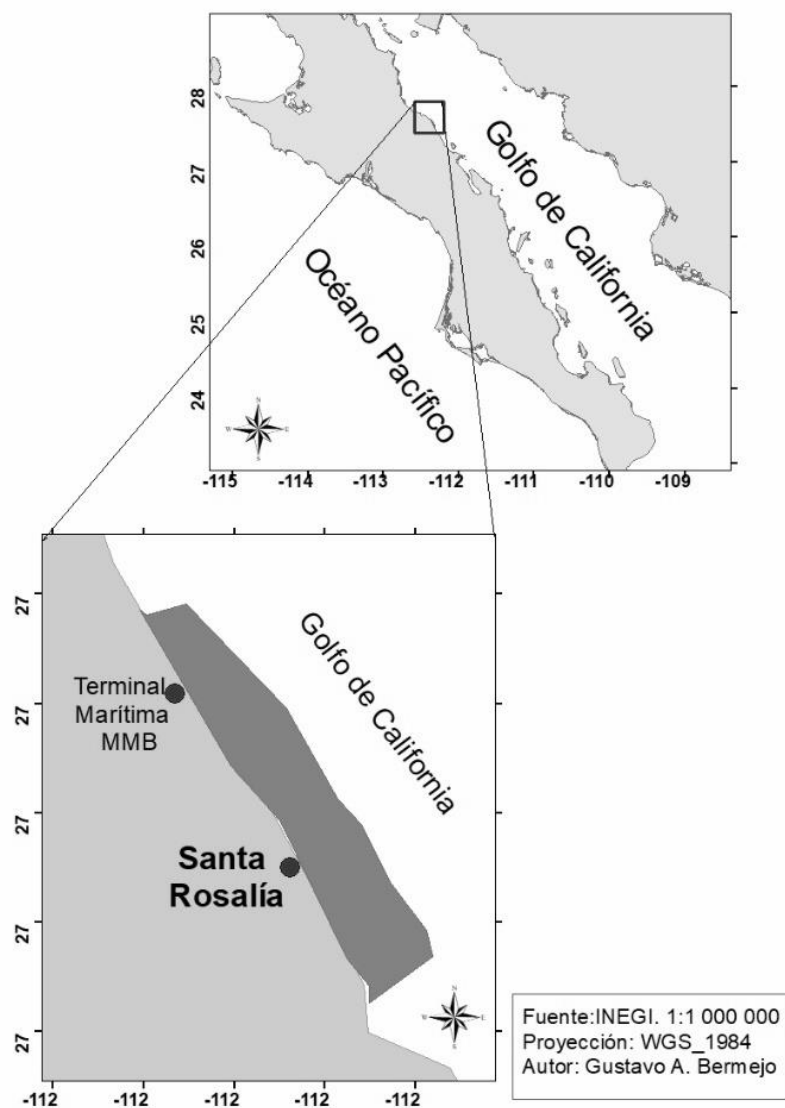


Figura 1. Área de estudio. La zona sombreada representa el área de pesca.

El Golfo de California se puede dividir en tres grandes zonas: El alto golfo, la región central (donde se ubica la Bahía de Santa Rosalía) y la parte sur (Méndez-Tenorio, 2001). La región central presenta una gran variación en los valores de temperatura superficial del mar dominados por la estacionalidad, con valores mínimos de 16-17°C en los meses de febrero a marzo, alcanzando en agosto temperaturas de 31°C (Trasviña-Carrillo, 2012).

El viento sobre el Golfo de California es de naturaleza monzónica, con vientos del sur o sureste en verano y vientos del noroeste en invierno, este patrón de vientos produce surgencias costeras en la costa continental durante el invierno lo que favorece la productividad primaria (Álvarez-Borrego, 1983; Álvarez-Borrego & Lara-Lara, 1991; Bray & Robles, 1991).

6. MUESTREO

Las muestras se obtuvieron con la ayuda de buzos en apnea, que utilizaron un arpón tipo hawaiano para la captura. Esta actividad se realizó iniciando el atardecer hasta la media noche, debido a los hábitos alimenticios nocturnos de la especie y en las cercanías de la costa hasta aproximadamente 30 m de profundidad.

Los organismos capturados fueron enviados a las instalaciones del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional (CICIMAR-IPN) en donde se realizó la biometría, longitud total ($LT \pm 1$ cm) y el peso total ($PT \pm 1$ gr) (Fig. 2). El sexo se determinó a través de análisis histológicos realizados por Pérez-Olivas *et al.* (2018).

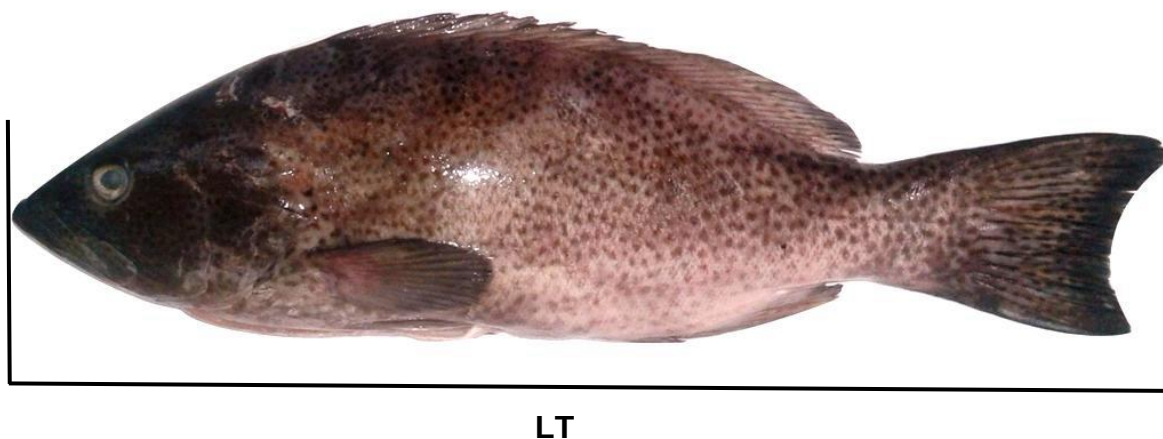


Figura 2.- *Mycteroperca rosacea* capturada en Santa Rosalía, BCS. LT: Longitud total.

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1 Estructura de talla y de peso

Para establecer las estructuras de tallas y pesos, se construyeron histogramas de frecuencias de longitud (intervalos de 5 cm LT) y de peso (intervalos de 500 g PT). Para evaluar las diferencias en estas estructuras debidas al sexo, se utilizó una prueba de Kolmogorov-Smirnov (Sokal & Rohlf, 1981).

7.2 Extracción y limpieza de los otolitos

Los otolitos se encuentran en la cápsula ótica de los peces (Fig. 3), por lo que fue necesario retirar todas las vértebras que se encontraban adheridas a la cabeza, hasta dejar libre el atlas. Utilizando tijeras de disección, y accediendo por la parte ventral de la capsula ótica, se extrajeron los otolitos, y se colocaron inmediatamente en una solución jabonosa libre de fosfatos durante 24 h. Una vez limpios los otolitos se enjuagaron con agua corriente y se secaron a temperatura ambiente, para almacenarlos debidamente etiquetados.

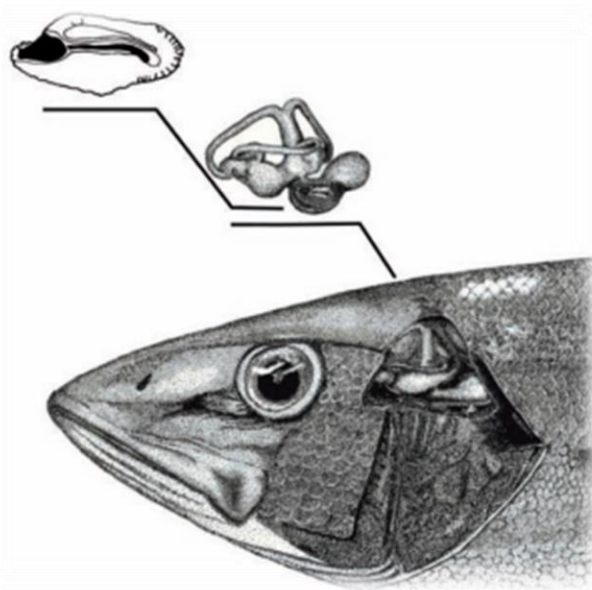


Figura 3.- Ubicación de los otolitos sagita en la cabeza de un pez óseo, se representan los canales semicirculares y un otolito sagita (tomado de Godos, 2001).

7.3 Relación entre el peso y la talla

Para determinar el tipo de relación (alométrica o isométrica) entre el peso y la talla, a estas variables se les ajustó un modelo potencial con la siguiente formula:

$$LT = a * PT^b$$

Donde: LT = longitud total (cm). PT = peso total (gr). b = pendiente o coeficiente de alometría. a = ordenada al origen.

Para determinar si el sexo de los organismos afecta la relación $PT-LT$, se utilizó una prueba de pendientes y elevaciones con los datos de PT y LT linealizados ($\log_{10}$), comparando las regresiones con la siguiente ecuación:

$$F = \frac{(\frac{SS_c - SS_p}{k - 1})}{\frac{SS_p}{DF_p}}$$

Dónde: SS_c =suma de cuadrados de cada regresión. SS_p = suma de cuadrados residuales. k =número de regresiones. DF_p =grados de libertad residuales.

Para establecer si esta relación es de tipo alométrico ($b \neq 3$) o isométrico ($b = 3$) se aplicó una prueba t de Student de la forma:

$$t_{cat} = \frac{b_1 - b_0}{Sb}$$

Donde b_1 = coeficiente de alometría (o pendiente) de la relación $PT-LT$. $b_0 = 3$ (isometría). Sb = error estándar de b_1 .

7.4 Preparación de los otolitos

Los otolitos se digitalizaron con una cámara analógica de video (Sony CCD-IRIS-RGB) adaptada a un microscopio estereoscópico (Olympus SZX9), la cual envió la señal analógica a una tarjeta de video digital (TARGA 1000). Las imágenes se obtuvieron colocando los otolitos en agua sobre fondo oscuro y con luz reflejada. Posteriormente, dichas imágenes fueron tratadas digitalmente con el programa Adobe Photoshop CS6, cambiando los valores de brillo y contraste.

Para corroborar si el número de marcas en la superficie externa del otolito era el mismo que en el interior, se obtuvieron cortes transversales de una submuestra de otolitos (n=37), que incluyeron todas las tallas obtenidas en el estudio.

Los cortes se obtuvieron colocando los otolitos en moldes de silicona para embeberlos con una resina poliéster y catalizador durante 48 h. Los bloques obtenidos se fijaron con cianocrilato a un soporte de madera y se seccionaron de manera transversal con una cortadora de baja velocidad con cuchilla de filo de diamante y se evaluaron tres grosores (0.3, 0.4 y 0.5 mm). Cada corte fue pulido con lijas de grano decreciente (*lapping film*), hasta eliminar los rastros de la cuchilla y se siguió el proceso de digitalización descrito.

7.5 Relación entre el radio del otolito y tamaño del organismo

Para establecer si existe una proporcionalidad entre la talla del organismo y el tamaño del otolito, se analizó la relación entre la LT y el radio total del otolito (RT). Para lo cual, los RT (distancia desde el foco al borde posterior del otolito, figura 4) se midieron a partir de las imágenes digitalizadas, utilizando el programa Sigma Scan Pro 5.0 y se ajustaron los datos a un modelo potencial.

$$RT = a * LT^b$$

Donde: RT= radio del otolito. LT= longitud total. b= pendiente. a= ordenada al origen.

Para determinar si existían diferencias significativas en la relación RT-LT entre hembras y machos, se utilizó la prueba F para pendientes y elevaciones descrita previamente.

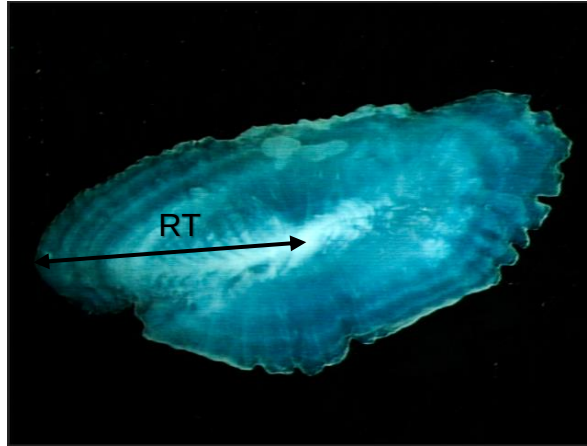


Figura 4.- Imagen de un otolito de *M. rosacea*. RT: radio total del otolito.

7.6 Lectura de las marcas de crecimiento

Una marca de crecimiento está formada por el conjunto de una banda opaca y una translúcida, por lo que, para determinar el número de marcas de crecimiento, se contaron las bandas translúcidas y se registró el tipo de borde del otolito. Las lecturas de las marcas de crecimiento fueron realizadas sobre las imágenes digitalizadas, por dos lectores de manera independiente y sin conocer, la talla, sexo o época de captura de los organismos.

7.7 Precisión en las lecturas

Se estableció la precisión de las lecturas de las marcas de crecimiento entre lectores, estimando el porcentaje de error promedio (PEP, Beamish & Fournier, 1981) y el coeficiente de variación (CV, Chang, 1982) de acuerdo con:

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

CV: Coeficiente de variación.

$$CV = \left\{ \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^R \frac{(X_{ij} - X_j)^2}{R-1}}}{X_j} \right\} \times 100$$

Donde: N = número de organismos a los que se les estimó la edad. R = número de lectores. X_{ij} = i -ésima edad del j -ésimo organismo. $\bar{X}_j$ = edad promedio del j -ésimo organismo.

7.8 Estimación de la periodicidad de formación de las marcas de crecimiento

Para establecer la periodicidad de formación de las marcas de crecimiento, se utilizó el análisis de tipo de borde, el cual es una técnica cualitativa y se obtiene al graficar el porcentaje mensual de los otolitos con borde opaco o traslúcido (Ishiyama, 1978; Tanaka & Mizue, 1979). Los valores mensuales cercanos al 100% de bordes traslúcidos sugieren la finalización de la marca, mientras que valores menores, señalan el inicio de esta.

La periodicidad se correlaciono con la temperatura superficial del mar (TSM), la cual se obtuvo a partir de imágenes satelitales mensuales de la temperatura promedio de la superficie del mar tomadas por el *Scripps Institution of Oceanography*, quienes a partir de una composición de imágenes de los sensores MODOS-Aqua y MODIS-Terra obtuvieron dichas imágenes (tomado de Pérez-Olivas, 2016).

