



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS



“EDAD Y CRECIMIENTO DE LA SIERRA DEL
PACÍFICO *Scomberomorus sierra* (JORDAN Y
STARKS, 1895), EN EL GOLFO DE
CALIFORNIA, MÉXICO”

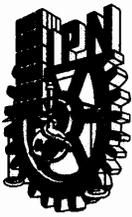
TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS
EN
MANEJO DE RECURSOS MARINOS

PRESENTA

SANDRA PATRICIA MEDINA GÓMEZ

LA PAZ, B.C.S., OCTUBRE DE 2006.



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 11:00 horas del día 31 del mes de Agosto del 2006 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 de grado titulada:

"EDAD Y CRECIMIENTO DE LA SIERRA DEL PACÍFICO *Scomberomorus sierra*
(JORDAN Y STARKS, 1895), EN EL GOLFO DE CALIFORNIA, MÉXICO"

Presentada por el alumno:

MEDINA

Apellido paterno

GÓMEZ

materno

SANDRA PATRICIA

nombre(s)

Con registro:

B	0	4	1	1	9	5
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante al grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

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

LA COMISION REVISORA

Director de tesis
PRIMER VOCAL

MC. FELIPE MERMELÓ BARRERA

PRESIDENTE

DR. CASIMIRO QUIÑONEZ VELAZQUEZ

SECRETARIO

DR. EDGARDO MAURICIO RAMÍREZ RODRÍGUEZ

SEGUNDO VOCAL

DR. LEONARDO ANDRÉS ABITIA CÁRDENAS

TERCER VOCAL

DR. AGUSTÍN HERNÁNDEZ HERRERA

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

DR. RAFAEL CERVANTES DUARTE

C. I. N.
CICIMAR
BIBLIOTECA



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 31 del mes Agosto del año 2006, el (la) que suscribe SANDRA PATRICIA MEDINA GÓMEZ alumno(a) del Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS con número de registro B041195 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de: MC. FELIPE NERI MELO BARRERA y cede los derechos del trabajo titulado: "EDAD, CRECIMIENTO DE LA SIERRA DEL PACÍFICO *Scomberomorus sierra* (JORDAN Y STARKS, 1895), EN EL GOLFO DE CALIFORNIA, 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. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: spmedina@ipn.mx , cquinone@ipn.mx

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

SANDRA PATRICIA MEDINA GÓMEZ

nombre y firma

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS.....	I
LISTA DE TABLAS.....	II
RESUMEN.....	III
ABSTRACT.....	IV
GLOSARIO.....	V
1. INTRODUCCION	1
2. ANTECEDENTES	4
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
4. OBJETIVO GENERAL.....	8
5. MATERIALES Y MÉTODOS	9
5.1 MUESTREO	9
5.2 ESTRUCTURA DE TALLAS.....	10
5.3 RELACIÓN PESO-LONGITUD	11
5.4 ESTIMACIÓN DE LA EDAD.....	11
5.5 RELACIÓN RADIO DEL OTOLITO-LONGITUD DEL PEZ.....	13
5.6 PERIODICIDAD DE FORMACIÓN DE LAS MARCAS DE CRECIMIENTO.....	13
5.7 RETROCÁLCULO DE LONGITUDES.....	13
5.8 CRECIMIENTO	14
5.9 COMPARACION DEL CRECIMIENTO	14
6. RESULTADOS	15
6.1 MUESTREO	15
6.2 ESTRUCTURA DE TALLAS.....	16
6.3 RELACIÓN PESO- LONGITUD	22
6.4 ESTIMACIÓN DE LA EDAD.....	25
6.5 RELACIÓN RADIO DEL OTOLITO-LONGITUD DEL PEZ.....	27
6.6 PERIODICIDAD DE FORMACIÓN DE LAS MARCAS DE CRECIMIENTO.....	28
6.7 RETROCÁLCULO DE LONGITUDES.....	28
6.8 CRECIMIENTO	30
6.9 COMPARACIÓN DEL CRECIMIENTO	32
7. DISCUSIÓN	33

7.1 MUESTREO	33
7.2 ESTRUCTURA DE TALLAS.....	33
7.3 RELACIÓN PESO-LONGITUD	34
7.4 ESTIMACIÓN DE LA EDAD.....	35
7.5 RELACION RADIO DEL OTOLITO-LONGITUD DEL PEZ.....	37
7.6 PERIODICIDAD DE FORMACIÓN DE LAS MARCAS DE CRECIMIENTO.....	37
7.7 RETROCÁLCULO DE LONGITUDES.....	38
7.8 CRECIMIENTO	39
7.9 COMPARACION DEL CRECIMIENTO	40
8. CONCLUSIONES.....	44
9. RECOMENDACIONES	45
10. BIBLIOGRAFIA	46

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Registros de captura del recurso sierra en el Pacífico mexicano en el 2003 (Anuario Estadístico de Pesca, 2003).....	2
Figura 2. Tendencias históricas de la captura del recurso sierra en el Pacífico 1950-2001 (Anuario Estadístico de Pesca, 2003).....	2
Figura 3. Ubicación de las zonas de muestreo.....	9
Figura 4. Medidas tomadas a la sierra del Pacífico (<i>S. sierra</i>).	10
Figura 5. Ancho del borde (AB), radio total (RO) y radio parcial (Ri) del otolito de la sierra del Pacífico (n= núcleo).	12
Figura 6. Tamaño relativo de las muestras de sierra del Pacífico en las zonas de muestreo.....	16
Figura 7. Estructura de tallas para la sierra del Pacífico en el Golfo de California....	16
Figura 8. Estructura de tallas para machos y hembras de la sierra del Pacífico en el Golfo de California.	17
Figura 9. Estructura de tallas de la sierra del Pacífico para cada zona de muestreo.	18
Figura 10. Estructura mensual de tallas de <i>S. sierra</i> en Mazatlán, Sin.	19
Figura 11. Estructura mensual de tallas de <i>S. sierra</i> en Guaymas, Sonora.	20
Figura 12. Estructura mensual de tallas de <i>S. sierra</i> en La Paz, B.C.S.	20
Figura 13. Distribución de frecuencias de tallas por sexo de la sierra del Pacífico. ..	21
Figura 14. Relación PT-LF de la sierra del Pacífico por sexos para Mazatlán, Sin... ..	22
Figura 15. Relación PT-LF por sexos de la sierra del Pacífico en Guaymas, Son.	23
Figura 16. Relación PT-LF de la sierra del Pacífico por sexos para La Paz.	23
Figura 17. Relación PT-LF para machos de la sierra del Pacífico en las zonas de muestreo.....	24
Figura 19. Estructura de edades de la sierra del Pacífico en cada zona de muestreo.	26
Figura 20. Relación LF-RO de la sierra del Pacífico en las zonas de estudio.	27
Figura 22. Tallas observadas por grupo de edad en cada zona de muestreo.....	30
Figura 23. Tallas retrocalculadas por grupo de edad en cada zona de muestreo.....	30
Figura 24. Modelo de crecimiento de von Bertalanffy ajustado a las tallas r.....	32
etrocalculadas de la sierra del Pacífico en Mazatlán, Guaymas y La Paz.	32
Figura 25 Distribución de valores de phi prima para especies del género <i>Scomberomorus</i> (tomados de www.fishbase.org).	41

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Número de ejemplares recolectados de <i>S. sierra</i> de la captura artesanal en las costas del Golfo de California.	15
Tabla 2. Longitud Furcal mínima (LF_{\min}), máxima (LF_{\max}) y promedio (LF_{prom}) de la sierra del Pacífico para cada zona	18
Tabla 3. Relación peso-longitud de la sierra del Pacífico en las tres localidades del estudio.....	23
Tabla 4. Número de ejemplares por grupo de edad para cada zona.	26
Tabla 5. Valores de los parámetros de la relación RO-LF y el coeficiente de determinación para cada una de las zonas.	27
Tabla 6. Tallas observadas y retrocalculadas de la sierra del Pacífico para cada una de las zonas.	29
Tabla 7. Parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy para <i>S. sierra</i> capturada por la flota artesanal en Mazatlán, Guaymas y La Paz.	31
Tabla 8. Valores de la prueba T^2 de Hotelling y Phi prima (Φ') para comparar el crecimiento de la sierra del Pacífico capturada en Mazatlán (MZ), Guaymas (GY) y La Paz (LP).	32

RESUMEN

En el presente trabajo se estimó la edad y el crecimiento de la sierra del Pacífico (*Scomberomorus sierra*) el Golfo de California. De noviembre 2001 a abril 2003, se recolectaron datos de 4028 ejemplares de *S. sierra*, 3686 en Mazatlán, en Guaymas 166 y en La Paz, 176. La estructura de tallas fue diferente entre zonas y entre sexos, las sierras de La Paz son más grandes que las de Guaymas y Mazatlán, y las hembras son más grandes que los machos. La relación peso total-longitud furcal (PT-LF) se ajustó a un modelo potencial, presentando un crecimiento de tipo isométrico ($b=3$), se detectaron diferencias significativas entre las zonas, ocasionadas por las hembras, las cuales son menos pesadas en Mazatlán. El otolito es una estructura adecuada para estimar la edad y el crecimiento ya que se observaron marcas de crecimiento y la relación entre el crecimiento del otolito y el somático fue significativa, ajustándose a una línea recta. Se estimó la edad a 413 individuos. En La Paz se encontraron 9 grupos de edad (3-11), siendo el más importante el 5, en Mazatlán fue el 3, observándose 8 grupos de edad (del 2 al 9), mientras que en Guaymas fueron 7 grupos (del 2 al 9, estando ausente el 8), siendo el más representativo el 4. A través del análisis del ancho del margen se determinó que una marca de crecimiento tiene una periodicidad anual, terminando su formación a finales de año. Se estimaron las tallas retrocalculadas y observadas por grupo de edad. La talla promedio por grupo de edad fue mayor en La Paz, seguidas por las de Mazatlán y por último Guaymas, sin embargo las tallas retrocalculadas tienden a ser muy similares a partir de los 5 años. El modelo de crecimiento de von Bertalanffy tuvo un buen ajuste a los datos de talla retrocalculada por grupo de edad. Los parámetros del modelo para La Paz fueron $L_{\infty}= 688$ mm; $k= 0.26$ y $t_0= -0.40$ años, para Mazatlán $L_{\infty}= 732$ mm; $k= 0.20$ y $t_0= -0.32$ años y para Guaymas fueron $L_{\infty}= 652$ mm; $k= 0.24$ y $t_0= -0.25$ años. La prueba T^2 de Hotelling detectó diferencias significativas en el crecimiento entre las zonas. El índice phi prima nos indicó que los valores obtenidos del modelo de crecimiento son similares, ya que se encuentran muy cercanos entre sí.

ABSTRACT

In this study, we estimated the age and growth of the Pacific Sierra (*Scomberomorus sierra*) in Gulf of California. To November 2001 to April 2003, data from 4028 individual of *Scomberomorus sierra* was collected, 3686 in Mazatlán, 166 in Guaymas and 176 in La Paz. The size structure was different between zones and sexes, the sierra from La Paz are bigger than to Guaymas and Mazatlán, and females are bigger than to males. The total weight-fork length (WT-FL) relationship was fitted to power model, showed an isometric growth ($b=3$) in the 3 zones, significant differences were detected among the areas, caused by the females, which are slighter in Mazatlán. The otolith is an appropriate structure to estimate age and growth, since marks of growth were observed, and the growth of otolith and the somatic growth was significant, fitted a lineal model. Through the wide margin analysis, we determined that a growth mark has an annual periodicity, finishing its formation at the end of year. The average size-at-age was bigger in La Paz, continued by Mazatlán and finally, Guaymas, however the back calculated sizes were very similar after 5 age-groups.