7.9 Estructura de edades

La edad se obtuvo al asociar el número de bandas translúcidas con la periodicidad definida, de la siguiente manera, si un organismo presentó tres marcas, se asignó al grupo de edad dos, esto es, una marca, grupo de edad cero, dos marcas, grupo de edad uno y tres marcas grupo de edad dos, en el ejemplo el organismo tendría una edad dos años. Para establecer la estructura de edad, los individuos se agruparon en grupos de edad a través de histogramas de frecuencias. Para establecer si existen diferencias entre las estructuras de los machos con respecto de las hembras, se realizó una prueba de Kolmogorov-Smirnov (Sokal & Rohlf, 1981).

7.10 Retrocálculo de longitudes

Ya que no se encontraron organismos menores a un año, fue necesario estimar la talla a edades pretéritas, para lo cual se utilizó la distancia del foco del otolito a cada marca de crecimiento (R_i , radios parciales, figura 5), las cuales fueron obtenidas con

el programa Sigma Scan Pro 5.0, y la talla se retrocálculo con base en la fórmula (Francis, 1990)

$$L_i = \left[(L_c + a) * \left(\frac{R_i^b}{R_c^b} \right) \right] - a$$

Donde: L_i = longitud del pez a la i -ésima edad. L_c = longitud del pez al momento de la captura. R_i = radio del otolito a la i -ésima edad. R_c = radio del otolito al momento de la captura. a y b , intercepto y pendiente de la relación RT-LT.

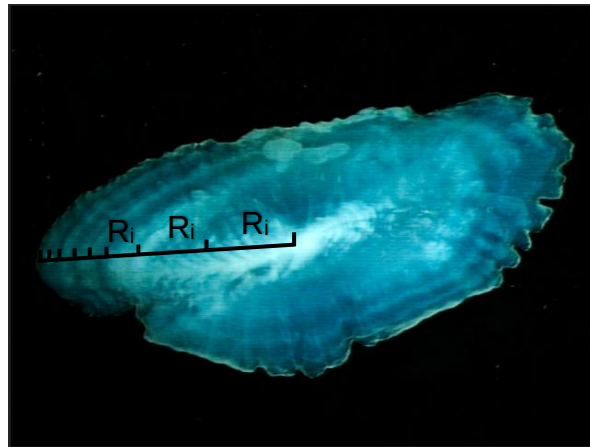


Figura 5. Imagen de un otolito de *M. rosacea*. R_i : radio a la marca de crecimiento i .

7.11 Estimación del crecimiento individual

El análisis del crecimiento individual utilizó el enfoque multimodelo con cinco candidatos, los cuales se presentan en la tabla I. El valor de la talla al momento de la eclosión (L_0) fue de 0.26 cm, que es el tamaño promedio de una larva de esta especie (Linares-Aranda, 2003).

Tabla I. Modelos utilizados para estimar el crecimiento individual de *M. rosacea* en la zona de Santa Rosalía, BCS.

Modelo	Fórmula	Parámetros
Von Bertalanffy de dos parámetros (MCVB2)	$L_t = L_{\infty} - (L_{\infty} - L_0)e^{-kt}$	L_{∞} = talla asintótica teórica. k = coeficiente de crecimiento. L_0 = talla de nacimiento. t_0 = edad teórica a la talla 0.
Von Bertalanffy de tres parámetros (MCVB3)	$L_t = L_{\infty}(1 - \exp^{-k(t-t_0)})$	
Gompertz dos parámetros (MCG2)	$L_t = L_0 e^{-e^{(1-e^{-k2t})}}$	L_{∞} = talla asintótica teórica. K_2 = disminución en la tasa de crecimiento. L_0 = talla de nacimiento. t_0 = edad teórica a la talla 0.
Gompertz de tres parámetros (MCG3)	$L_t = L_{\infty} e^{-e^{-k(t-t_0)}}$	
Logístico de tres parámetros (MCL3)	$L_t = \frac{L_{\infty}}{(1 + e^{-k3(t-t_0)})}$	L_{∞} = talla asintótica teórica. k_3 = parámetro adimensional. t_0 = edad teórica a la talla 0.

El modelo más de adecuado se seleccionó de acuerdo con el criterio de información de Akaike (AIC, por sus siglas en inglés), el cual evalúa la distancia del modelo con respecto a la “realidad”, empleando los valores de la suma residual de cuadrados, este criterio penaliza a los modelos con mayor número de parámetros. La selección se basa en el valor menor del AIC (Burnham & Anderson, 2002):

$$AIC = n \left(\log \left(2\pi \frac{SRC}{n} \right) + 1 \right) + 2k$$

Dónde: *SRC*, es la suma de cuadrados residuales. k , es el número de parámetros. n , tamaño de la muestra.

Para conocer el soporte estadístico de los modelos, se calcularon las diferencias de Akaike (Δ_i). Un $\Delta_i < 2$ significa que el modelo tiene un soporte estadístico elevado, mientras que valores entre cuatro a siete presenta un soporte estadístico pobre y los valores mayores a diez no cuentan con soporte (Burnham & Anderson, 2002):

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

Dónde: AIC_i , =criterio de Akaike del modelo candidato. AIC_{min} , = criterio de Akaike del modelo con el valor mínimo.

La plausibilidad de cada modelo se obtuvo a través de la ponderación de Akaike (W_i), el mejor modelo será el que presente la ponderación mayor (Burnham & Anderson, 2002):

$$W_i = \frac{e^{-0.5\Delta_i}}{\sum_{k=i}^a e^{-0.5\Delta_k}}$$

Para comparar las curvas de crecimiento para cada sexo se obtuvieron las tasas de crecimiento para cada una de las edades, estas se calculan a través de la diferencia de la longitud previa con respecto a la actual (longitud a la edad uno menos la longitud de la edad dos) y así respectivamente, una vez linealizados los datos de las gráficas se realizó la prueba F de pendientes y elevaciones anteriormente descrita.

7.12 Estimación de la mortalidad

La mortalidad natural (M) se estimó a partir del modelo de Rikhter & Efanov (1976), el cual se basa en el supuesto de que los peces con M elevada, maduran precozmente y que existe una relación entre M y la edad de primera madurez (T_{50}), que es la edad en la que el 50% de la población madura:

$$M = \left[\frac{1.521}{T_{50}^{0.72}} \right] - 0.155$$

Para obtener la T_{50} , se convertirán las tallas de madurez sexual reportadas por Pérez-Olivas *et al.* (2018) para sexos combinados (40.8 cm LT), para machos (37.31 cm LT) y para hembras (42.44 cm LT).

Para calcular la mortalidad total (Z), se utilizó la curva de captura por edades linealizada, la cual se basa en la composición de edades (Sparre & Venema 1998).

$$\ln C_{t1,t2} = g - Zt$$

Dónde: $C_{t1,t2}$ = número de peces por edad, g es una constante y t es la edad en años.

Para calcular la mortalidad por pesca (F), se utilizó la fórmula de la mortalidad total, y se despejo la mortalidad por pesca (Caddy & Mahon, 1996).

$$Z = F + M$$

8. RESULTADOS

8.1 Muestreo

Se obtuvieron 346 ejemplares de *M. rosacea* (103 machos, 209 hembras, 14 hermafroditas y 20 no sexados). La proporción de sexos fue de 2.02 hembras por cada macho (2H:1M), lo que representó una diferencia significativa ($\chi^2 = 48.41$, g. l. = 1, $P < 0.05$) de la proporción esperada 1:1.

Se observaron dos picos de abundancias en las muestras mensuales, el de mayor magnitud de enero a junio y un segundo pico de agosto a diciembre. El tamaño máximo de las muestras se presentó entre marzo a mayo, para descender significativamente, hasta no contar con ejemplares en julio. Este patrón se repitió tanto para machos como para hembras (Fig. 6).

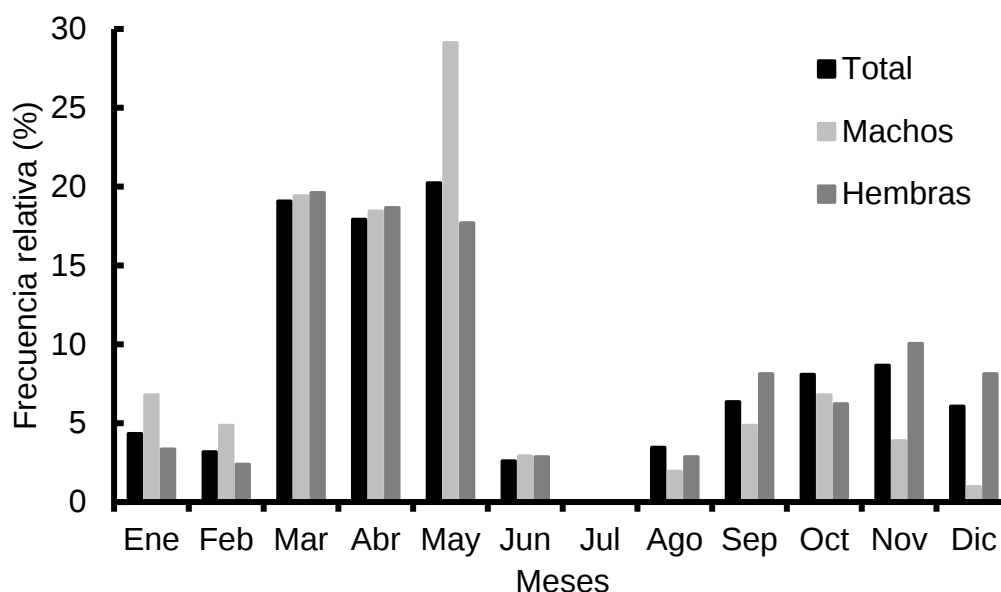


Figura 6. Importancia relativa de los organismos obtenidos por mes, tanto para machos como para hembras de *M. rosacea*, en Santa Rosalía, BCS, de marzo del 2014 a mayo del 2015 (n=346).

8.2 Estructura de talla y de peso

Se obtuvo un intervalo de tallas de 21-74 cm LT, para las hembras, mientras que para los machos fue de 24-61 cm LT. Al momento de analizar la estructura de tallas, se observó que el mayor porcentaje de los organismos en la muestra fueron de 25-40 cm LT, tanto para machos como hembras. Los organismos mayores a 55 cm LT fueron muy escasos, representando menos del 1.6% de la muestra. No se detectaron diferencias debidas al sexo (K-S= 0.1, $p>0.05$), lo cual es evidente en la figura 7.

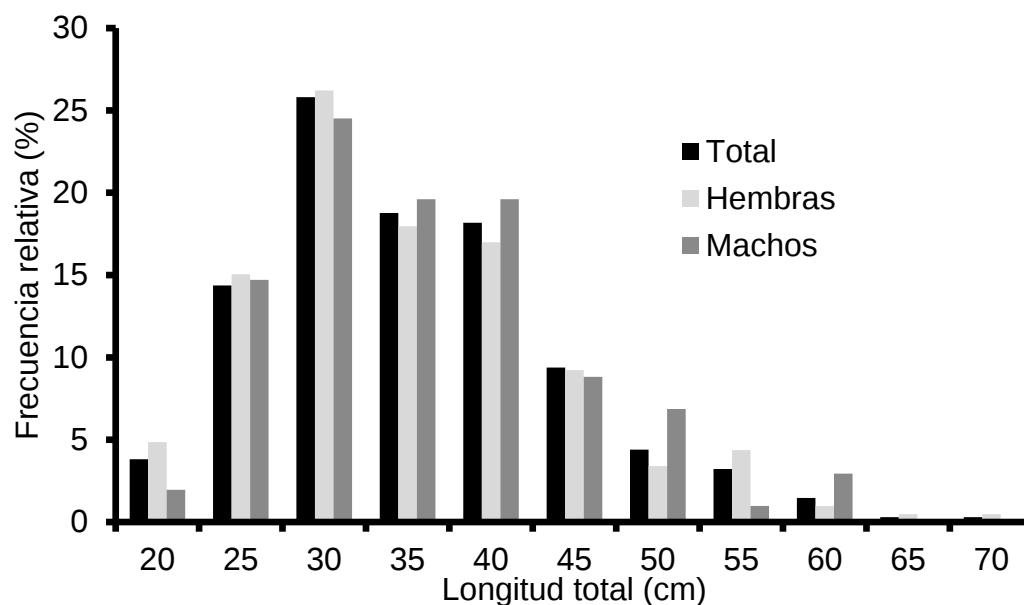


Figura 7. Estructura de tallas de *M. rosacea* en Santa Rosalía, BCS, de marzo del 2014 a mayo del 2015 (n=346).

El intervalo de peso para los machos fue de 160-3370 g PT, mientras que las hembras presentaron un intervalo mayor (120-5560 g PT). Se observó que las hembras presentaron los mayores pesos. A pesar de lo anterior y al igual que con la estructura de tallas, no se detectaron diferencias en el peso debidas al sexo (K-S=0.09, $p>0.05$). Más del 75% de los organismos presentaron pesos menores a 1500 g PT (Fig. 8).

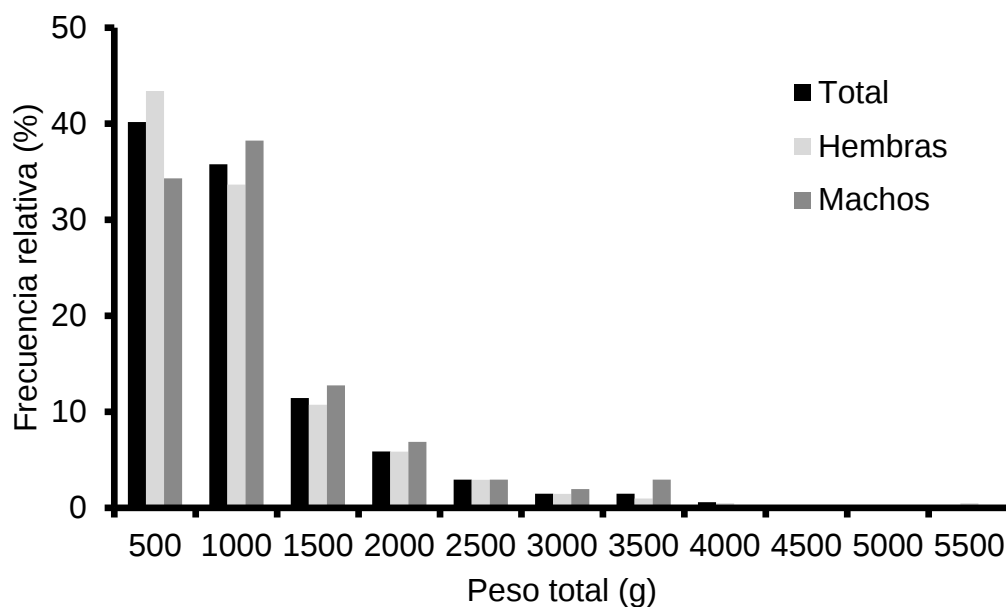


Figura 8. Estructura de pesos de *M. rosacea* en Santa Rosalía, BCS, de marzo del 2014 a mayo del 2015 (n=343).

8.3 Relación entre el peso y la talla

En la tabla II se presentan los resultados de la relación entre el peso y la talla de los organismos. Como se puede observar, los valores de los parámetros (a y b) entre los sexos son muy similares entre sí, sugiriendo que no hay diferencias entre machos y hembras, lo cual se comprobó con la prueba F de pendientes y elevaciones, ($F_{\text{Pendiente}} (1, 307) = 0.67$ y $F_{\text{Elevación}} (1, 307) = 0.76$, $p > 0.05$) lo que nos indicó que no existen diferencias debidas al sexo (Fig. 9), por lo cual se estimó la relación PT-LT con datos combinados. El coeficiente de alometría obtenido ($b=3.03$), nos señaló que esta especie presentó una relación isométrica entre el peso y la talla, en el intervalo analizado y durante el periodo de estudio ($t= 0.009$, $p=0.05$).

Tabla II. Valores de la relación peso longitud de *M. rosacea*, para machos, hembras y sexos combinados.

	Machos	Hembras	Combinados
A	0.01	0.01	0.01
B	3.09	3.03	3.03
R ²	0.95	0.96	0.96

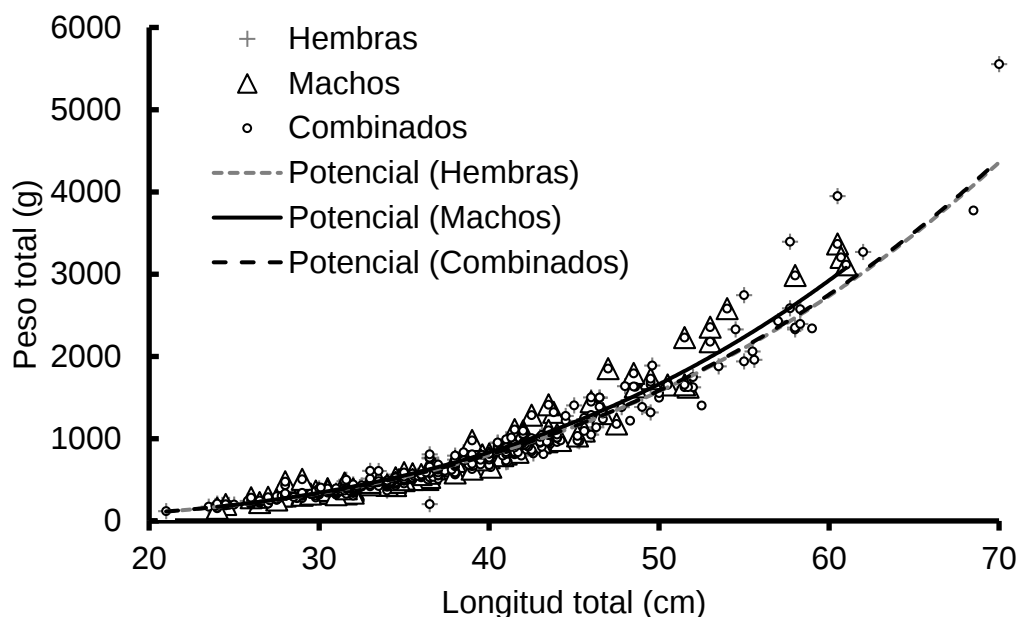


Figura 9. Relación peso-talla para machos, hembras y sexos combinados de *M. rosacea* en Santa Rosalía, BCS, de marzo del 2014 a mayo del 2015 (n=343).

8.4 Relación radio del otolito-longitud total

Los datos de RT y LT se les ajustó un modelo potencial, con una relación significativa ($R^2 = 0.80$). En la tabla III, se presentan los resultados de esta relación. Los modelos obtenidos tanto para machos y hembras fueron muy similares, haciendo difícil su diferenciación visual (Fig. 10), lo cual se comprobó con la prueba F ($F_{\text{Pendiente}} (1, 289) = 0.90$ y $F_{\text{Elevación}} (1, 289) = 1.05$ $p > 0.05$), lo que nos señala que no hay diferencias

significativas, por lo que se estimó un modelo sin considerar el sexo de los individuos. Estos resultados permiten utilizar esta relación para estimar las tallas pretéritas de los organismos de los grupos de edad que no fue posible obtener.

Tabla III. Valores de la relación radio total del otolito longitud total de los organismos de *M. rosacea*, para machos, hembras y sexos combinados.

	Machos	Hembras	Combinados
a	1.42	1.29	1.37
b	1.49	1.54	1.51
R ²	0.82	0.80	0.80

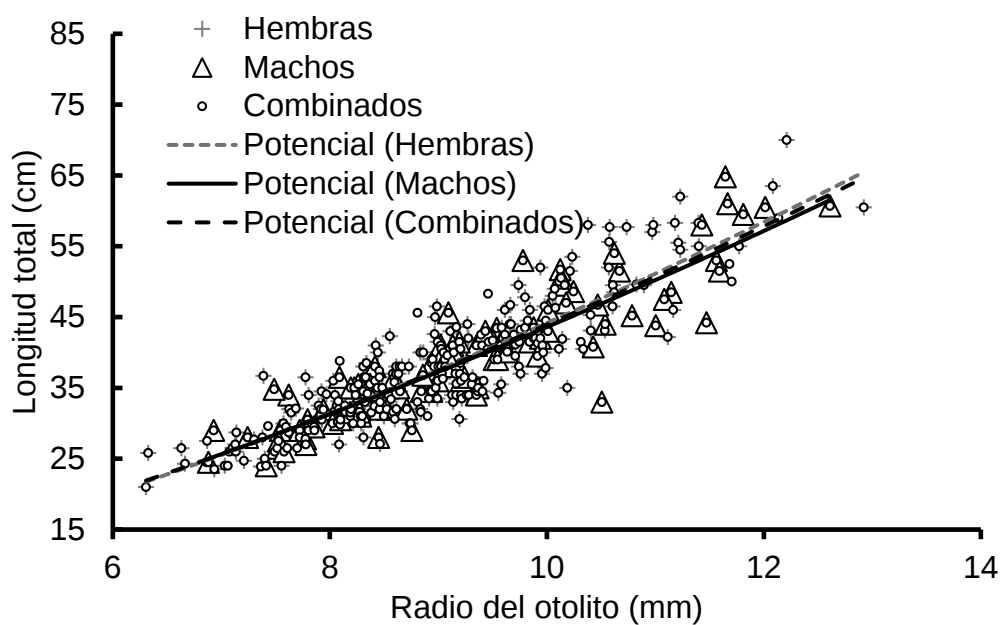


Figura 10. Relación radio del otolito-longitud total para machos, hembras y combinados de *M. rosacea* en Santa Rosalía, BCS, de marzo del 2014 a mayo del 2015 (n=325).

8.5 Periodicidad de las marcas de crecimiento

Al analizar el porcentaje por mes de otolitos con borde translúcido, se observó que su mínimo se presentó en los meses de diciembre a marzo, mientras que el máximo se detectó de agosto a septiembre. Lo anterior sugiere que la marca de crecimiento es anual, ya que la banda opaca (inicio de la marca de crecimiento) se estaría formando entre diciembre y junio, mientras que la translúcida (fin de la marca de crecimiento) se depositaría de junio noviembre.

Al relacionar la periodicidad con la temperatura superficial del mar (TSM), se detectó una correspondencia, ya que el máximo, tanto de bordes translúcidos como de TSM coinciden, lo que señala, que la marca de crecimiento inicia su formación en los meses fríos (banda opaca) y concluye (banda translúcida) durante la época cálida del año en la zona de Santa Rosalía, BCS (Fig. 11).

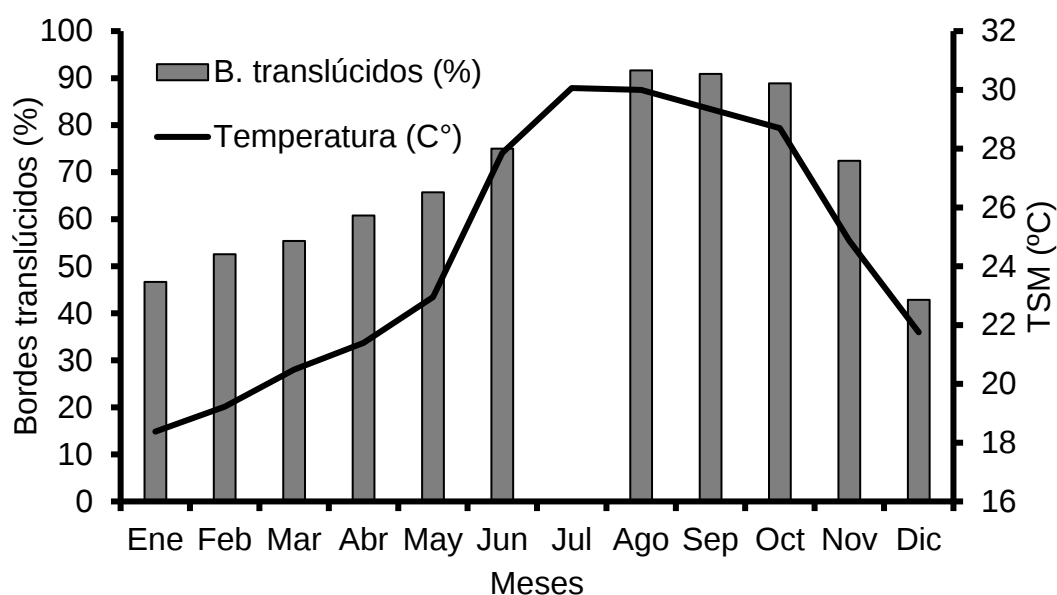


Figura 11. Porcentaje de bordes translúcidos en los otolitos de *M. rosacea* y su relación con la temperatura superficial del mar (TSM) en Santa Rosalía, BCS, de marzo del 2014 a mayo del 2015 (n=342).

8.6 Estimación del número de marcas de crecimiento

En los otolitos fue posible observar las marcas de crecimiento en toda su superficie. Sin embargo, fueron más evidentes en la región del *rostrum*. Se probaron combinaciones de iluminación (luz transmitida y reflejada) y medio que contenían a los otolitos (seco y líquido). Se determinó que las marcas fueron más evidentes con la combinación de luz reflejada sobre un fondo oscuro y utilizando agua. A pesar de que las marcas se denotaban claramente se mejoraron digitalmente, con lo que se logró incrementar su visibilidad (Fig. 12), por lo que la estimación de la edad se realizó en las imágenes mejoradas.

Para realizar la estimación del número de marcas de crecimiento se establecieron criterios de lectura. El primer criterio fue que las marcas de crecimiento se leerían en la región del *rostrum* del otolito. El segundo criterio fue que se debía de observar la marca en la mayor parte otolito. El tercer criterio fue que los lectores utilizarían el mismo otolito

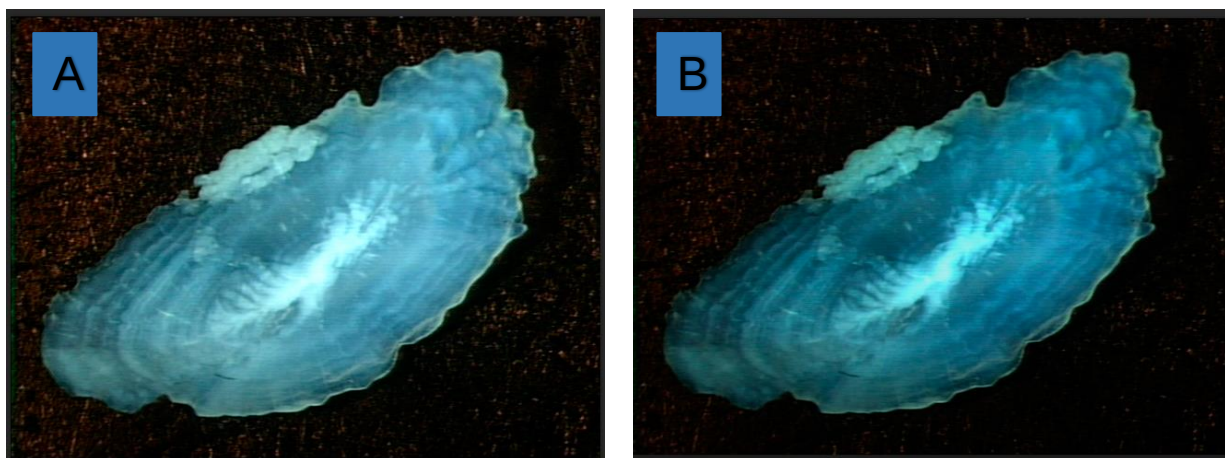


Figura 12.- A. Otolito completo de *M. rosacea* sobre fondo oscuro y con luz reflejada, B. mismo otolito tratado digitalmente.

Con el fin de corroborar que las marcas de crecimiento que se observaron en la superficie del otolito fuesen las mismas que las que se encuentran internamente, se cortaron 37 otolitos que abarcaron todo el intervalo de tallas, probando tres grosores

(0.3, 0.4 y 0.5 mm). En los cortes de 0.4 y 0.5 mm, las marcas se pudieron observar, pero no fueron muy evidentes. El grosor más adecuado fue el de 0.3 mm, y se procedió a comparar cualitativamente la apariencia de las marcas de crecimiento y la facilidad de su interpretación.

Al momento de comparar las lecturas de los cortes con la de los otolitos completos, fue posible determinar que las marcas que se observan en la superficie corresponden con las internas, no se detectó un número mayor o menor de marcas en los cortes. Por otro lado, la lectura de las marcas de crecimiento en los otolitos completos fue mucho más fácil, ya que estas son más evidentes en la estructura completa que en los cortes (Fig. 13).