The von Bertalanffy growth model (VBGM) have a good fit to the back calculated size-at-age data. The parameters from VBGM in La Paz were in $L_{\infty}=688$, $k= 0.26$ and $t_0= -0.40$, from Mazatlán were $L_{\infty}=732$; $k= 0.20$ and $t_0= -0.32$; and to Guaymas were $L_{\infty}=652$; $k= 0.24$ and $t_0= -0.25$. The T^2 Hotelling's test founded significant differences in growth pattern between zones. The phi prima index indicated that obtained values from VBGM are similar, since they are very near between them.

GLOSARIO

Banda hialina: Zona del otolito que permite el paso de la luz y se asocia a períodos de crecimiento lento.

Banda opaca: Zona del otolito que por su composición densa impide el paso de la luz y se asocia a períodos de rápido crecimiento.

Crecimiento isométrico: Crecimiento en el que las partes del cuerpo mantienen sus proporciones relativas.

Crecimiento alométrico: Se refiere al cambio en proporción de varias partes de un organismo como consecuencia del desarrollo.

Grupo de edad: Es un grupo de peces de la misma edad.

Ancho del margen: La región formada a continuación de la última marca de crecimiento totalmente depositada en el margen del otolito.

Otolitos: Son estructuras policristalinas que forman parte del sistema laberíntico de los Teleósteos, en que actúan como reguladores del equilibrio. La mayoría de las especies poseen tres pares: *lapillus*, *asteriscus* y *sagitta*, el último es el más empleado en la determinación de edad. Están compuestos por cristales de carbonato de calcio (aragonita) y una matriz orgánica.

Radio: La distancia lineal desde el foco a un punto específico del borde del otolito.

Retrocálculo: Es una técnica que permite utilizar las marcas presentes en las estructuras duras como otolitos, escamas, vértebras, huesos y radios para estimar las dimensiones corporales en edades o etapas previas de la historia de vida, a través de relaciones entre mediciones realizadas en la estructura dura y las dimensiones del pez.

Tomado de:

Morales-Nin, B. 1991. Determinación del crecimiento de peces óseos en base a la microestructura de los otolitos. FAO Documento Técnico de Pesca. No. 322. Roma, FAO. 58 p.

Summerfelt, R.C. & G.E. Hall. 1987. Age and Growth of Fish. Iowa State University College of Agriculture. 527-530 pp.

Araya, M. & L. Cubillos. 2002. El análisis retrospectivo del crecimiento en peces y sus problemas asociados. *Gayana (Concepc.)*, vol.66, no.2, p.161-179.

1. INTRODUCCION

Las especies conocidas como sierra, pertenecientes al género *Scomberomorus*, son de las más explotadas por las pesquerías artesanales a nivel mundial. De manera general, el género *Scomberomorus* comprende 18 especies las cuales se encuentran en aguas costeras (zonas neríticas epipelágicas) se distribuyen en las regiones tropicales y subtropicales alrededor de la isoterma de 20°C, en ambos hemisferios, y son altamente migratorios; se alimentan principalmente de peces (particularmente anchovetas y sardinas) y en pequeñas cantidades de camarones y calamares (Collette-Nauen, 1983).

En los litorales de México, el recurso sierra esta integrado por cinco especies (*S. cavalla*, *S. maculatus*, *S. regalis*, *S. sierra* y *S. concolor*), explotadas principalmente por las pesquerías artesanales. En el Pacífico mexicano se localizan dos especies, la sierra del golfo (*S. concolor*) limitada a la parte norte del Golfo de California (Fischer *et al.*, 1995; Valdovinos-Jacobo, 2006) y la especie objetivo del presente estudio, la sierra del Pacífico (*S. sierra*) que se distribuye desde La Jolla, California hasta Paitá, Perú, incluyendo el Golfo de California y las Islas Galápagos (Collette y Nauen, 1983).

Estas especies tienen una gran aceptación y demanda en el mercado, debido a sus excelentes características organolépticas, valor nutricional y a un precio accesible, lo que hace que sea muy atractiva al consumidor (Ruíz-Durá, 1993).

Durante el 2003, en las costas de México se registraron 12,547 t de sierra, lo que representa el 0.8% de la producción pesquera nacional. En el Pacífico mexicano se registraron 5387 t en Sinaloa se capturaron 995 t, en Sonora 2539 t y en Baja California Sur 440 t. Estos tres estados representan el 74% de la captura en el Pacífico (Anuario Estadístico de Pesca, 2003; Fig. 1). Las capturas de sierra en el Pacífico han variado alrededor de las 5000 t desde inicio de los años 1990 (Fig. 2).

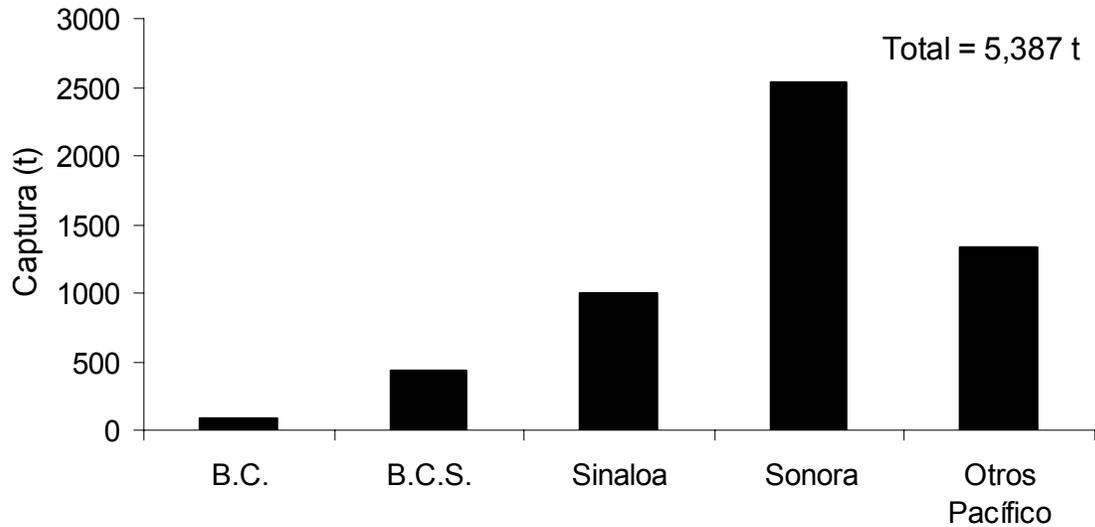


Figura 1. Registros de captura del recurso sierra en el Pacífico mexicano en el 2003 (Anuario Estadístico de Pesca, 2003).

A la sierra del Pacífico se le puede considerar una especie objetivo temporal para la pesca ribereña en el Golfo de California, ya que esta ocurre cuando otros recursos de mayor valor económico se escasean, esta actividad se desarrolla principalmente de octubre o noviembre hasta julio (Arámburo-Paéz *et al.*, 1985; Montemayor-López y Cisneros-Mata, 2000; Cervantes-Escobar, 2004; Medina-Gómez, 2004).

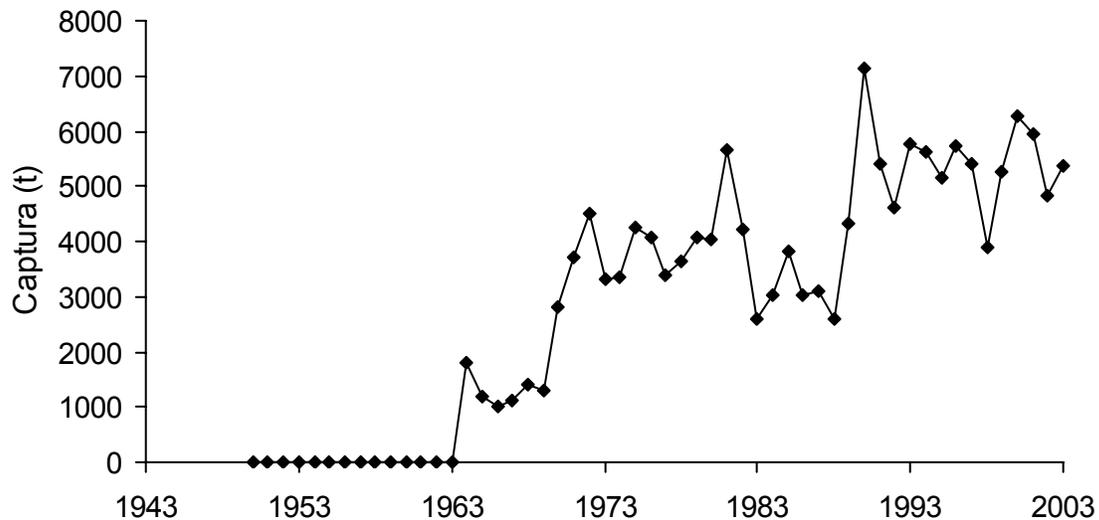


Figura 2. Tendencias históricas de la captura del recurso sierra en el Pacífico 1950-2001 (Anuario Estadístico de Pesca, 2003).

Actualmente no existe una Norma Oficial Mexicana para regular la pesquería de sierra. La única medida de manejo para esta pesquería es el control del esfuerzo de pesca a través del número de embarcaciones mediante la expedición de los permisos de pesca para escama en general (DOF, 2004).

En la Carta Nacional Pesquera (DOF, 2004) a partir de un análisis de su ecología y pesquería se define a *S. sierra* y a *S. concolor* como una Unidad Pesquera de Manejo (UPM), y se recomienda obtener un mayor conocimiento sobre la biología y la dinámica poblacional de estas especies, que permita evaluar su estado actual como recurso pesquero.

La obtención de información estructurada por edad ha sido una de las mayores preocupaciones de las ciencias pesqueras, ya que la edad, el crecimiento y la tasa de mortalidad (el crecimiento y la mortalidad están basadas en la información de la edad) son tres de las características que tienen una mayor influencia en controlar la productividad de las poblaciones (Campana y Thorrold, 2001). La obtención de la edad de los individuos forma la base para los cálculos de las tasas de crecimiento, mortalidad y productividad, colocándose entre las variables biológicas de mayor influencia. Cálculos tan simples como la tasa de crecimiento o tan complejos como el análisis de población virtual, todos ellos requieren datos de edad ya que los cálculos para cualquier tasa requieren una edad o un período transcurrido (Campana, 1991), además de obtener información sobre la biología de las especies como, la edad de primera madurez, la edad de reclutamiento y la longevidad, con esta información podemos desarrollar técnicas que nos ayuden a evaluar y administrar las pesquerías, ya que así entenderemos mejor la dinámica poblacional y por consiguiente la situación del recurso. Los métodos directos para la estimación de la edad basados en la interpretación de las marcas de crecimiento presentes en estructuras duras, permiten la determinación de los grupos de edad con una mayor precisión en comparación con los métodos indirectos (Gallardo-Cabello *et al.*, 2003).

El presente estudio aborda la determinación de la edad y la estimación del crecimiento de la sierra del Pacífico (*S. sierra*), en las costas del Golfo de California, utilizando muestras provenientes de la pesquería artesanal que se desarrolla en las costas de los puertos de La Paz, B.C.S., Guaymas, Son., y Mazatlán, Sin.

2. ANTECEDENTES

En México, encontramos a cinco especies del género *Scomberomorus*: tres de ellas en el Golfo de México (*S. cavalla*, *S. maculatus* y *S. regalis*) y dos en el Pacífico mexicano (*S. sierra* y *S. concolor*). Las investigaciones sobre las tres especies del Golfo de México son abundantes, caso contrario al de las especies del Pacífico.

En el Golfo de México se han llevado a cabo estudios sobre edad y crecimiento principalmente de *S. maculatus* y *S. cavalla*. Schmidt *et al.* (1993) encontraron organismos de hasta 11 años de edad y obtuvieron los siguientes valores que arrojó la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy $L_{\infty}=760$ mm, $k=0.31$ y $t_0=-2.44$.

Verdi-Lara (1981), para las costas de Sinaloa, reportó que en la captura comercial las tallas de la sierra del Pacífico variaron entre 300 y 450 mm de longitud total (LT) y que la proporción de sexos fue de 2:1 macho-hembra. Lizárraga-Rodríguez (1984) para las costas de Nayarit, menciona que la época de captura de la sierra del Pacífico se realiza del otoño a la primavera, empleando distintas artes de pesca: redes, almadrabas, curricanes, chinchorros playeros. Este autor reporta que *S. sierra* se alimenta básicamente de *Ophistonema libertate* y *Engraulis sp.* Y que la reproducción se presenta durante todo el año pero se intensifica en verano (mayo a septiembre). Arámburo-Paéz *et al.* (1985) encontraron en la zona de Mazatlán, una proporción sexual 1:1, con una época de captura de noviembre a julio, con los mayores rendimientos de febrero a abril, y consideran que Mazatlán no es una zona de reproducción para la sierra del Pacífico y que su presencia es con fines de alimentación. Además, a través del análisis de tallas definieron cinco grupos modales y un crecimiento de tipo isométrico. Pérez-Ramos (1994) trabajando en esta misma zona encontró resultados similares aunque menciona que el desove de la sierra del Pacífico ocurre entre agosto y septiembre, extendiéndose hasta noviembre, y que se alimenta de especies que forman cardúmenes.

Ruíz-Durá (1993), presenta una descripción de 31 recursos marinos que se explotan en las costas mexicanas, siendo unos de éstos la sierra. Hace referencia a aspectos de distribución que concuerda con lo mencionado por otros autores, a la biología, unidad de pesca, área de captura e industrialización del recurso sierra, menciona que presenta su máxima madurez gonádica entre agosto y septiembre. Y que los

juveniles de esta especie han sido localizados en el Golfo de California y en Punta Foca, Perú.

Cervantes-Escobar (2004) realizó un estudio sobre *S. sierra* en Guaymas y Mazatlán encontrando resultados similares entre las zonas, concluyendo que los organismos capturados en Mazatlán y Guaymas pertenecen a la misma población. Medina-Gómez (2004) en un estudio realizado en Guaymas sobre las dos especies existentes en el Golfo de California encontró que *S. sierra* presentó tallas menores que *S. concolor* (260 a 490 mm LF y 250 a 570 mm LF, respectivamente). En la costa de Guaymas *S. concolor* fue más abundante. Se determinó que ambas especies presentan un crecimiento alométrico. Además, menciona que esta zona es un área potencial para la reproducción ya que los individuos de ambas especies presentaron estadios avanzados de desarrollo gonádico. Valdovinos-Jacobo (2006) menciona que el desove masivo de *S. concolor* se realiza en los meses de mayo a julio en el norte del Golfo de California.

Klawe (1966) realizó un estudio bibliográfico de captura de larvas y juveniles de *S. sierra* en el Pacífico Oriental, encontrando que esta especie desova cerca a la costa en la mayor parte de sus límites de distribución y que el desove frente a México se realiza de julio a septiembre y en latitudes más bajas probablemente de diciembre a abril (Centroamérica), por otro lado Eckles (1949), encontró juveniles de *S. sierra* en Bahía Ballenas, B.C.S. durante el mes de septiembre. Moser *et al.* (1973) colectaron larvas de *Scomberomorus spp* en el Golfo de California (frente a San Felipe) en junio de 1957, comentando que tienen preferencia por aguas cálidas.

Los estudios sobre edad y crecimiento de *S. sierra* en México son muy escasos. El único trabajo en donde se determina la edad de la sierra del Pacífico en la costa de Baja California Sur lo realiza Barjau-González (1984) en el complejo lagunar Bahía Almejas-Magdalenita encontrando cinco grupos de edad (1-5), aunque no determinó la época de formación de las marcas de crecimiento, asumió que son anuales. Los organismos capturados en esta zona presentaron tallas de 44 a 87 cm LT. Espino-Barr *et al.* (1990), estimaron los parámetros de crecimiento de *S. sierra* a partir de un análisis de frecuencias de tallas en Colima encontrando valores de $k=0.36$, $L_{\infty}= 80.7$ cm y $t_0= -0.023$ años. Los organismos presentaron tallas que van de los 27 a 66.5 cm

de LE y pesos desde 197 g a 3,191 g. En cuanto a la relación peso-talla el valor obtenido de b es de 3.08. Además mencionan que el reclutamiento se presenta de diciembre a enero, la talla y edad de primera captura se da a los 32.7 cm LP y 1.5 años de edad.

Otros estudios que se han hecho son los siguientes:

Collette y Nauen (1983), presentaron un catálogo de los escómbridos del mundo, y puntualizaron de manera resumida las características propias de cada una de las 18 especies pertenecientes al género *Scomberomorus*. Montemayor-López y Cisneros Mata (2000) analizando la pesquería de sierra del Golfo de California, basándose principalmente a la costa de Guaymas y en particular *S. concolor*, mencionaron que se presentan dos corridas una de octubre a noviembre y la segunda se efectúa de finales de enero a abril o mayo, y además sugieren que la reproducción de la sierra del golfo pudiera ocurrir en verano, ya que mientras llevaron sus muestreos (de octubre a julio) no observaron organismos con gónadas inmaduras o en reposo. Por otro lado estimaron un valor de la longitud asintótica de 71.6 cm LP y una talla de reclutamiento para *S. concolor* de 25 cm de longitud estándar que corresponde a una edad promedio de seis meses.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A pesar de la gran importancia económica que representa la sierra del Pacífico en la producción nacional, el gran impacto que tiene en la pesca artesanal y la demanda que tiene en el mercado, no existen suficientes estudios que aporten la información biológica-pesquera, que permita tener un manejo de esta pesquería.

Por otro lado, el hecho de que en la Carta Nacional Pesquera (CNP) se considere a *S. sierra* y a *S. concolor* como una Unidad Pesquera de Manejo (UPM), más que ser una ayuda para su manejo representa una limitante para su adecuada administración, ya que *S. concolor* se encuentra confinada a la parte norte del Golfo de California, mientras que en la parte sur del Golfo sólo es posible localizar especímenes de *S. sierra*, además las características biológicas de las especies no son las mismas. Es por esto que es necesario conocer las características biológicas por especie y no como una unidad.

Por lo antes expuesto se plantean los siguientes cuestionamientos de investigación:

¿Cuáles son los grupos de edad de *S. sierra* que explota la pesca artesanal en el Golfo de California y cuáles son las edades que predominan?

¿Cuáles son los parámetros de crecimiento de esta especie en cada zona de estudio?

¿Existen diferencias en el crecimiento de *S. sierra* en las diferentes áreas de pesca?

Para responder a estas preguntas se plantea el siguiente objetivo:

4. OBJETIVO GENERAL

Determinar la edad y el crecimiento individual de la sierra del Pacífico (*S. sierra*) en las costas del Golfo de California y determinar si el patrón de crecimiento es el mismo en el área de estudio.

4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar la estructura de tallas mensual y anual en cada una de las zonas.

Estimar la relación peso-longitud en cada zona.

Establecer la relación entre el radio del otolito y la talla del pez.

Determinar la edad usando el número de marcas de crecimiento presentes en los otolitos.

Determinar la temporalidad de la formación de las marcas de crecimiento.

Describir la estructura de edades.

Describir el patrón de crecimiento individual.

Determinar si existen diferencias en el crecimiento de la sierra del Pacífico entre las zonas de estudio.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 MUESTREO

De noviembre de 2001 a abril de 2003 se realizaron muestreos mensuales de la sierra del Pacífico (*S. sierra*) capturada por la pesca artesanal en tres localidades del Golfo de California: Mazatlán, Sin., Guaymas, Son., y La Paz, B.C.S. (Fig. 3).

La sierra del Pacífico en Mazatlán y Guaymas es capturada con redes de 2.5-3" de luz de malla, aunque también se utilizan líneas unitarias y anzuelos, mientras que en La Paz se captura con anzuelos y en menor medida con redes de enmalle con luz de malla de 3-3.5". Es importante señalar que la pesca en Guaymas y Mazatlán es más costera que en La Paz.

En el caso de Mazatlán y La Paz se midió la mayor cantidad de ejemplares posibles al momento de ser desembarcados por la flota artesanal (muestreos masivos), a estos individuos se les midió la longitud furcal (LF) con una cinta métrica flexible (± 5 mm). En el caso de Guaymas solo se realizó el muestreo biológico por el personal del CRIP-Guaymas.

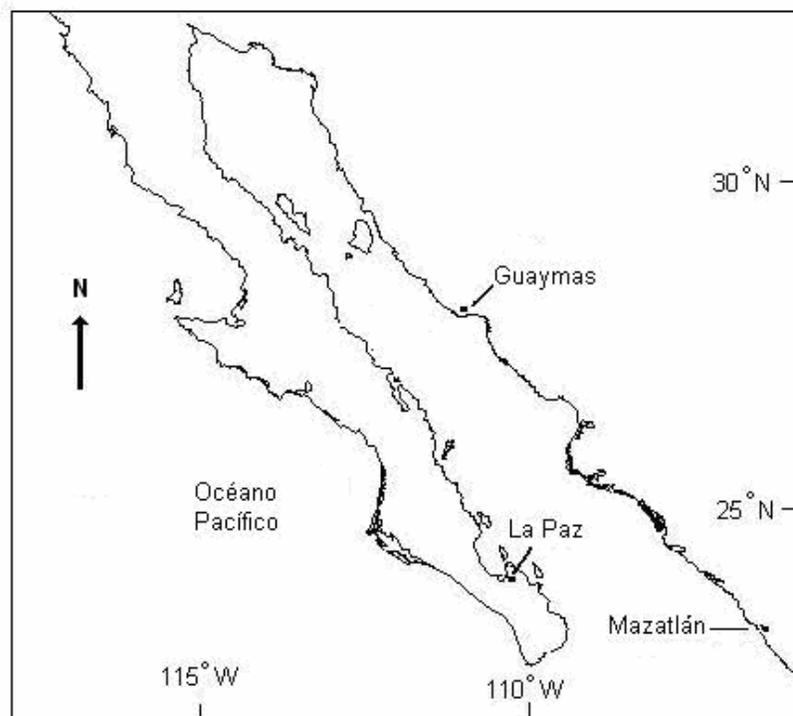


Figura 3. Ubicación de las zonas de muestreo.

Del muestreo masivo se seleccionaron hasta 5 organismos por cada intervalo de talla de 5 cm LF, estos ejemplares integraron la muestra biológica. En el laboratorio, a cada pez de la muestra biológica se le determinó LT, LF y longitud estándar (LE) en mm (Fig. 4), el peso total (PT) y el peso eviscerado (PE) ± 1 g; se sexaron y se extrajeron los otolitos *sagittae* para la determinación de la edad. Para la observación de las marcas de crecimiento es necesario que los otolitos no presenten restos de tejido, por lo que se limpiaron y se almacenaron en seco en cápsulas de celulosa y se etiquetaron asignándoles una clave única a cada par (fecha, lugar y número de organismo).