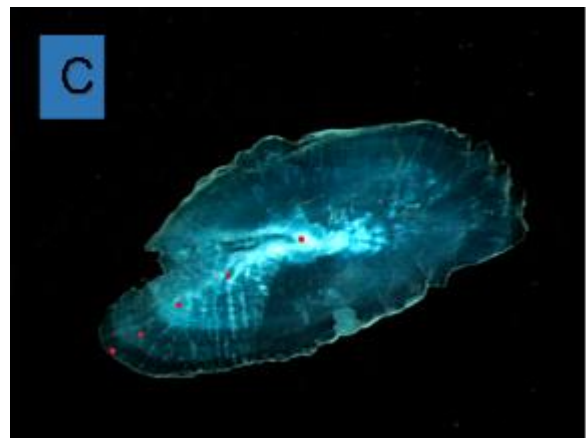
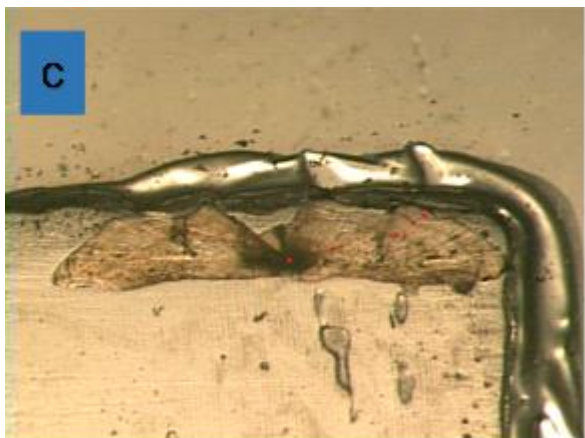
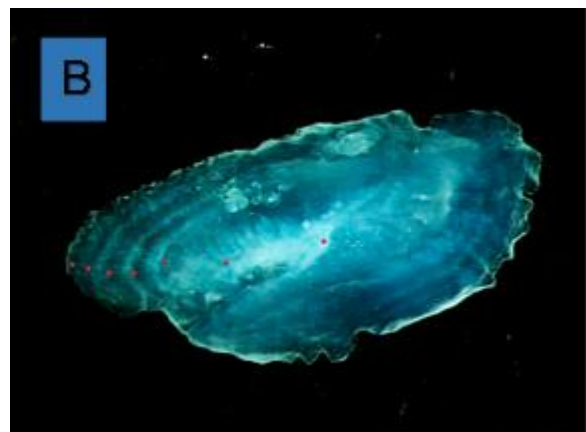
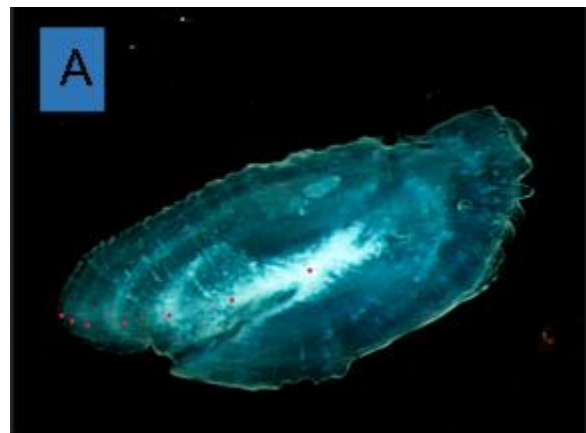


Figura 13. a, b, c. Cortes transversales de los otolitos A, B, C (luz transmitida). A, B, C. Otolitos completos, (luz reflejada sobre fondo oscuro). Los puntos rojos señalan las marcas de crecimiento identificadas.

8.7 Precisión de las lecturas

Se pudieron leer 341 otolitos (98% de la muestra total) con una precisión elevada, lo anterior de acuerdo con los valores del PEP (1.25%) así como del CV (2.25%). Estos valores son menores a los sugeridos por Morrison *et al.*, (1998b), para que las lecturas sean adecuadas para la estimación de la edad.

8.8 Estructura por edades

Tomando en consideración las marcas de crecimiento identificadas en los otolitos y la periodicidad definida, se estableció la estructura por edades, al agrupar a todos los individuos de acuerdo con el número de bandas traslúcidas contadas. Se detectaron 14 grupos de edad (1-15 años), estando ausentes los grupos de edad cero y 13. Los individuos más pequeños y más grandes fueron hembras de uno y 15 años respectivamente, mientras que para los machos el intervalo de edad fue de dos a 11 años.

La estructura de edades evidenció que los organismos más abundantes fueron los de tres y cuatro años, que en conjunto aportaron el 52% para las hembras y 42% para los machos, los individuos menores a tres años fueron muy escasos, <1 % de machos y poco más del 2% de hembras. La distribución de los grupos de edad representa un ejemplo claro de “tipo navaja” (Fig. 14). A pesar de las diferencias mencionadas, estas no fueron estadísticamente significativas (K-S= 0, $p>0.1$).

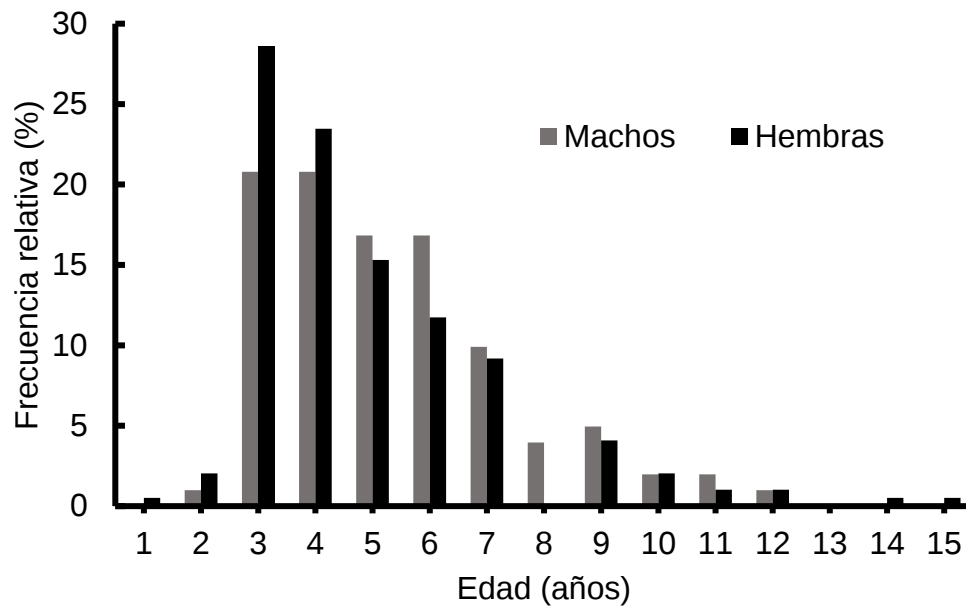


Figura 14. Estructura de edad de machos y hembras de *M. rosacea* en Santa Rosalía BCS, de marzo del 2014 a mayo del 2015 (n=341).

8.9 Retrocálculo de longitudes

Derivado de la ausencia de muestras en los grupos de edad 0 (Fig. 14), se utilizó el retrocálculo para estimar la talla en las primeras edades. Al realizar la comparación entre las tallas retrocalculadas y las observadas, se observaron diferencias en los primeros años y a partir del cuarto año se vuelven semejantes (Fig. 15). Al comparar los datos retrocalculados y los observados entre sexos, para las hembras se vuelven semejantes a partir del sexto año, mientras que para los machos se vuelven semejantes a partir del tercer año.

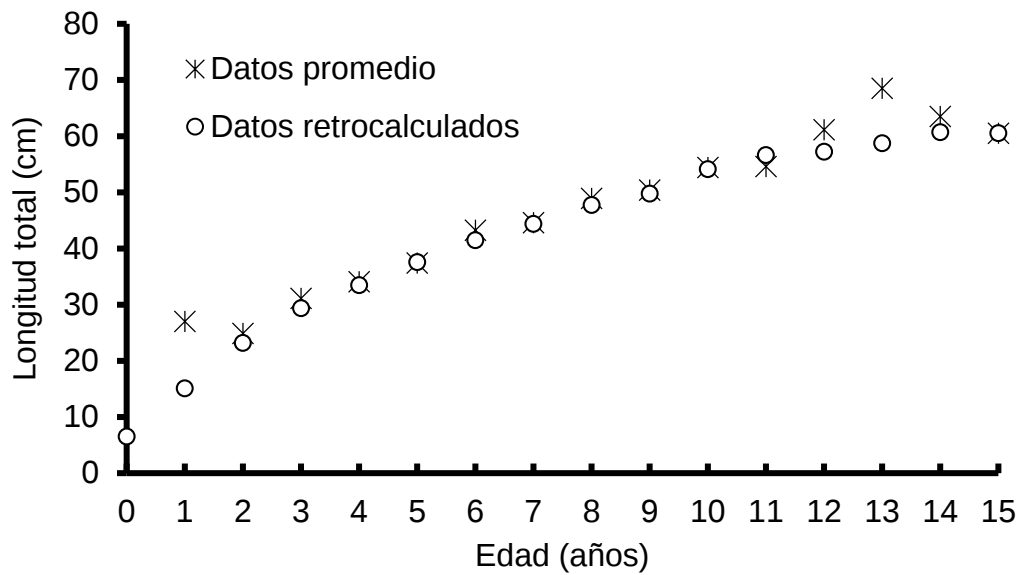


Figura 15. Longitud retrocalculada y observada por grupo de edad de *M. rosacea* en Santa Rosalía BCS, de marzo del 2014 a mayo del 2015.

8.10 Estimación del crecimiento individual

En la figura 16, se presentan los cinco modelos para los datos edad-talla retrocalculada de los machos. El modelo que mejor se ajustó visualmente fue el MCVB3. Los modelos MCG3 y MCL3 visualmente presentan un desfase en su inicio de la curva sobreestimando el valor de los datos retrocalculados. Para los modelos MCB2 y MCG2 se observó una subestimación de los valores de las curvas, los cuales se ven “anclados” al intercepto 0,0 debido al valor de la L_0 , el modelo MCG2 no sigue el patrón de edad-talla, pues presenta un punto de inflexión que no es evidente en los datos.

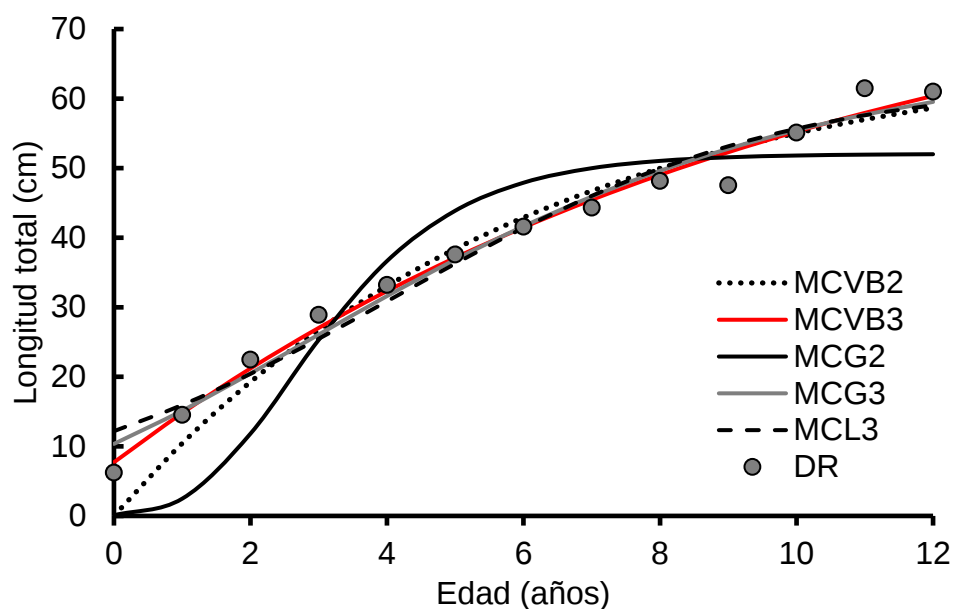


Figura 16. Modelos de crecimiento individual ajustados a los datos edad-talla retrocalculada (DR) de machos de *M. rosacea* en Santa Rosalía, BCS, de marzo del 2014 a mayo del 2015 (n=103).

A diferencia de la apreciación gráfica de los modelos, el AIC, permite seleccionar el mejor modelo con base en argumentos estadísticos. En la tabla IV se observan los valores de los parámetros de los modelos para los machos. El modelo que mejor describió el crecimiento de los machos fue el MCVB3 (menor valor del AIC y $\Delta_i=0$). El resto de los modelos no obtuvieron soporte estadístico ya que los valores de Δ_i fueron mayores a 10. Esto implicó que este modelo en términos netos representó el 100% de la información para describir el crecimiento de *M. rosacea*, desde el enfoque de la inferencia multimodelo.

Tabla IV. Parámetros de los modelos de crecimiento, así como los resultados del criterio de información de Akaike para los machos de *M. rosacea* en Santa Rosalía, BCS.

Modelos	L_{∞}	K	t_0	AIC	Δ_i	$\exp(-0.5 \Delta_i)$	W_i
MCVB-2	67.79	0.17		112.32	30.11	2.9e-7	2e-5
MCVB-3	84.39	0.10	-0.99	82.21	0	1	99.99
MCG-2	52.06	0.72		159.16	76.95	2e-17	2e-15
MCG-3	67.35	0.23	-2.77	99.33	17.12	1.9e-4	1.9e-2
MCL-3	62.87	0.35	-4.11	110.35	28.14	7.7e-7	7.7e-5

En la figura 17, se presentan los cinco modelos estimados para los datos edad-talla retrocalculada de las hembras. Los resultados son muy semejantes a los de los machos, encontrándose que el modelo que tienen mejor ajuste es MCVB3 (menor valor del AIC y $\Delta_i=0$, Tabla V). Los modelos de dos parámetros, al igual que en los machos, se encuentran anclados al intercepto 0,0 debido a L_0 . Los modelos MCG3 y MCL3 sobreestiman el valor inicial de su curva. El modelo MCVB3 fue el único modelo con soporte estadístico, con un 100% de evidencia a favor $W_i= 99.99\%$ (Tabla V).

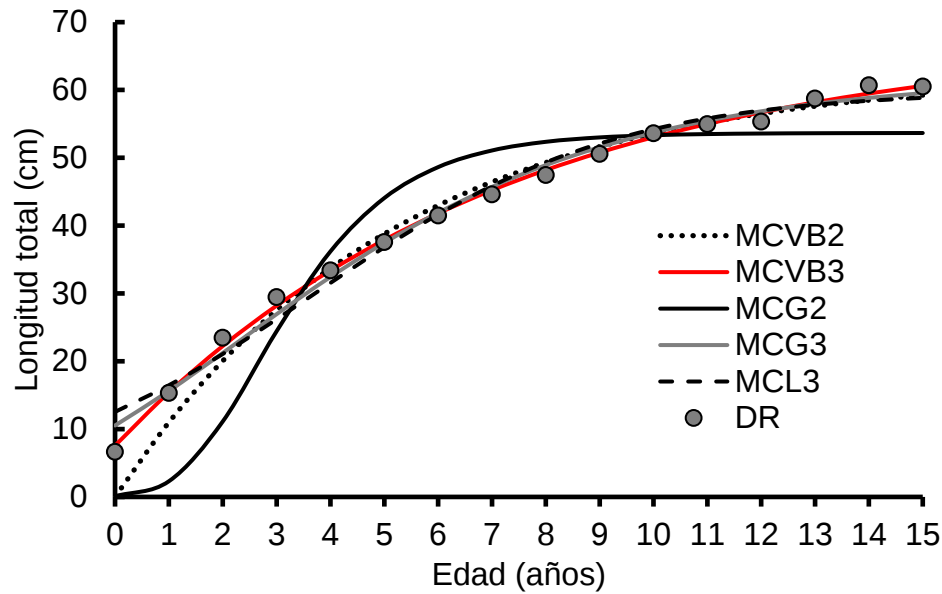


Figura 17. Modelos de crecimiento individual ajustados a los datos edad-talla retrocalculada (DR) de hembras de *M. rosacea* en Santa Rosalía, BCS, de marzo del 2014 a mayo del 2015 (n=209).

Tabla V. Parámetros de los modelos de crecimiento, así como los resultados del criterio de información de Akaike para las hembras de *M. rosacea* en Santa Rosalía, BCS.

Modelos	L_{inf}	K	t_0	AIC	Δ_i	$\exp(-0.5 \Delta_i)$	W_i
MCVB-2	62.73	0.19		103.07	69.40	8.5e-16	8.5e-14
MCVB-3	68.16	0.14	-0.85	33.67	0	1	99.99
MCG-2	53.66	0.69		161.45	127.77	1.8e-28	1.8e-26
MCG-3	62.00	0.25	-2.28	77.84	44.17	2.6e-10	2.6e-8
MCL-3	59.85	0.36	-3.70	97.51	63.83	1.4e-14	1.4e-12

De manera visual se realizó una comparación entre el modelo MCVB3 de los machos y de las hembras (Fig. 18). Las curvas de crecimiento obtenidas fueron semejantes hasta la edad de siete años, donde los machos tendieron a ser ligeramente mayores, hasta alcanzar en la edad de 12 años. El modelo MCVB3 para las hembras fue el primero que empieza a alcanzar la asíntota.

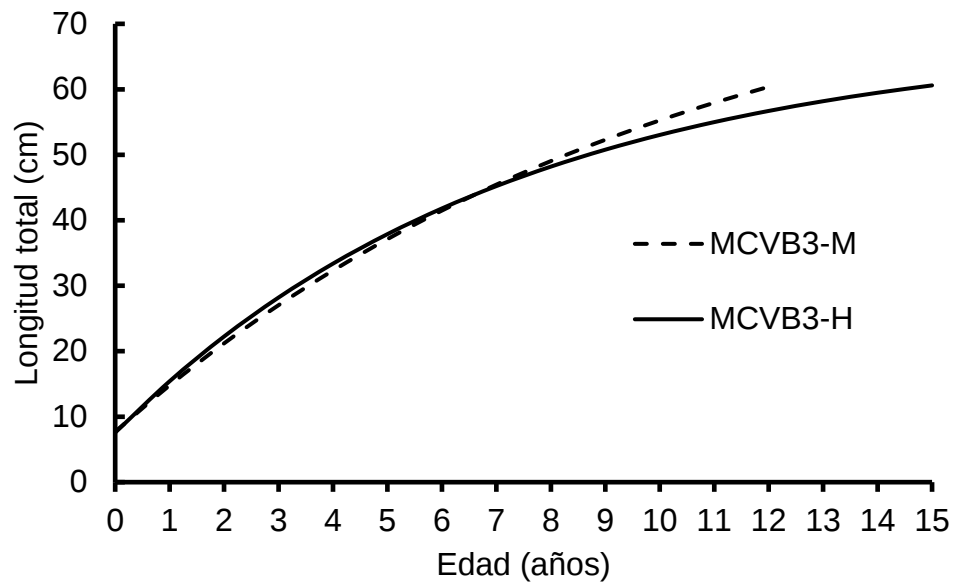


Figura 18.- Modelo de crecimiento de von Bertalanffy de tres parámetros para machos y hembras de *M. rosacea* en Santa Rosalía, BCS, de marzo del 2014 a mayo del 2015 (n=312).

Para determinar si existían diferencias debidas al sexo, se comparó la tasa de crecimiento derivada de la estimación del MCVB3 (Fig. 19) y se realizó la prueba estadística F de pendientes y elevaciones ($F_{\text{Pendiente}} (1, 23) = 0.04$ y $F_{\text{Elevación}} (1, 23) = 0.79$, $p > 0.05$), la cual nos señaló que no se presentaron diferencias significativas.

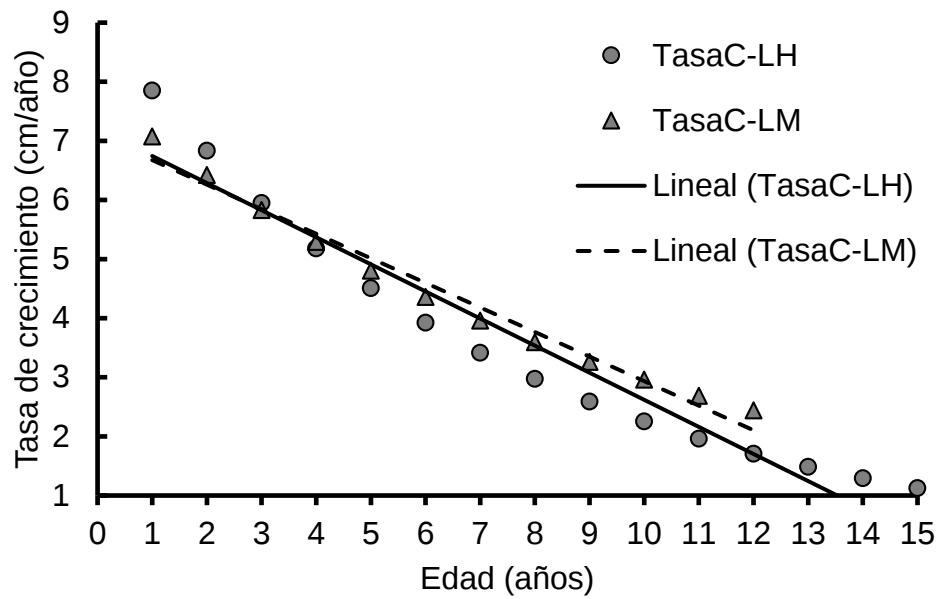


Figura 19.- Comparación de la tasa de crecimiento entre años, para machos (TasaC-LM) y hembras (TasaC-LH) de *M. rosacea* en Santa Rosalía, BCS. De marzo del 2014 a mayo del 2015 (n=312).

Derivado de que no se detectaron diferencias en el crecimiento individual debidas al sexo, este se estimó utilizando todos los datos (machos, hembras, hermafroditas y no sexados). El modelo que presentó el mejor ajuste fue MCVB3 (menor valor del AIC y $\Delta_i=0$, Tabla VI). Esto implicó que este modelo en términos netos representó el 100% de la información para describir el crecimiento de *M. rosacea*. El resto de los modelos se comportaron de manera muy semejante que al estimar el crecimiento para machos y hembras. Los modelos de dos parámetros se anclaron a la intercepción 0,0 debido a la L_0 , y los modelos MCG3 y MCL3 sobreestimaron el valor inicial de los datos retrocalculados (Fig. 20).

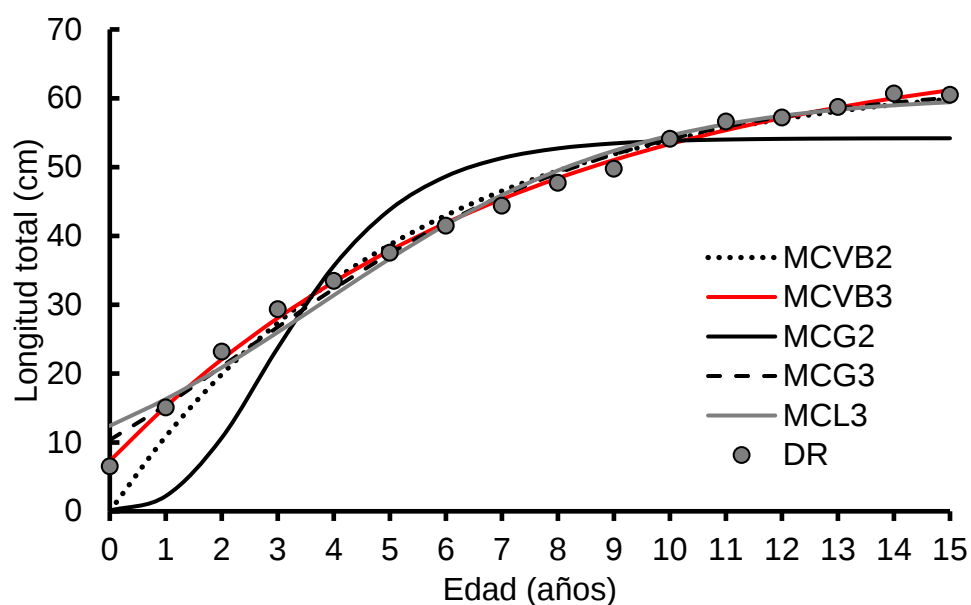


Figura 20. Modelos de crecimiento individual ajustados a los datos edad-talla retrocalculada (DR) de todos los organismos de *M. rosacea* en Santa Rosalía, BCS, de marzo del 2014 a mayo del 2015 (n=341).

Tabla VI. Parámetros de los modelos de crecimiento, así como los resultados del criterio de información de Akaike para todos los datos de *M. rosacea* en Santa Rosalía, BCS.

Modelos	L_{∞}	K	t_0	AIC	Δi	$\exp(-05 \Delta i)$	W_i
MCVB-2	63.72	0.19		101.86	65.83	5.1e-15	5.1e-13
MCVB-3	69.19	0.14	-0.82	36.03	0	1	99.99
MCG-2	54.21	0.68		161.65	125.62	5.3e-28	5.3e-26
MCG-3	62.71	0.25	-2.36	77.02	41.00	1.3e-9	1.3e-7
MCL-3	60.51	0.36	-3.79	96.81	60.78	6.3e-14	6.3e-12

8.11 Descripción del crecimiento individual

Al no identificarse diferencias en el crecimiento individual entre machos y hembras, la descripción del crecimiento se realizó con el mejor modelo de acuerdo al AIC (MCVB3, $L_{\infty} = 69.19$ cm, $k = 0.14$ año⁻¹ y $t_0 = -0.82$ años). En la figura 21 se observa que a los 1.6 años, la especie en Santa Rosalía, BCS, alcanzó el 30% de su longitud asintótica, a los 3.8 años el organismo ya registró el 50% de su longitud máxima, por lo que en los primeros años el organismo creció de manera acelerada, a los ocho años obtuvo el 75% de su longitud asintótica.

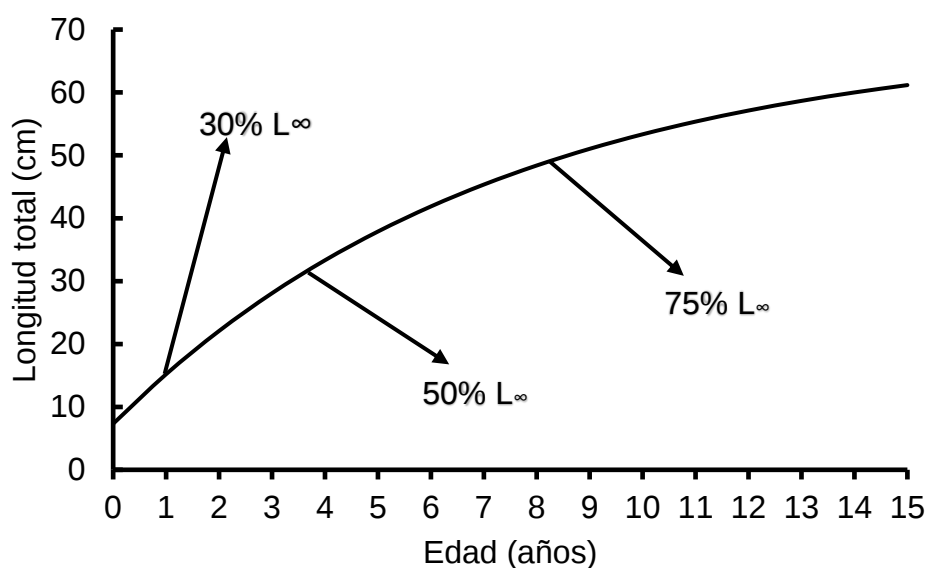


Figura 21.- Modelo de crecimiento de von Bertalanffy a los datos edad-talla retrocalculada, para *M. rosacea* en Santa Rosalía, BCS, de marzo del 2014 a mayo del 2015 (n=341).

8.12 Estimación de la mortalidad

Para estimar Z , se utilizaron los datos de la estructura de edades, con la abundancia de los organismos a partir del grupo de edad tres, esto se realizó por sexos separados y en conjunto. En la tabla VII se muestran los valores de las mortalidades estimadas (total, por pesca y natural), para los machos, hembras y con los datos combinados. El valor más alto de Z y de F fue el de los sexos combinados, mientras que el valor más alto de M lo presentaron los machos.

Tabla VII. Estimación de la mortalidad natural (M), la mortalidad por pesca (F) y la mortalidad total (Z), para machos, hembras y sexos combinados de *M. rosacea* en Santa Rosalía, BCS.

	Machos	Hembras	Combinados
M	0.32	0.26	0.27
F	0.07	0.11	0.15
Z	0.39	0.37	0.42

9. DISCUSIÓN

9.1 Muestreo

Las mayores capturas para esta especie se reportan entre los meses de marzo a mayo (Díaz-Uribe *et al.*, 2001; Erisman *et al.*, 2007), esto concuerda con lo encontrado en el presente estudio, en donde el mes con mayor presencia de organismos fue abril disminuyendo para el mes de mayo. Se ha señalado que la abundancia más alta concuerda con la temporada reproductiva, que puede presentarse en los meses de marzo a junio, aunque varía dependiendo de la localidad (Erisman *et al.*, 2007; Erisman *et al.*, 2008; Estrada-Godínez, 2012).

Con respecto a la proporción sexual para el género *Mycteroperca*, se ha reportado una mayor proporción de hembras con respecto de los machos, por ejemplo, para *M. phenax*, Harris *et al.* (2002) reportaron que para el noreste del Golfo de México en el periodo de 1979-1989 se encontró una proporción sexual de 2.5 H:1 M, mientras que para el periodo de 1990-1997 se reportó una proporción de 4.5 H:1 M. Coleman *et al.*, (1996) informaron una disminución para esta misma especie del 34% al 21% de los machos, en donde la mayor disminución se observó en la década de 1980, señalan que dicha disminución se podría deber a la presión pesquera particularmente cuando se formaban las agregaciones sexuales.