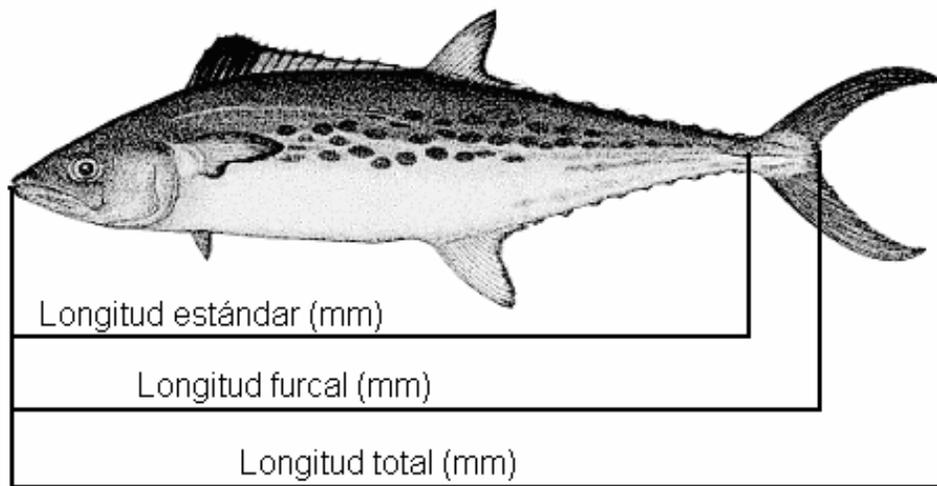


Figura 4. Medidas tomadas a la sierra del Pacífico (*S. sierra*).

5.2 ESTRUCTURA DE TALLAS

Para establecer la estructura de tallas se utilizó la longitud furcal (LF), debido a que presenta menor variación y a que ha sido más utilizada en otros trabajos, lo que permite hacer comparaciones. La estructura de tallas se analizó agrupando LF en intervalos de 10 mm, realizándose de manera general, por mes y por sexos. Para determinar si existían diferencias en longitud por sexos y por zonas, se empleó una prueba no paramétrica de Kolmogorov-Smirnov (Zar, 1996) contenida en el software Statística.

5.3 RELACIÓN PESO-LONGITUD

Se obtuvo la relación peso-longitud (PT-LF) para sexos combinados (machos, hembras y organismos no sexados), machos, hembras y por zonas, para lo cual se utilizó la ecuación potencial:

$$PT = a * LF^b$$

Donde: PT = Peso total (g); LF = Longitud furcal (mm); a = Factor de condición; b = Pendiente de la curva o parámetro de alometría.

Para estimar los coeficientes de la regresión, los datos se linearizaron utilizando logaritmo base 10, quedando de la siguiente manera:

$$\log PT = \log a + b * \log LF$$

Posteriormente para determinar si existían diferencias en la relación PT-LF entre sexos y por zonas aplicamos una prueba para pendientes y elevaciones (análisis de covarianza ANCOVA) utilizando el programa Statistica 7. Finalmente para saber el tipo de crecimiento (isométrico o alométrico) de la sierra del Pacífico se utilizó una prueba “t”, en donde se contrastó el parámetro de alometría con respecto de 3. El valor de “t” se obtuvo a través de la siguiente fórmula:

$$t = \frac{Sx \sqrt{n - 1} (b - \beta_0)}{Se}$$

Donde: Sx= Desviación estándar de los valores de LF; n= Tamaño de muestra; b= Pendiente de la relación PT-LF; $\beta_0 = 3$, valor del crecimiento isométrico; Se= Desviación estándar del estimado.

5.4 ESTIMACIÓN DE LA EDAD

Para determinar la edad se contó el número de marcas de crecimiento presentes en los otolitos, se utilizó un microscopio estereoscópico de baja resolución con luz reflejada sobre un fondo oscuro sumergiendo los otolitos en agua. Al momento de

observar los otolitos se pudieron identificar bandas opacas e hialinas, bajo estas condiciones la banda opaca se aprecia blanca y la banda hialina oscura, el conjunto de una banda opaca y una hialina se consideró como una marca de crecimiento. Los otolitos se clasificaron en grupos de edad basándose en el número de marcas hialinas. Una marca hialina fue considerada completamente depositada cuando se apreciaba una marca opaca posterior a la hialina. La lectura de los otolitos fue efectuada por dos lectores y cuando se difería en la lectura se llegaba a mutuo acuerdo o se desechaba la determinación.

Posterior a la lectura, cada imagen del otolito fue desplegada en un monitor de alta resolución y fue digitalizada a través de un sistema de análisis de imágenes. En las imágenes se midió la distancia del foco del otolito al borde (RO), la distancia del foco a cada una de las marcas de crecimiento (R_i) y el ancho del borde (AB) empleando el programa Sigma Scan Pro 5.0 (Fig. 5). Las medidas hechas se utilizaron para el retrocálculo de la longitud a edades pretéritas.

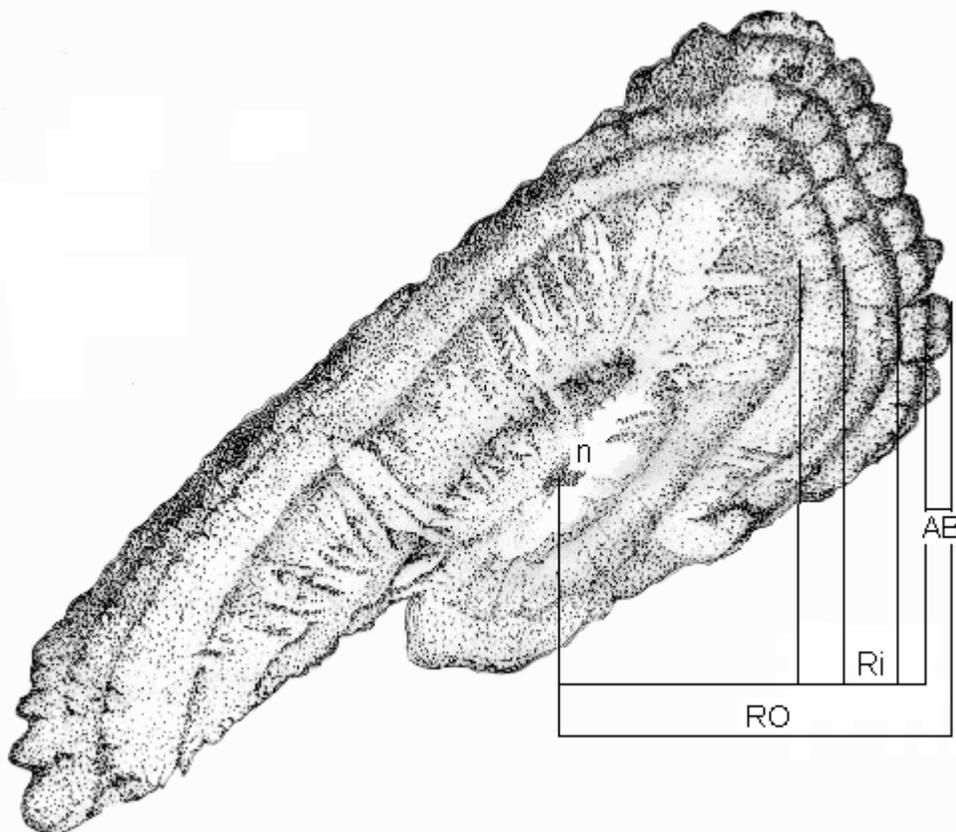


Figura 5. Ancho del borde (AB), radio total (RO) y radio parcial (R_i) del otolito de la sierra del Pacífico (n = núcleo).

5.5 RELACIÓN RADIO DEL OTOLITO-LONGITUD DEL PEZ

Esta relación permite conocer si existe proporcionalidad entre el crecimiento del otolito con el crecimiento somático. Para establecer la relación entre el radio del otolito-longitud furcal (RO-LF) se empleó la siguiente ecuación:

$$LF = a + bRO$$

Donde: LF = Longitud furcal del organismo; RO = Radio del otolito; a = Ordenada al origen; b = Pendiente.

Los valores de a y b de la regresión lineal se obtuvieron a través de mínimos cuadrados y la proporcionalidad entre el RO-LF se evaluó a través del coeficiente de determinación.

5.6 PERIODICIDAD DE FORMACIÓN DE LAS MARCAS DE CRECIMIENTO

Para determinar la época de formación de las marcas de crecimiento y asignar una unidad de tiempo a los grupos de edad se utilizó el análisis del incremento del ancho del margen. Para esto se graficó el promedio mensual del ancho del borde por grupo de edad, el valor máximo del ancho del margen indicará la época de formación de una marca de crecimiento, mientras que el mínimo indica el inicio de su formación (Fable *et al.*, 1987).

5.7 RETROCÁLCULO DE LONGITUDES

Para estimar la longitud a edades pretéritas se utilizó el método de Fraser-Lee que asume una correspondencia entre el crecimiento de la estructura y la longitud del pez con un intercepto diferente de cero, de acuerdo a la ecuación (Carlander, 1981; Araya y Cubillos, 2002):

$$LF_i = a + \left(\frac{LF - a}{RO} \right) * R_i$$

Donde: LF= Longitud furcal al momento de la captura; LF_i = Longitud furcal del pez a la edad i; RO= Radio del otolito al momento de la captura; R_i = Radio del otolito a la edad i; a = Intercepto de la regresión RO-LF.

5.8 CRECIMIENTO

Para describir el crecimiento individual de la sierra del Pacífico se utilizó el modelo de crecimiento de von Bertalanffy (MCVB) ajustándolo a tallas observadas y retrocalculadas, de acuerdo a la fórmula:

$$LF_t = LF_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}]$$

Donde: LF_t = Longitud a la edad t ; LF_∞ = Longitud asintótica; k = Factor de crecimiento; t = edad; t_0 = Edad teórica cuando $LF=0$.

Para estimar los parámetros de la ecuación se empleó el método iterativo de estimación no lineal del programa de computadora Statistica 7. Se utilizó un punto de referencia biológico el cual fue la talla mínima encontrada para larvas de *S. sierra*, que corresponde a una edad de cero años, la cual fue de 4.5 mm LF (Klawe, 1966).

5.9 COMPARACION DEL CRECIMIENTO

Para determinar si la sierra del Pacífico presenta un patrón de crecimiento similar entre las zonas de estudio se utilizó la prueba multivariada T^2 de Hotelling (Bernard, 1980). Por otro lado, Pauly y Munro (1984) proponen un método para evaluar el desempeño del crecimiento a través del valor de phi prima (Φ') obtenido por medio de:

$$\Phi' = \log k + 2 \log LF_\infty$$

Donde: LF_∞ = Longitud furcal asintótica (cm); k = Factor de crecimiento.

6. RESULTADOS

6.1 MUESTREO

De noviembre 2001 a abril 2003, se recolectaron los datos de 4028 ejemplares de *S. sierra* capturada por la flota artesanal. En Mazatlán se registraron 3686 organismos, mientras que en Guaymas y La Paz sólo se colectaron 166 y 176 organismos respectivamente. En la Tabla 1 se muestra el número de organismos capturados por mes y año.

Tabla 1. Número de ejemplares recolectados de *S. sierra* de la captura artesanal en las costas del Golfo de California.

Mes	Mazatlán	Guaymas	La Paz
nov-01	726	1	9
dic-01	1206	6	22
ene-02	604	1	
feb-02		13	
mar-02	228		
abr-02	296	8	
may-02	4	67	
jun-02	64	3	
nov-02	31	16	38
dic-02			6
ene-03	246		29
feb-03	23		40
mar-03	258	38	32
abr-03		13	
Total	3686	166	176

Los datos por zona se agruparon en un año tipo, debido a que en algunos meses se tenían pocos ejemplares, esto fue posible hacerlo ya que de manera mensual había una correspondencia de las tallas entre los años. Las muestras obtenidas en Mazatlán y Guaymas presentaron la misma temporalidad (de noviembre a junio), sin embargo, la mayor abundancia de las muestras en Mazatlán se dio de noviembre a enero, mientras que en Guaymas de marzo a mayo. Por otro lado, en La Paz se obtuvieron muestras de la sierra del Pacífico de noviembre a marzo, sin un pico de abundancia definido (Fig. 6).