Para *M. microlepis*, Collins *et al.* (1987) encontraron una proporción sexual de 6H:1M, mientras que Hood & Schlieder (1992) reportaron una proporción de 15 H:1 M para la misma especie. McGovern *et al.* (1998) mencionaron que la proporción sexual para *M. microlepis* disminuyó del 20% al 6% de los machos en el Océano Atlántico frente a la costa sureste de los Estados Unidos. La proporción sexual encontrada en este estudio estuvo dominada por las hembras (2 H:1 M), lo cual ha sido reportado por diversos autores para esta especie (3.6 H:1 M Estrada-Godínez, 2012; 2 H:1 M, Pérez-Olivas *et al.*, 2018). Aunque no se ha señalado una razón en específico de la mayor cantidad de hembras, se podría decir que es una generalidad para este género.

9.2 Estructura de talla y de peso.

El intervalo de tallas reportado en el presente estudio (21-74 cm LT) se encuentra dentro de las tallas reportadas por Erisman *et al.* (2008) para Bahía de Los Angeles, BC y Loreto, BCS (10-80 cm LT) y por Díaz-Urbe *et al.* (2001) en el área de Bahía de La Paz en el periodo 1991-1992 (28-97 cm LT). Las diferencias en las tallas pueden deberse a que las muestras fueron obtenidas por distintos artes de pesca, al esfuerzo de muestreo y al área de estudio (Fig. 22).

En el estudio de Díaz-Urbe *et al.* (2001), las muestras se obtuvieron de la pesca comercial, a través de líneas de mano (piola y anzuelo), en un área mucho mayor, además de que la actividad comercial tiene como objetivo para esta especie, capturar a los organismos más grandes. De igual manera el esfuerzo de pesca (muestreo) no depende de un individuo (buzo), sino de una serie de anzuelos que operan durante varias horas al día, todos los días de la semana.

En el caso de Erisman *et al.* (2008) se utilizaron arpones, anzuelos y peces provenientes de colecciones, así como ejemplares proporcionados por pescadores recreacionales, lo que quizás permitió obtener organismos más pequeños que los del presente estudio. Mientras que en el presente estudio se utilizó un arpón tipo hawaiano y fue a partir de buceo en apnea, por lo que los organismos < 20 cm LT no se capturaron. Por otro lado, el esfuerzo de muestreo fue reducido, pues las capturas solo se realizaron por un buzo por alrededor de seis horas al día.

A pesar de que las hembras presentaron tallas mayores, estadísticamente el sexo no fue una fuente de variación en la talla. Erisman *et al.* (2008) señaló que no hay diferencias en las tallas debidas a los sexos, aunque Estrada-Godínez (2012) reportó que los machos presentaron mayores tallas que las hembras. Pérez-Olivas (2016) documentó que estas diferencias en las tallas no implican que la especie presente dimorfismo sexual.

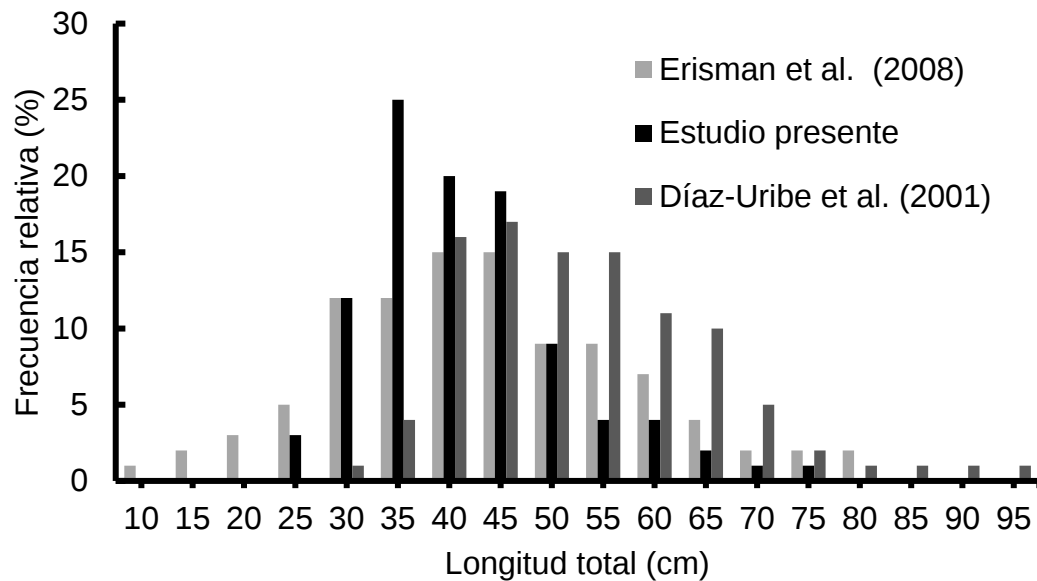


Figura 22.- Distribución de tallas de *M. rosacea* para la zona de Santa Rosalía (estudio presente), Bahía de los Ángeles y Loreto (Erisman *et al.*, 2008) y para Bahía de la Paz BCS (Díaz-Urbe *et al.*, 2001).

9.3 Relación entre el peso y la talla

La función que relaciona el peso con la talla de los organismos es necesaria para convertir a pesos las medidas de las longitudes registradas en el campo, y los datos de peso obtenidos en las capturas comerciales a longitudes. Esto es muy útil para examinar los patrones en la condición corporal o robustez de los peces (Uchiyama & Boggs, 2006). También sirve para transformar los modelos de crecimiento en longitud, a modelos de crecimiento en peso.

La relación entre el peso y la longitud para *M. rosacea* fue isométrica y no presentó diferencias entre machos y hembras. Lo cual coincidió con lo reportado por Díaz-Urbe *et al.* (2001). Lo anterior implica que a un incremento en talla le corresponde un incremento en peso en la misma proporción.

9.4 Preparación de los otolitos

Manooch (1987), Díaz-Urbe *et al.* (2001), Harris *et al.* (2002) y Bustos *et al.* (2009), estimaron la edad para diferentes especies del género *Mycteroperca*, con base en las

lecturas de las marcas de crecimiento presentes en otolitos, para lo cual dichas estructuras fueron “quemadas” para hacer más evidentes las marcas. En el presente estudio las marcas de crecimiento fueron evidentes en la superficie de los otolitos, por lo que se decidió que no era necesario quemarlos y en su lugar se utilizó un programa para mejorar digitalmente las imágenes de los otolitos. Lo anterior puede deberse a diversos factores, el equipo utilizado para las lecturas (microscopio, fuentes de iluminación, etc.), así como a la propia utilización de las imágenes digitales.

El uso de imágenes digitales para la estimación de edad tiene diversas ventajas, asegura la disponibilidad a largo plazo de las estructuras, facilita los intercambios con otros laboratorios y simplifica la capacitación de los lectores. Además, la utilización de “capas” que pueden activarse y desactivarse, permite interpretar la imagen con o sin anotaciones. Las imágenes digitales también se pueden publicar en la Web, lo que ayuda a estandarizar las interpretaciones de edad entre otros laboratorios (Campana, 2001). Por otro lado, mediante el uso de software de análisis de imágenes podemos mejorar las imágenes de los otolitos y realizar diversas tareas analíticas y cuantitativas, como la medición de distancias entre las marcas en el otolito y retrocalcular la longitud a la marca de crecimiento.

9.5 Relación entre el radio del otolito y tamaño del organismo

La relación entre el radio del otolito y el tamaño del organismo fue potencial y significativa, sin que se viera afectada por el sexo. Díaz-Urbe *et al.* (2001) también reportaron una relación potencial y significativa. Lo anterior señala que existe una proporcionalidad entre ambas variables, lo que permite llevar a cabo estimaciones de longitudes pretéritas con base en las distancias existentes entre las marcas de crecimiento.

Por otro lado, el que el modelo potencial se haya ajustado de mejor manera a los datos RT-LT, nos indica que la talla del organismo se incrementa en mayor proporción que el tamaño del otolito. Esto implica que en determinado momento el otolito dejaría de aumentar en longitud e incrementaría su grosor. Díaz-Urbe *et al.* (2001), señalaron que no hay criterios precisos en donde se especifique el nivel crítico en el que la

alometría afecta negativamente la estimación de la edad. Los valores obtenidos de la pendiente por Díaz Uribe *et al.* (2001) y en el presente estudio fueron similares ($b=1.57$ y $b=1.656$, respectivamente) y en ambos trabajos no tienen efecto en la lectura de las marcas de crecimiento, pues aún en los organismos “más viejos”, las marcas se pudieron contar y medir la distancia entre ellas.

9.6 Estimación de la periodicidad de formación de las marcas de crecimiento

De acuerdo con Williams & Bedford (1973), si las marcas de crecimiento se depositan periódicamente, es posible evaluar lo anterior con base en la relación de tipos de bordes (opacos o translúcidos) en el otolito. El análisis de bordes en las estructuras duras registra la presencia de zona opaca o translúcidas y el cambio en la frecuencia relativa de cada borde se traza a lo largo de meses será igual a un año en los anillos verdaderos (Campana, 2001). En diversos estudios se ha señalado que las marcas de crecimiento presentes en los otolitos de varias especies del género *Mycteroperca* presentan una periodicidad anual, reconociendo que una banda opaca adyacente a una translúcida forma una marca de crecimiento anual (Hood & Schlieder, 1992; Díaz-Uribe *et al.*, 2001; Harris *et al.*, 2002; Seca-Chablé, 2012; Burton *et al.*, 2015; Usseglio *et al.*, 2015).

De manera particular para esta especie, Díaz Uribe *et al.* (2001) estimaron una periodicidad anual y relacionaron la formación de las marcas con la TSM, señalando que las bandas opacas se depositan entre el verano y otoño y las hialinas (translúcidas) en invierno primavera. En nuestro caso encontramos lo inverso, bandas translúcidas en la temporada cálida y opacas en la fría. Lo anterior puede deberse a varios factores, a los criterios establecidos para la identificación de las marcas de crecimiento, a la zona, a la fuente de iluminación y a la refracción de la luz, a la dificultad de asignar el tipo de borde en los organismos de mayor edad, así como a los cambios de temperatura, a sus tasas de alimentación o disponibilidad de alimento durante todo el año, a sus variaciones en el metabolismo y a los gastos de energía producto de la actividad de desove.

Pérez-Olivas *et al.* (2018) reportaron que la temporada de reposo reproductivo para esta especie comienza a partir del mes de julio cuando la TSM es la más alta en el año, esto concuerda con los máximos porcentajes de bordes translucidos.

9.7 Estructura de edades

Nuestras estimaciones de edad fueron menores a las reportadas por Díaz-Uribe *et al.* (2001) para Bahía de La Paz, BCS, quienes encontraron individuos de hasta 21 años, además, las estructuras de edades de ambos estudios tendieron a ser diferentes, ya que los grupos de edad 1-5 representan el 64% (este estudio) y 43% para el primero. Los individuos de 6-10 años, para Díaz Uribe *et al.* (2001) acumularon el 54 % y para la zona de Santa Rosalía, solo el 32%. En las dos zonas, los individuos mayores a 10 años fueron muy escasos, ya que aportaron alrededor del 3% de las muestras (Fig. 23). Estas diferencias pueden deberse principalmente, al intervalo de tallas analizados, a las zonas de muestreo, así como a los años de estudio. Por otro lado, para *M. microlepis* en la costa suroriental de EUA, se estableció que la pesquería comercial removió en un periodo de 20 años a los peces más grandes de la población explotada (Harris & Collins 2000). En el caso de *M. rosacea*, pudiéramos tener un efecto similar, en donde la pesca artesanal ha capturado a los organismos más grandes, a lo largo de los años con lo que se ha reducido el intervalo de tallas y edades, haciendo que los grupos de edad más pequeños, presenten mayor abundancia en las muestras.

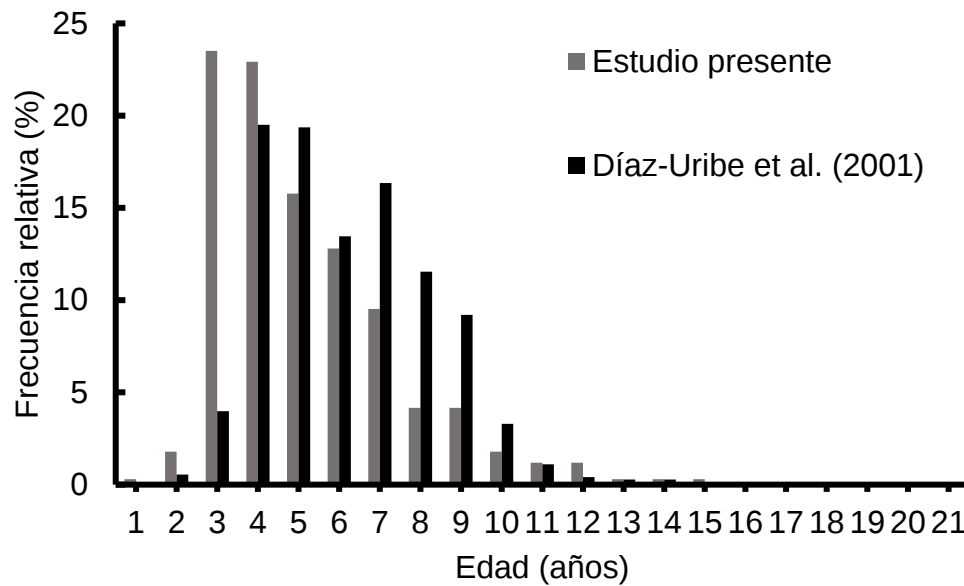


Figura 23. Estructuras de edades para *M. rosacea* capturadas en Santa Rosalia BCS (estudio presente) y para Bahía de La Paz BCS (Díaz-Urbe *et al.*, 2001).

9.8 Estimación del crecimiento individual

Se han propuesto varios modelos para estimar el crecimiento promedio de los peces en una población, algunos de ellos basados en relaciones empíricas, mientras que otros, se fundamentan en bases teóricas y son descritos por ecuaciones diferenciales que vinculan los procesos anabólicos y catabólicos (Katsanevakis, 2006). El modelo más estudiado y comúnmente aplicado para estimar el crecimiento es el modelo de von Bertalanffy. Sin embargo, para muchas especies acuáticas, otros modelos como el de Gompertz o el modelo logístico describen de mejor manera el crecimiento absoluto (Katsanevakis & Maravelias, 2008). Por lo anterior, utilizamos el enfoque multimodelo para evaluar el ajuste a nuestros datos de diferentes modelos, en lugar de una selección *a priori*, con base en el AIC, lo que permite seleccionar el modelo que mejor se ajusta, el cual presenta una mayor plausibilidad biológica y estadística. El AIC ordena jerárquicamente el modelo según su ajuste a los datos, permite obtener parámetros promedio de los modelos evaluados (Burnham & Anderson, 2002).

De acuerdo con el AIC, de los cinco modelos analizados, solo el MCVB de tres parámetros, mostró valores adecuados de los ajustes a los datos de talla

retrocalculada a la edad. Los otros cuatro modelos (MCVB2, MCG2, MCG3 y logístico), no presentaron soporte estadístico para describir el crecimiento de *M. rosacea* en Santa Rosalía, BCS.

Por otro lado, el crecimiento individual involucra un cambio entre peso (masa) en un período determinado. El MCVB en talla, fue desarrollado bajo el supuesto de que los individuos crecen isométricamente, esto es, que mantienen la misma forma durante el período de crecimiento. Esto ocurre sí el cambio en la masa o superficie respiratoria debido al crecimiento es proporcional al cambio de longitud, ya sea en cubo (masa) o al cuadrado (superficie). El valor de $b = 3.03$ de *M. rosacea* en el intervalo de tallas analizado, no es significativamente diferente de 3, por lo que la elección del MCVB para esta especie es el más adecuado.

En diversas especies del género *Mycteroperca* se ha establecido que existen diferencias entre los sexos, derivado de la característica de hermafroditismo (protogínico) que presentan, sin embargo, las estimaciones del crecimiento no consideran a los sexos por separado. La comparación de las tasas de crecimiento de machos y hembras de *M. rosacea*, evidenció que no hay diferencias notables entre ellos, por lo que los datos se analizaron en su conjunto.

De manera general se ha señalado que las especies del género *Mycteroperca* son peces que presentan crecimiento lento, longevidad elevada y tasas de mortalidad natural bajas. La edad máxima de estas especies excede los 10 años, con tasas de crecimiento instantáneas que varían entre los valores de 0.05 a 0.3 año⁻¹ (Manooch, 1987).

Se comparó el resultado obtenido de los datos combinados del estudio presente con cinco especies del mismo género (Hood & Schlieder, 1992; Harris *et al.*, 2002; Seca-Chablé, 2012; Burton *et al.*, 2015; Usseglio *et al.*, 2015). Los valores de los parámetros obtenidos en el estudio presente están dentro de los esperados para el género, aunque dentro de las seis especies, *M. rosacea* es la primera en alcanzar la asíntota (Tabla VIII). De acuerdo con estos resultados, *M. rosacea* en Santa Rosalía, BCS, sería la especie con el crecimiento más acelerado, alcanzando las tallas más pequeñas y con el estimado de edad menor.

Tabla VIII.- Comparación de los parámetros de crecimiento del modelo MCVB3 para las distintas especies de *Mycteroperca*.

Especie	L_{∞} (cm)	k (años ⁻¹)	t_0 (años)
<i>M. microlepis</i> (Hood & Schlieder, 1992)	119.00	0.17	-0.62
<i>M. phenax</i> (Harris <i>et al.</i> , 2002)	86.40	0.12	-3.15
<i>M. venenosa</i> (Burton <i>et al.</i> , 2015)	95.80	0.11	--2.94
<i>M. bonaci</i> (Seca-Chablé, 2012)	138.40	0.12	-0.07
<i>M. olfax</i> (Usseglio <i>et al.</i> , 2015)	119.10	0.07	-2.33
<i>M. rosacea</i> (Díaz-Uribe <i>et al.</i> , 2001)	122.00	0.07	-1.24
<i>M. rosacea</i> (Estudio presente)	69.19	0.14	-0.82

Al comparar nuestros resultados ($L_{\infty} = 69.19$ cm, $k = 0.14$ año⁻¹ y $t_0 = -0.82$ años) con los de Díaz-Uribe *et al.* (2001) para Bahía de La Paz ($L_{\infty} = 122$ cm, $k = 0.067$ año⁻¹ y $t_0 = -1.24$ años), las diferencias son evidentes (Fig. 24), lo cual es debido al intervalo de tallas analizadas, así como a la talla promedio por grupo de edad. Por otro lado, se ha señalado que las estimaciones de los modelos de crecimiento se ven afectados por la estructura de edades obtenidas (ausencia de individuos jóvenes o viejos) (Cailliet & Goldman 2004). Además, se reconoce que el crecimiento de los peces cambia a lo largo de su desarrollo ontogénico, debido a crisis o discontinuidad en el desarrollo, a la madurez, a cambios en el comportamiento y modificaciones en el hábitat (Ricker 1975).

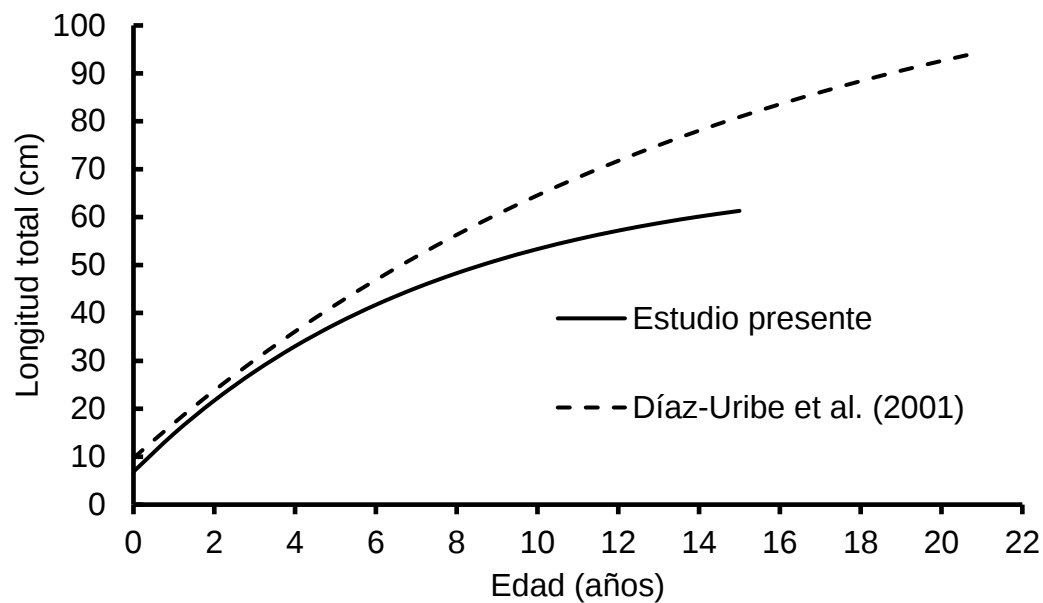


Figura 24.- Comparación de los ajustes de los modelos MCVB3 para el estudio presente y el estudio de Díaz-Urbe *et al.* (2001).

Caicedo *et al.* (2006), señalaron para *Lutjanus peru* en el Océano Pacífico colombiano, que las principales diferencias entre tres estimaciones de crecimiento para esa especie se deben a los distintos intervalos de tallas, derivados de la utilización de artes de pesca diferentes, advierten que los factores ambientales pueden ser otro factor, y que posiblemente sean poblaciones diferentes. Por lo que se asume que las diferencias entre el estudio presente con respecto al estudio de Díaz-Urbe *et al.* (2001) se deben a los distintos artes de pesca. Además, es posible suponer sean poblaciones diferentes o que los factores ambientales provocan estos cambios en las tallas, pero sin evidencias, no se puede asumir ninguno de estos casos.

9.9 Estimación de la mortalidad

Para estimar M , se utilizan diferentes modelos empíricos. Cada uno de estos modelos conlleva a una variación en los resultados sobre una misma especie, por lo que dichas variaciones afectan la evaluación del recurso (Simpfendorfer, 1999). Los modelos más utilizados son los propuestos por Beverton & Holt (1957), Rikther & Efanov (1976), Hewitt & Hoenig (2005) y Jensen (1996). El modelo propuesto por

Beverton & Holt (1957) supone que las especies con un crecimiento lento no pueden compensar una M alta, por lo que podrían desaparecer rápidamente.

El modelo de Rikther & Efanov (1976) se basa en el supuesto de que los peces con una M alta maduran precozmente, por lo que existe una relación entre la M y la edad de primera madurez. El modelo de Hewitt & Hoenig (2005) parte del supuesto de que al menos el 5% de una población llega a alcanzar la edad máxima observada. Por otro lado, el modelo de Jensen (1996) utiliza tres diferentes variantes para determinar la relación entre los parámetros de historia de vida de un organismo y su M .

El modelo que se utilizó en este estudio fue el de Rikhter & Efanov (1976), ya que es uno de los más utilizados cuando se tiene la edad en la que el 50% de la población es sexualmente madura. Pérez-Olivas *et al.* (2018) reportó una talla de madurez sexual de 40.8 cm LT para sexos combinados, 37.31 cm LT para machos y 42.44 cm LT para hembras. Al relacionar estos datos con las edades obtenidas en el presente estudio, se obtuvo una edad de primera madurez, sin considerar el sexo, de 5.8 años, mientras que para los machos fue de 4.97 años y para las hembras de 6.1 años. Lo anterior sugiere que las medidas de manejo deberían de tomar en consideración las tallas y edades de primera madurez reportadas, para su lograr una explotación sustentable y garantizar la perdurabilidad de esta actividad económica.

Para *M. microlepis* se reportó una $M=0.15$ (Potts & Manooch, 1998), el cual es el mismo valor que para *M. phenax* (Manooch *et al.*, 1998), muy similar al valor señalado para *M. venenosa* ($M=0.14$, Burton *et al.*, 2015). Estos autores concluyen con base en los valores de M , que las poblaciones de *Mycteroperca* no presentan sobreexplotación. A pesar de que el valor de M del estudio presente ($M=0.27$), es superior a lo señalado previamente, no podemos sugerir que esto sea derivado de una sobreexplotación, ya que como se indicó, la fórmula de Rikhter & Efanov (1976) relaciona la edad de madurez y mientras menor sea esta edad, la mortalidad natural será mayor.

Al estimar los valores de mortalidad total (Z) con base en la estructura de edades reportada por Díaz-Uribe *et al.* (2001), se obtuvo una $Z=0.4$, la cual es muy semejante

a la encontrada en nuestro estudio ($Z=0.42$), se podría señalar que no se observan evidencias de que el recurso se encuentre sobreexplotado.

Al comparar los valores obtenidos de mortalidad por pesca en el estudio presente ($F=0.15$), con los valores reportados de una especie de la misma familia (*Epinephelus morio*, mero rojo) para el Golfo de México ($F=0.25$), la cual se encuentra sobreexplotada (DOF, 2014), se observó que la mortalidad por pesca para *M. rosacea* es menor, lo que podría implicar que esta especie no se encuentre sobreexplotada.

Cabe señalar que a pesar de haber estimado los valores de M , F y Z no es posible aseverar el estado de explotación que guarda esta especie, por lo que es necesario realizar un estudio para obtener el valor de la tasa de explotación y conocer el tamaño poblacional de *M. rosacea* en Santa Rosalía BCS.

10. CONCLUSIONES

- Las estructuras de talla y peso no presentaron diferencias debidas al sexo., en el intervalo de 21-74 cm LT de 120-5560 g PT.
- La ganancia de peso con respecto de la talla siguió un patrón isométrico, esto es el peso se incrementó en la misma proporción que la talla.
- El otolito fue una estructura idónea para la estimación de la edad y la descripción del crecimiento de *M. rosácea* y el mejoramiento digital de las imágenes de los otolitos mejoró la precisión de la estimación de la edad.
- La periodicidad de las marcas de crecimiento fue anual y se relacionó con la temperatura superficial del mar y el periodo reproductivo.
- La estructura por edades fue de 1-15 años, encontrándose 14 grupos de edad, no se encontraron diferencias significativas entre machos y hembras.
- El modelo más adecuado para estimar el crecimiento de *M. rosacea* fue el de von Bertalanffy de tres parámetros y no se encontraron evidencias que este se vea afectado por el sexo.
- *M. rosacea* en Santa Rosalía, BCS es una especie con valores de longevidad, crecimiento y mortalidad promedios.

11. LITERATURA CITADA

- Aburtó-Oropeza O., B. Erisman, V. Valdez-Ornelas, G. D. Danemann, E. Torreblanca-Ramírez, J. T. Silva-Ramírez & G. Ortuño-Manzanares. 2008. Serránidos de importancia comercial del Golfo de California: Ecología, pesquerías y conservación. *Ciencia y Conservación*. 2008 (1):1-23.
- Andersen, C. & D. Pauly. 2006. A comparison of growth parameters of Australian marine fishes north and south of 28° South. En: Palomares M. L. D., Stergiou K. I. y D. Pauly (Eds.). *Fishes in Databases and Ecosystems*. Fisheries Centre Research Reports. Fisheries Centre, University of British Columbia. 14: 65-68.
- Allen G. R. & D. R. Robertson. 1998. *Peces del Pacífico Oriental Tropical*. CONABIO, Agrupación Sierra Madre y CEMEX, Ciudad de México 327 pp.
- Álvarez-Borrego, S. 1983. *Ecosystems of the World: Estuaries and enclosed seas*. Elsevier Scientific Publishing. Gulf of California. 427-449. En: B. H. Ketchum (ed.). 1983. Company. Holanda. 500 pp.
- Álvarez-Borrego, S. & J. R. Lara-Lara. 1991. The physical environment and productivity of the Gulf of California. En: Dauphin, J.P. y B. Simoneit (Eds.), *The Gulf and Peninsular Province of the Californias*. *American Association of Petroleum Geologists*. Mem., 47: 555-567.
- Beamish R. J. & D. A. Fournier. 1981. A method for comparing the precision of a set of age determinations. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 38: 982-983.
- Beverton, R. J. H. & S. J. Holt. 1957. On the dynamics of exploited fish populations. *Fishery Investigations*, Great Britain, Ministry of Agriculture and Fisheries and Food, (Ser. 2), 19: 533 pp.
- Beverton, R. J. H. & S. J. Holt, 1959. A review of the lifespans and mortality rates of fish in nature, and their relation to growth and other physiological characteristics. *Ciba Found. Symp. on the Lifespan of Animals*, Londres, pp. 142-177.
- Bray, N. A. & J. M. Robles. 1991. Physical oceanography of the Gulf of California. En: Dauphin, J. P. y B. Simoneit (Eds.), *The Gulf and Peninsular Province of the Californias*. *American Association of Petroleum Geologists*. Mem., 47: 511-553.
- Burnham, K. P. & D. R. Anderson. 2002. *Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach*. 2a Ed. Springer-Verlag, New York, 488 p.
- Burton M. L., J. C. Potts & D. R. Carr. 2015. Age, growth, and natural mortality of yellowfin grouper (*Mycteroperca venenosa*) from the southeastern United States. *PeerJ* 3: e 1099; DOI 10.7717/peerj.1099.
- Bustos, R., A. Luque & J. G. Pajuelo 2009. Age estimation and growth pattern of the island grouper, *Mycteroperca fusca* (Serranidae) in a island population on the northwest coast of África. *SCI. MAR.*, 73(2): 319-328 pp.
- Caddy, J. F. & R. Mahon. 1996. Puntos de referencia para la ordenación pesquera. *FAO, Documento Técnico de Pesca* 347.