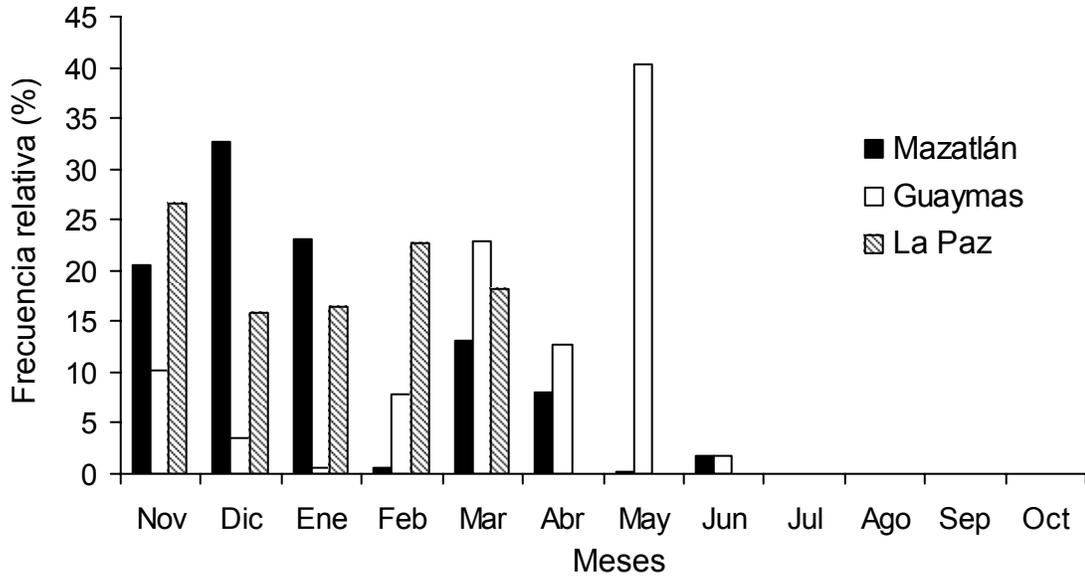


Figura 6. Tamaño relativo de las muestras de sierra del Pacífico en las zonas de muestreo.

6.2 ESTRUCTURA DE TALLAS

La muestra total para la sierra del Pacífico en el Golfo de California estuvo conformada por 4028 organismos cuyas tallas fluctuaron de los 225 mm LF hasta los 710 mm de LF (Fig.7). Como se observa en las figuras 7 y 8, la distribución de los datos de tallas no presentaron una distribución normal en general ($p < 0.01$) ni por sexos ($p < 0.01$).

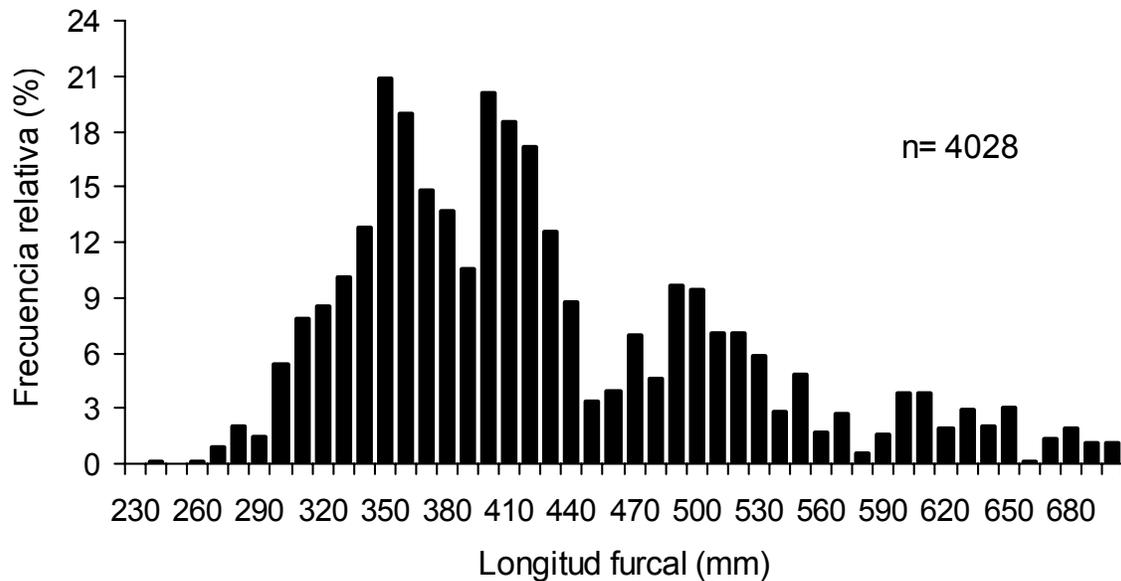


Figura 7. Estructura de tallas para la sierra del Pacífico en el Golfo de California.

En la muestra general se observaron 203 machos y 246 hembras. Los machos presentaron tallas de 255 a 680 mm de LF con una talla promedio de 371 mm de LF y las hembras con tallas de 255 a 710 mm de LF con una talla promedio de 421 mm de LF. Al comparar las tallas de los machos y las hembras pudimos observar que existen diferencias significativas (K-S; $dc = -0.24$, $p < 0.001$), estas diferencias se deben a que hubo más hembras de tallas grandes (Fig. 8).

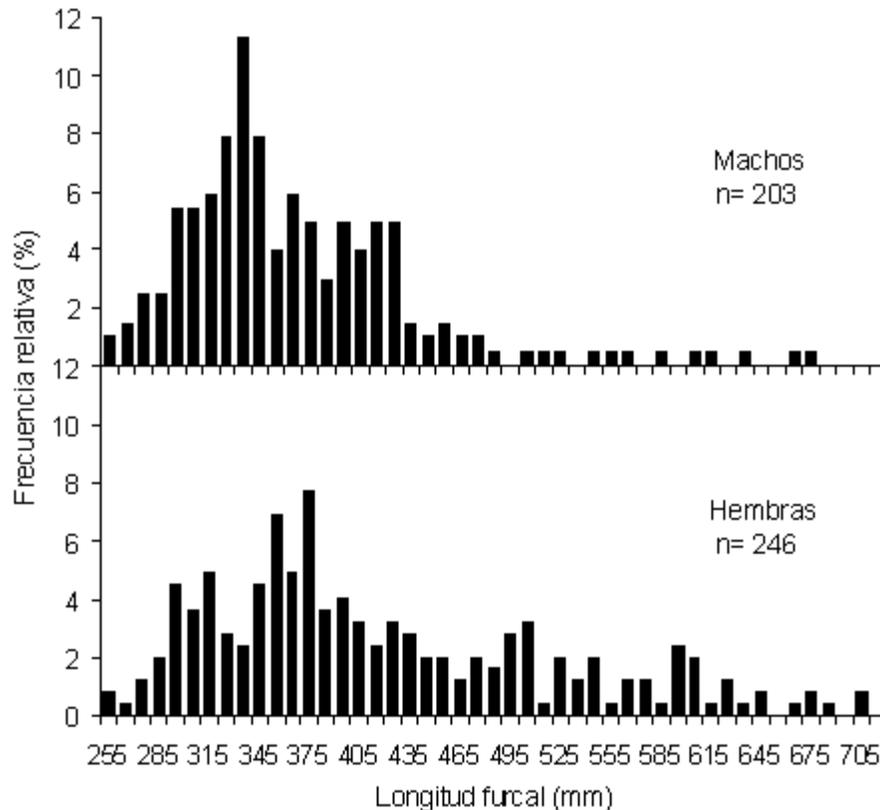


Figura 8. Estructura de tallas para machos y hembras de la sierra del Pacífico en el Golfo de California.

Debido a que existieron diferencias entre machos y hembras se analizó la estructura de tallas por zonas. En la tabla 2 se presentan los máximos, mínimos y promedios de la talla para cada zona. La pesquería artesanal que opera en La Paz captura organismos de sierra del Pacífico de tallas mayores que las de Guaymas y Mazatlán. Guaymas y Mazatlán presentan un intervalo similar de tallas, sin embargo la distribución es diferente, ya que en Guaymas la estructura presenta un mayor

número de organismos de tallas menores, con una moda muy evidente, mientras que en Mazatlán no se observa una moda muy clara (Fig. 7).

Tabla 2. Longitud Furcal mínima (LF_{min}), máxima (LF_{max}) y promedio (LF_{prom}) de la sierra del Pacífico para cada zona.

Zona	LF_{min}	LF_{max}	LF_{prom}
Mazatlán	225	695	396
Guaymas	260	600	384
La Paz	330	710	502

La mayor cantidad de organismos capturados por la flota artesanal que opera en Guaymas, estuvo en el intervalo de tallas de los 330 y 430 mm LF (72%), mientras que el 18% se encontró por debajo de los 330 mm LF y el 10% por encima de los 430 mm LF (Fig. 9). El intervalo de tallas en Mazatlán fue el más amplio y fue en esta se registró la talla mínima (225 mm LF). En La Paz la mayor parte de los individuos estuvieron por arriba de los 400 mm LF (94%), caracterizándose por presentar una estructura polimodal.

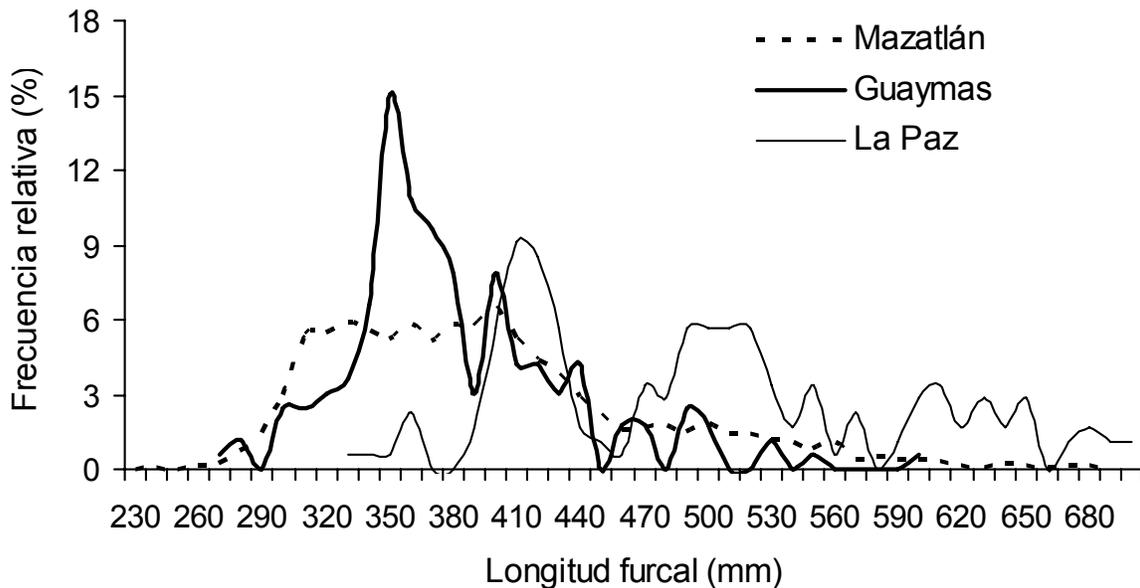


Figura 9. Estructura de tallas de la sierra del Pacífico para cada zona de muestreo.