- Campana, S. E. 2001. "Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods." *Journal of Fish Biology* 59(2): 197-242.
- Campana, S. E. 2013. Age Determination of Elasmobranchs, with Special Reference to Mediterranean Species: A Technical Manual. Studies and Reviews. General Fisheries Commission for the Mediterranean. Rome 94: 37.
- Caicedo J. A., E. A. Rubio, L. A. Zapata & A. Giraldo 2006. Estimación del crecimiento de *Lutjanus peru* (Pisces: Lutjanidae) basado en capturas artesanales experimentales realizadas en el Parque Nacional Natural Gorgona y su área de influencia, océano Pacífico colombiano. *Invest. Mar.*, Valparaíso, 34(2): 163-168 p.
- Cailliet, G. M. & K. J. Goldman. 2004. Age determination and validation in chondrichthyan fishes. En: J. Carrier, J. A. Musick y M.R. Heithaus (eds.). *Biology of sharks and their relatives*. CRC Press LLC, Boca Raton, FL., 399-447 pp.
- Cailliet, G. M., W. D. Smith, H. F. Mollet & K. J. Goldman. 2006. Age and Growth Studies of Chondrichthyan Fishes: The Need for Consistency in Terminology, Verification, Validation, and Growth Function Fitting. *Environmental Biology of Fishes* 77: 211-28.
- Carlson, J. K. & K. J. Goldman. 2006. Special Issue: Age and Growth of Chondrichthyan Fishes: New Methods, Techniques and Analysis. *Environmental Biology of Fishes*. Vol. 77.
- Chang, W. Y. B. 1982. A statistical method for evaluating the reproducibility of age determination. *Canadian Journal of fisheries and Aquatic Sciences*. 39: 1208-1210.
- Chapman D. & D. Robson. 1960. The analysis of a catch curve. *Biometrics* 16 (3): 354-368.
- Coleman, F. C., C. C. Koenig & L. A. Collins. 1996. Reproductive styles of shallow-water groupers (Pisces:Serranidae) in the eastern Gulf of Mexico and the consequences of fishing spawning aggregations. *Env. Biol. Fish.* 47: 129-141.
- Collins, M. R., S. B. Van Sant and D. J. Schmidt. 1990. Age validation of tag recaptured reef fish off South Carolina. Page 73 in 70th Annual Meeting of the American Society of Ichthyologists and Herpetologists, (Abstract.)
- CONAPESCA. 2013. Anuario estadístico de Acuacultura y Pesca 2013. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca. México. 299 pp.
- Crabtree R. E. & L. H. Bullock. 1998. Age, growth, and reproduction of black grouper, *Mycteroperca bonaci*, in Florida Waters. Florida Marine Research Institute, Departement of Environmental Protection, St. Petersburg, Florida. *Fishery Bulletin* 96(4): 735-753.
- Díaz-Urbe, J. G., J. F. Elorduy-Garay & M. T. González-Valdovinos. 2001. Age and growth of the leopard grouper *Mycteroperca rosacea* in the southern Gulf of California, México. *Pacific Science*. 55: 171-182.
- DOF. 2014. Plan de Manejo Pesquero de Mero (*Epinephelus morio*) y especies asociadas en la Península de Yucatán. 25 de noviembre del 2014. SAGARPA. 76 p.

- Ehrhardt, N. M. 1981. Curso sobre métodos de evaluación de recursos y dinámica de poblaciones. Tercera parte. Parámetros Poblacionales. FAO-CICIMAR. La Paz. BCS, México, 134 pp.
- Erisman, B. E., M. L. Buckhorn & P. A. Hastings. 2007. Spawning patterns the leopard grouper, *Mycteroperca rosacea*, in comparison with other aggregating groupers. *Mar. Biol.* 151: 1849-1861 pp.
- Erisman, B. E., J. A. Rosales-Casián & P. A. Hastings. 2008. Evidence of gonochorism in a grouper, *Mycteroperca rosacea*, from the Gulf of California, Mexico. *Enviro. Biol. Fish.* 82: 23–33.
- Estrada-Godínez, J. A., M. Maldonado-García, V. Gracia-López & M. Carrillo. 2011. Reproductive cycle of the leopard grouper *Mycteroperca rosacea* in La Paz Bay, México. *Cien. Mar.* 37 (4): 425-441 pp.
- Estrada-Godínez, J. A. 2012. Ciclo reproductivo y composición bioquímica de la cabrilla sardinera, *Mycteroperca rosacea* (Streets, 1877), en el medio natural. Tesis de doctorado. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. 132 p.
- Fischer W., F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K. E. Carpenter & V. H. Niem. 1995. Guía de la FAO para la identificación de especies para fines de la pesca. Pacífico Centro-Oriental. Vol. III. Vertebrados (2). Roma, FAO. 1201-1813.
- Francis, R. I. C. C. 1990. Back-calculation of fish length: a critical review. *Journal of Fish Biology*, 36: 883-902.
- Godos, I. 2001. Patrones morfológicos del otolito *Sagitta* de algunos peces óseos del Mar Peruano. *Boletín del Instituto del Mar Perú*. 20, 1-83.
- González, L.W. 1977. Aspectos técnicos de preparación de otolitos para estudios de edad de algunas especies del género *Cynoscion* (Pisces: Sciaenidae). *Lagena*: 39-40: 43-48.
- Harris P. J. & M. R. Collins 2000. Age, growth and age at maturity of gag, *Mycteroperca microlepis*, from the southeastern United States during 1994-1995. *Bulletin of Marine Science*, 66(1): 105-117 pp.
- Harris P. J., D. M. Wyanski, D. B. White & J. L. Moore. 2002. Age, growth, and reproduction of scamp, *Mycteroperca phenax*, in the southwestern north Atlantic, 1979-1997. *Marine science*. 70(1): 113-132.
- Hewitt D. A. & J. M. Hoenig. (2005). Comparison of two approaches for estimating natural mortality rate based on longevity. *Fish. Bull*, 103, pp. 433-437.
- Hill, K. T., Cailliet G. M. & R. L. Radtke. 1989. A Comparative-Analysis of Growth Zones in 4 Calcified Structures of Pacific Blue Marlin, *Makaira nigricans*. *Fishery Bulletin*. 87: 829-43.
- Hobson, E. S. 1968. Predatory behavior of some shore fishes in the Gulf of California. *U.S. Fish Wildl. Serv. Res. Rep.*, 72:1-92.
- Hoening, J.M. 1983. Empirical use of longevity data to estimate mortality rates. *Fish. Bull.*, 82: 898-902.
- Hood P. B. & R. A. Schlieder 1992. Age, growth, and reproduction of gag, *Mycteroperca microlepis* (Pisces: Serranidae), in the Eastern Gulf of Mexico. *Marine science*. 51 (3): 337-352.

- IUCN 2016. 2016 IUCN Red List of Threatened Species. <www.iucnredlist.org>
- Ishiyama R. 1978. Reexamination of the age and growth of *Raja*. *Monthly Marine Science* (Japan), 10:3 188-194.
- Jensen A. 1996. Beverton and Holt life history invariants results from optimal trade-off of reproduction and survival. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 53 (4): 820-822.
- Katsanevakis, S. 2006. Modelling fish growth: model selection, multi-model inference and model selection uncertainty. *Fisheries Research* 81:229–235.
- Katsanevakis, S. & C. D. Maravelias. 2008. Modelling fish growth: multi-model inference as a better alternative to a priori using von Bertalanffy equation. *Fish and Fisheries*, 9:178-187.
- Linares-Aranda, M. 2003. Efecto de la temperatura y salinidad en el desarrollo embrionario en larvas de la cabrilla sardinera *Mycteroperca rosacea* (Streets, 1877). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS), La Paz, B.C.S., México, 76 pp.
- Manooch, C. S. 1987. Age and growth of snappers and groupers. *Tropical Snappers and Groupers: Biology and Fisheries Management*, Westview Press, Boulder, Colorado. Pages 329-373 in J. J. Polovina and S. Ralston (eds.).
- Manooch, C. S., J. C. Potts, M. L. Burton & P. J. Harris. 1998. Population assessment of the scamp, *Mycteroperca phenax*, from the southeastern United States. NOAA Tech. Mem. NMFSSEFSC-410. 57 pp.
- McGovern, J. C., D. M. Wyanski, O. Pashuk, C. S. Manooch II & G. R. Sedberry. 1998. Changes in the sex ratio and size at maturity of gag, *Mycteroperca microlepis*, from the Atlantic coast of the southeastern United States during 1976-1995. *Fish. Bull.* 96 (4): 797-807.
- Méndez-Tenorio, F. J. 2001. Análisis biológico pesquero del camarón *Litopenaeus stylirostris* y *Farfantepenaeus californiensis* en la parte central y sur del Golfo de California durante las temporadas de pesca de 1994/1995 y 1995/1996. Tesis de licenciatura. IPN, México. 82 pp.
- Morales-Nin, B. 1992. Determination of growth in bony fishes from otolith microstructure. *FAO Fisheries Technical Paper*. No. 322. Rome. FAO. 51 pp.
- Morison, A. K., Robertson, S. G. & Smith, D. G. (1998b). An integrated system for production fish aging: image analysis and quality assurance. *North American Journal of Fisheries Management* 18, 587–598.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1992. FAO. Documento técnico de pesca. Determinación del crecimiento de peces óseos en base a la microestructura de los otolitos. 58pp. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/006/t0529s/T0529S00.htm>
- Panfili, J., J. De Pontual, J. Troadec & P.J. Wright. 2002. *Manual of Fish Sclerochronology*. Ifremer-IRD coedition, Brest, France. 464 pp.
- Peláez-Mendoza, A. K. 1997. Hábitos alimenticios de la cabrilla sardinera *Mycteroperca rosacea* Streets, 1877 (Pisces: Serranidae) en la Bahía de La Paz

B.C.S. y zonas adyacentes. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, B.C.S., México, 71 pp.

- Pérez-Olivas, A. 2016. Biología reproductiva de la cabrilla sardinera (*Mycteroperca rosacea*, Streets 1877) en la zona costera de Santa Rosalía, B.C.S., México. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR-IPN), La Paz, B.C.S., México, 55 pp.
- Pérez-Olivas, A., M. S. Irigoyen-Arredondo., X. G. Moreno-Sánchez., M. T. Villalejo-Fuerte., L. A. Abitia-Cárdenas y O. Escobar-Sánchez. 2018. Reproductive biology of the leopard grouper *Mycteroperca rosacea* (Streets, 1877) in the coastal area of Santa Rosalía, BCS, Mexico"(1921). *Lat. Am. J. Aquat. Res.* En prensa.
- Pérez-Rojo, M. P. 2016. Hábitos alimentarios de la cabrilla sardinera *Mycteroperca rosacea* (Streets, 1877), en Santa Rosalía, BCS, México. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, La Paz, B.C.S., México, 65 pp.
- Potts, J. C. & C. S. Manooch, III. 1998. Population assessment of the gag, *Mycteroperca microlepis*, from the southeastern United States. Report to the South Atlantic Fishery Management Council, Charleston, South Carolina. 73 p.
- Ricker, W. E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull. Fisch. Res. Board Can.*, (191): 382
- Rickhter, V. A. & V. N. Efanov. 1976. On one of the approaches to estimation of natural mortality of fish populations. *International Commission for the Northwest Atlantic. Fisheries Research Document 76/VI/8: 1-12.*
- Robson D. & D. Chapman. 1961. Catch curves and mortality rates. *Transactions of the American Fisheries Society* 90 (2): 181-189.
- Salas, E., O. Aburto-Oropeza, M. Reza, G. Paredes & L. G. López-Lemus. 2004. Fishing down coastal food webs in the Gulf of California. *Fisheries* 29(3): 19-25.
- Seca-Chablé, E. 2012. Edad y crecimiento de la cuna bonaci *Mycteroperca bonaci* (Poey 1860) del Banco de Campeche, Yucatán. Tesis de licenciatura. Instituto Tecnológico Superior del Sur del estado de Yucatán. 81 pp.
- Simpfendorfer, C. A. 1999. Mortality estimates and demographic analysis for the Australian sharpnose shark, *Rhizoprionodon taylori*, from northern Australia. *Fish. Bull.* 97:978–986.
- Smith, L. & M. T. Craig. 2007. The Importance of Broad Taxonomic Sampling in the Search for the Placement of Serranid and Percid Fishes. *The American Society of Ichthyologists and Herpetologists*. 1:35-55.
- Sokal, R. & F. Rohlf. 1981. *Biometry*. Second edition. W.H. Freeman and Company. New York. 859 pp.
- Sparre, P. & S. Venema. 1998. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1- Manual. FAO. Documento Técnico de Pesca 306/1. Rev. 2: 1-635.
- Tanaka S. & K. Mizue. 1979. Age and growth of Japanese dogfish *Mustelus manazo* in the East China Sea. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, 45(1): 43 – 50.
- Trasviña-Carrillo, L. D. 2012. Isótopos estables de $\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^{13}\text{C}$ del calamar gigante *Dosidicus gigas* (Orbigny, 1835) capturado en Santa Rosalía, Baja California Sur,

- México. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, B.C.S., México, 65 p.
- Uchiyama, J. & C. Boggs. 2006 Length-weight relationships of dolphinfish, *Coryphaena hippurus*, and wahoo, *Acanthocybium solandri*: seasonal effects of spawning and possible migration in the central north pacific. Mar. Fish. Rev. 68 (1-4): 19-29.
- Usseglio P., A. M. Friedlander, E. E. DeMartini, A. Schuhbauer & P. Salinas de León. 2015. Age, growth and reproduction of the Galapagos sailfin grouper *Mycteroperca olfax* (Jenyns, 1840): an overdue and needed comprehensive baseline. PeerJ 3:e1270; DOI 10.7717/peerj.1270.
- Williams, T. & B. C. Bedford. 1973. The use of otoliths for age determination. In Bagenal, T B. Ed. The ageing of fish. Unwin Brothers, Surrey, England. 114-123 pp.