Tanto en Mazatlán (Fig. 10) como en Guaymas (Fig. 11) predominan los individuos de tallas medianas, siendo escasos los organismos pequeños, los cuales están mejor representados en los meses de noviembre a marzo. Para el caso de Mazatlán es

posible observar algunos meses con varias modas como noviembre, diciembre y abril (Fig. 10).

La estructura de tallas mensual de la sierra del Pacífico capturada en la Bahía de La Paz se presenta en la figura 12. Los individuos de menor talla se colectaron en noviembre y diciembre, aunque siempre se observaron individuos grandes, excepto en enero. Es posible pensar que la presencia de individuos de tallas menores a finales de año indique la presencia de un reclutamiento.

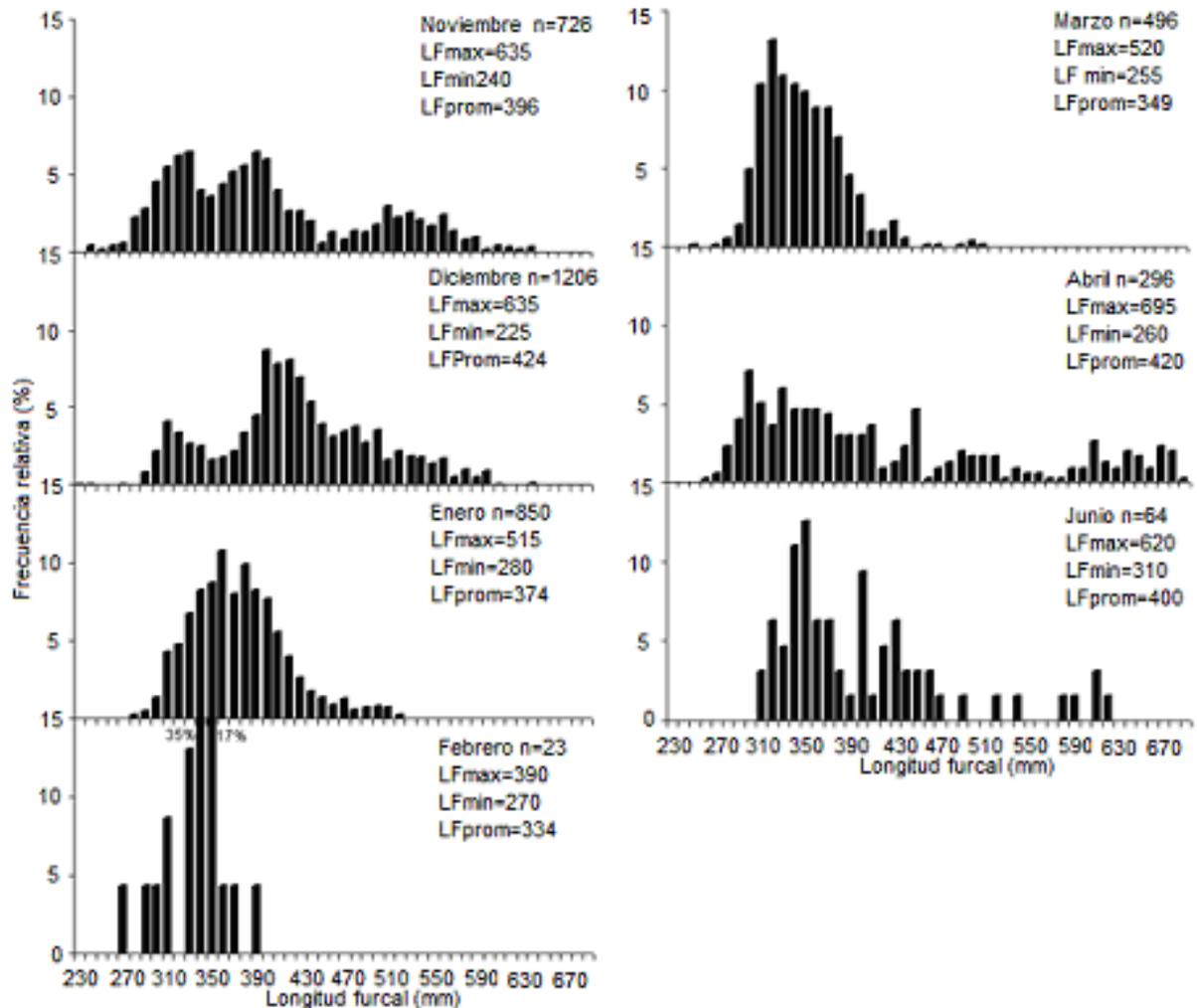


Figura 10. Estructura mensual de tallas de *S. sierra* en Mazatlán, Sin.

En Mazatlán, se observaron 119 machos y 105 hembras (M/H=1.13). Las tallas de machos y hembras fueron muy similares (255 a 620 mm LF), aunque los machos tuvieron un promedio de 348 mm LF, mientras que el promedio de las hembras fue de 392 mm LF, esto ocasionó diferencias significativas de acuerdo a la prueba

Kolmogorov-Smirnov (K-S; $dc = -0.25$, $p < 0.005$), ya que las hembras presentaron más individuos de tallas grandes (Fig. 13A).

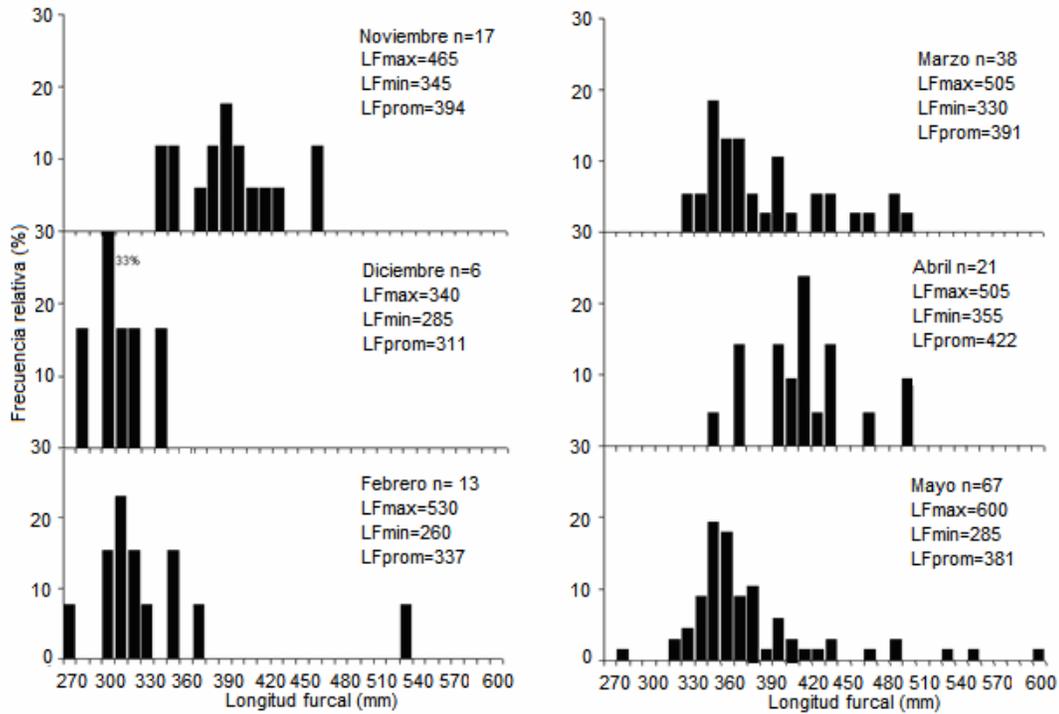


Figura 11. Estructura mensual de tallas de *S. sierra* en Guaymas, Sonora.

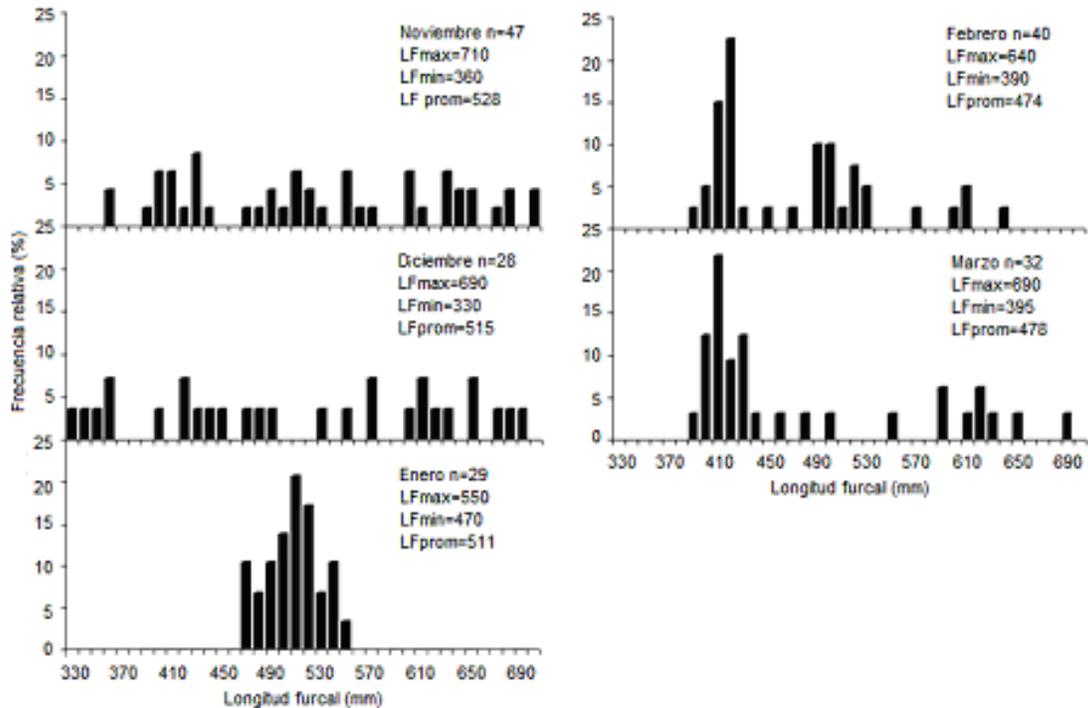


Figura 12. Estructura mensual de tallas de *S. sierra* en La Paz, B.C.S.

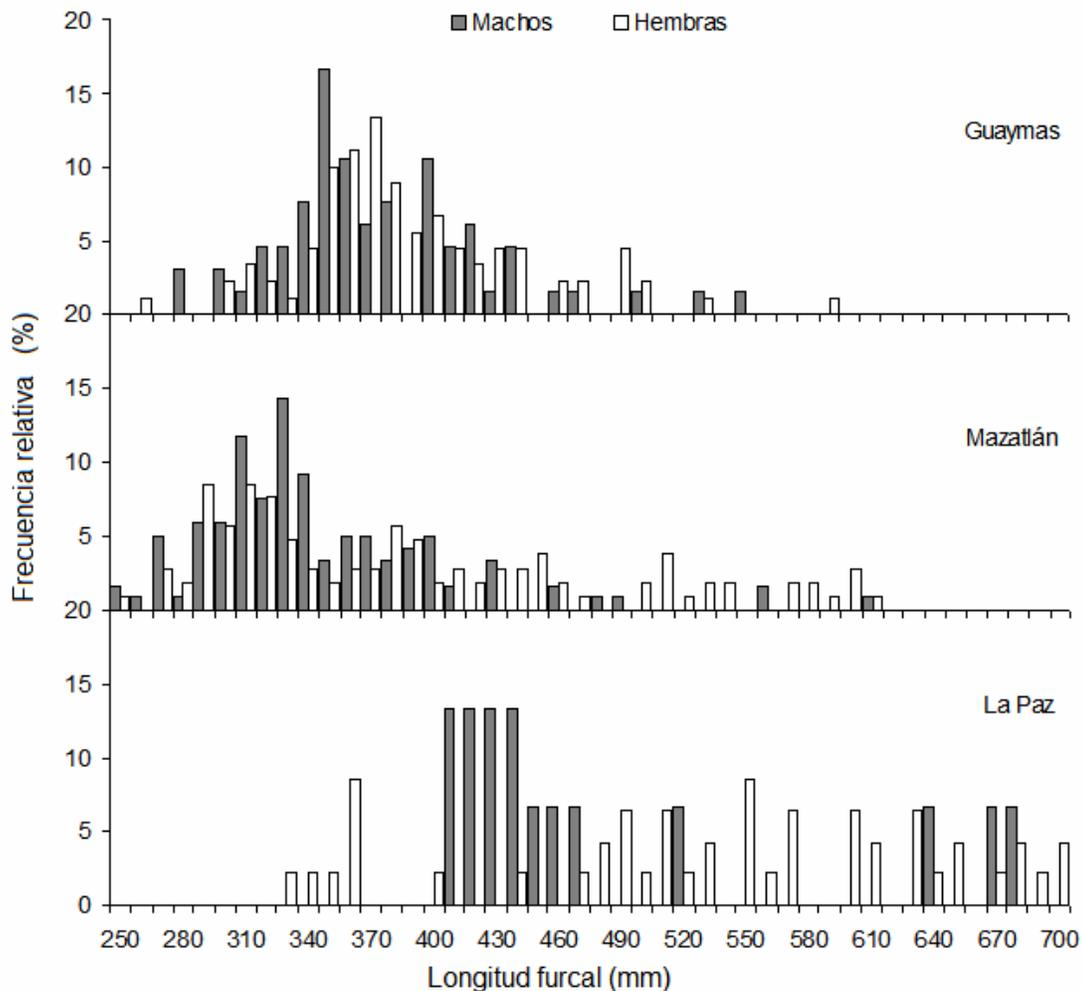


Figura 13. Distribución de frecuencias de tallas por sexo de la sierra del Pacífico.

En Guaymas, se colectaron 66 machos y 90 hembras ($M/H=0.73$). No se detectaron diferencias en la estructura de tallas por sexos (K-S, $dc= -0.21$ $p<0.10$). La talla promedio para machos fue de 378 mm, siendo las hembras un poco mayores (391 mm LF), esto se puede ver en la figura 13B.

La proporción M/H en La Paz fue de 0.35 (51 hembras y 18 machos). El intervalo de tallas de los machos fue de 415 a 680 mm LF, con una talla promedio de 494 mm LF, y se observó un grupo muy importante alrededor de los 430 mm LF. Las tallas para las hembras variaron entre 330 y 710 mm LF con un promedio de 535 mm LF, sin mostrar un grupo claramente definido (Fig. 13C). Se observaron diferencias significativas entre las tallas de machos y hembras (K-S, $dc= -0.43$, $p<0.025$).

6.3 RELACIÓN PESO- LONGITUD

Los parámetros del modelo potencial ajustado a los datos PT-LF para machos fueron muy similares a los obtenidos para las hembras en Mazatlán, esto se comprobó al analizar esta relación con un ANCOVA, ya que no se encontraron diferencias significativas (pendiente: $F= 0.04$, $p>0.05$; elevación $F=0.02$, $p>0.05$), esto queda de manifiesto en la figura 14.

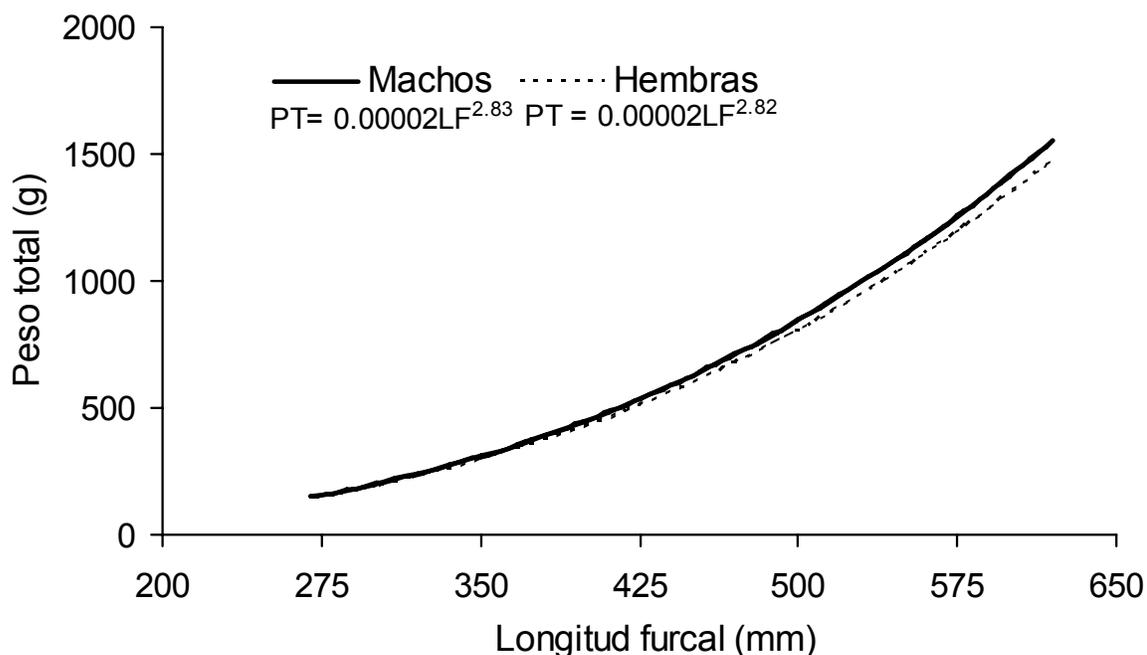


Figura 14. Relación PT-LF de la sierra del Pacífico por sexos para Mazatlán, Sin.

Para el área de Guaymas al aplicar la prueba de pendientes y elevaciones para determinar si la relación PT-LF es influenciada por el sexo, se encontraron diferencias significativas (pendiente: $F= 6.21$, $p<0.05$; elevación $F=6.10$, $p<0.05$), siendo las hembras de una misma talla más pesadas que los machos, esta diferencia se hace mayor conforme se incrementa la talla de las hembras (Fig. 15).

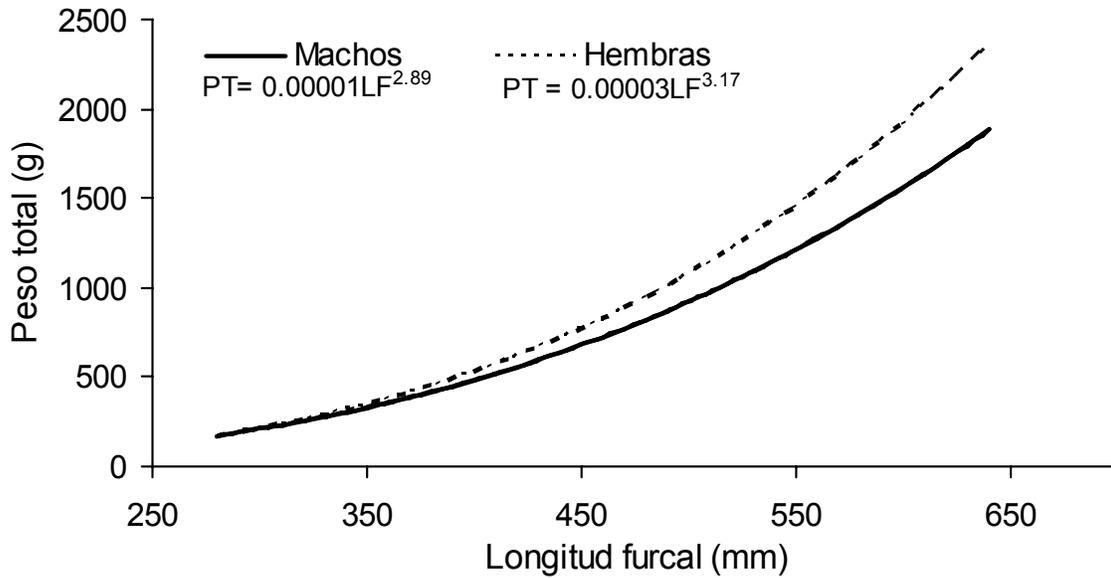


Figura 15. Relación PT-LF por sexos de la sierra del Pacífico en Guaymas, Son.

La relación PT-LF de la sierra del Pacífico por sexos para La Paz (Fig. 16) no mostró diferencias significativas (pendiente: $F = 0.28$, $p > 0.05$; elevación $F = 0.31$, $p > 0.05$).

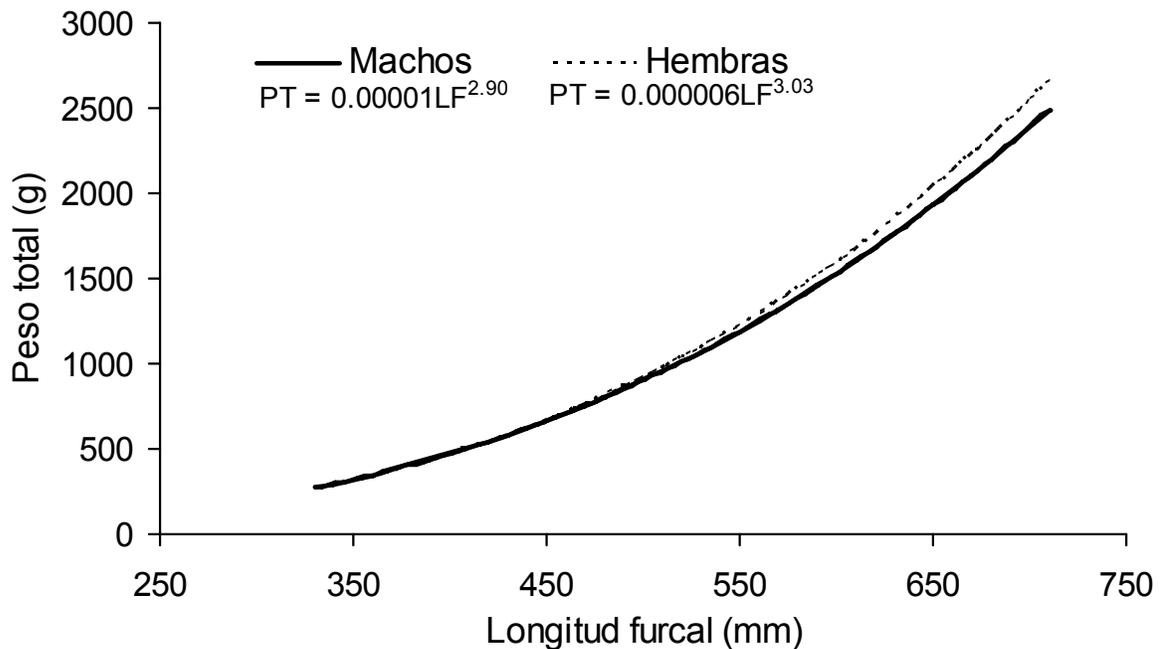


Figura 16. Relación PT-LF de la sierra del Pacífico por sexos para La Paz.

A pesar de que se observaron diferencias en Guaymas se obtuvo la relación común para sexos combinados en cada zona y la relación general para las zonas combinadas. En la tabla 3 se muestran los valores obtenidos del modelo potencial.

Tabla 3. Relación peso-longitud de la sierra del Pacífico en las tres localidades de estudio.

Parámetros	Mazatlán	Guaymas	La Paz	Total
a	0.00002	0.000007	0.000006	0.00001
b	2.84	3.02	3.03	2.89
r ²	0.98	0.95	0.95	0.97
n	224	166	176	566

Se evaluó el coeficiente de alometría “b” para cada zona mediante una prueba t. El valor de la pendiente de la relación PT-LM para Mazatlán (2.84), Guaymas (3.02) y La Paz (3.03) no fue significativamente diferente de 3 (prueba t, $p > 0.05$), por lo que la sierra del Pacífico capturado por la pesca artesanal en el Golfo de California, presenta un crecimiento de tipo isométrico en el intervalo de longitud analizado.

Al comparar la relación PT-LF entre zonas se encontró que existen diferencias significativas entre ellas (pendiente: $F = 7.20$, $p < 0.05$; elevación $F = 7.02$, $p < 0.05$). Como se detectaron diferencias en esta relación debidas al sexo se hicieron comparaciones entre zonas por sexos.

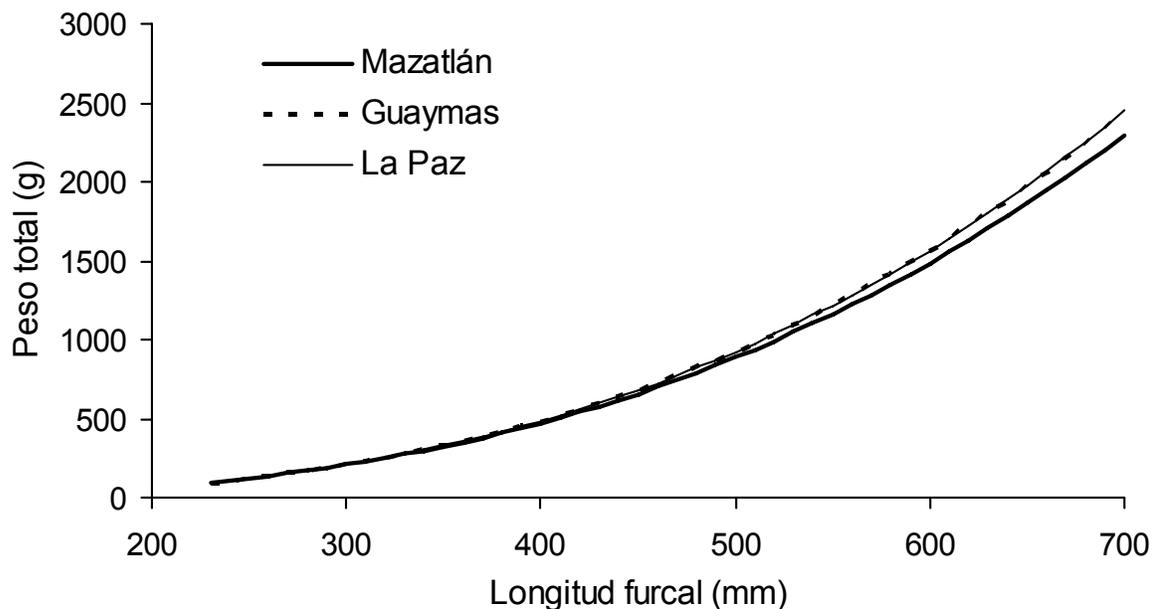


Figura 17. Relación PT-LF para machos de la sierra del Pacífico en las zonas de muestreo.

En la figura 17 se presenta la relación PT-LF para machos de las tres zonas. Se encontró que no hay diferencias significativas en esta relación (pendiente: $F = 0.17$, $p > 0.05$; elevación $F = 0.22$, $p > 0.05$). Sin embargo para las hembras se observaron

diferencias significativas (pendiente: $F= 15$, $p<0.05$; elevación $F=15$, $p<0.05$), siendo las hembras de Mazatlán más ligeras que las de Guaymas y La Paz (Fig. 18).

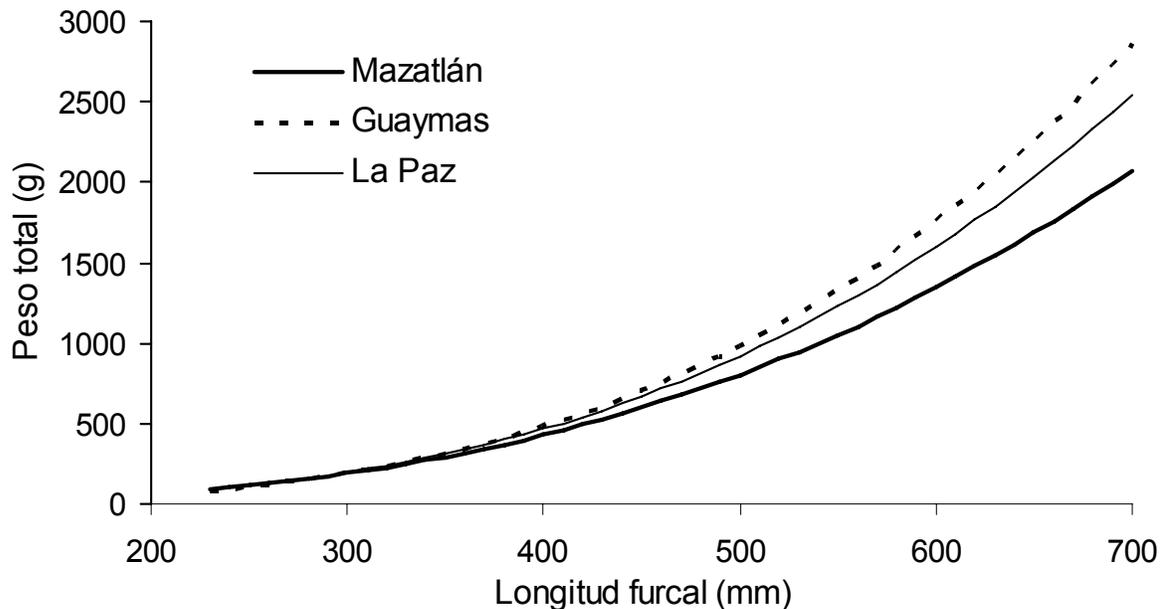


Figura 18. Relación PT-LF para hembras de la sierra del Pacífico en las zonas de muestreo.

6.4 ESTIMACIÓN DE LA EDAD

Se analizaron un total de 427 pares de otolitos de la sierra del Pacífico capturada por la flota artesanal. En Mazatlán fue posible estimar la edad a 213 ejemplares, mientras que en Guaymas fueron 145 y 63 en La Paz (Tabla 4).

En Mazatlán a la sierra del Pacífico se le asignó ocho grupos de edad (del dos al nueve) siendo el grupo tres el más abundante (41%), seguido por el cuatro con cerca del 25%, los organismos con más de 7 marcas fueron muy raros (Tabla 4, Fig. 19).

En Guaymas se obtuvo la estructura de edades más reducida, ya que sólo se encontraron siete grupos de edad (del dos al nueve), estando ausente el grupo ocho; el grupo más importante fue el cuatro (40%) seguido por el tres (25%) y el cinco (20%). Los organismos con más de 6 marcas de crecimiento fueron muy raros (Tabla 4, Fig. 19).

La sierra capturada en La Paz presentó la estructura de edades más amplia en la muestra, se asignaron 9 grupos de edad (del tres al once), siendo los individuos del grupo cinco los más frecuentes (45%), seguidos por el cuatro (18%) y el seis (15%).

La abundancia de organismos con menos de 4 marcas y más de 8 fue muy reducida (Tabla 4, Fig. 19).

Tabla 4. Número de ejemplares por grupo de edad para cada zona.

Edad	Mazatlán	Guaymas	La Paz
2	25	9	
3	87	37	1
4	54	58	12
5	24	28	27
6	13	11	10
7	6	1	6
8	3		3
9	1	1	1
10			1
11			2
Total	213	145	63

Es necesario destacar que en ninguna de las tres zonas se encontraron organismos con menos de dos marcas de crecimiento (Fig. 19, Tabla 4). A pesar de que los grupos de edad entre Guaymas y Mazatlán son casi los mismos, la importancia de los grupos jóvenes (2, 3, 4) es mayor en Mazatlán que en Guaymas, aunque en esta última zona también se observaron un mayor número de organismos con más de cinco marcas de crecimiento.

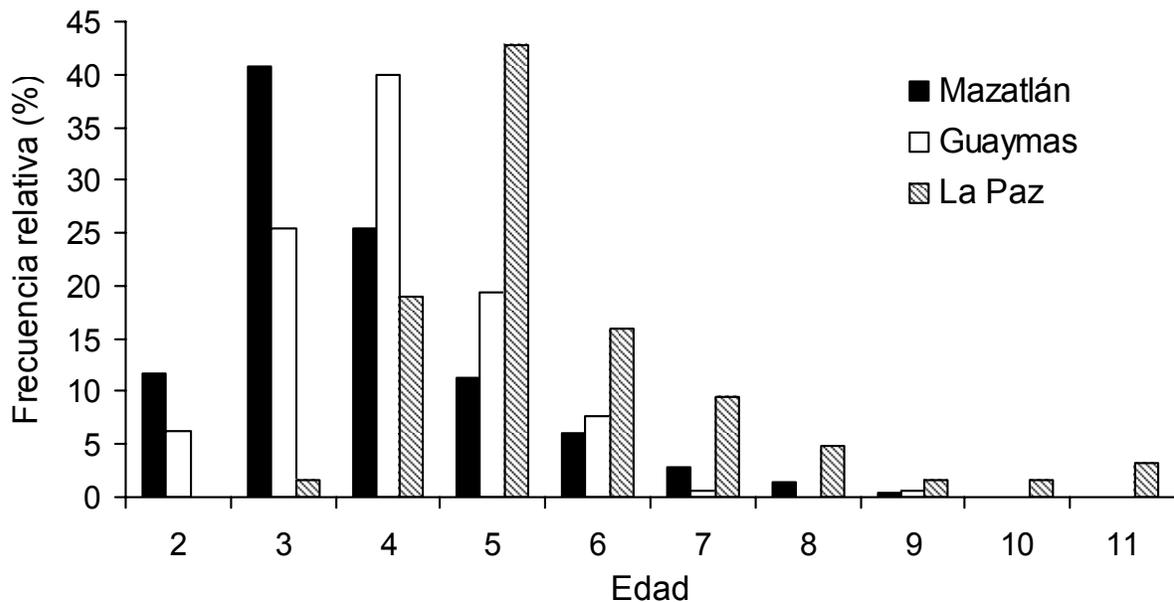


Figura 19. Estructura de edades de la sierra del Pacífico en cada zona de muestreo.

6.5 RELACIÓN RADIO DEL OTOLITO-LONGITUD DEL PEZ

Se encontró que existe una relación lineal entre la longitud furcal (LF) y el radio del otolito (RO) en las tres zonas. Los otolitos de *S. sierra* de La Paz son mayores a los de Mazatlán y Guaymas, siendo estos últimos los que presentan el radio del otolito más pequeño (Fig. 20). La mejor correlación se obtuvo en Mazatlán, seguida por La Paz y por último en Guaymas. Estos resultados indican que el otolito es una estructura adecuada para estimar el crecimiento, ya que existe una proporcionalidad entre el crecimiento somático y el crecimiento de la estructura. En la tabla 5 se presentan los valores de los parámetros y el coeficiente de determinación para cada una de las zonas y a nivel general para todo el Golfo de California.

Tabla 5. Valores de los parámetros de la relación RO-LF y el coeficiente de determinación para cada una de las zonas.

Parámetros	Mazatlán	Guaymas	La Paz	Golfo de California
a	-245.0	-47.2	46.2	-66.47
b	250.7	181.5	143.0	181.41
r ²	0.7	0.4	0.6	0.7

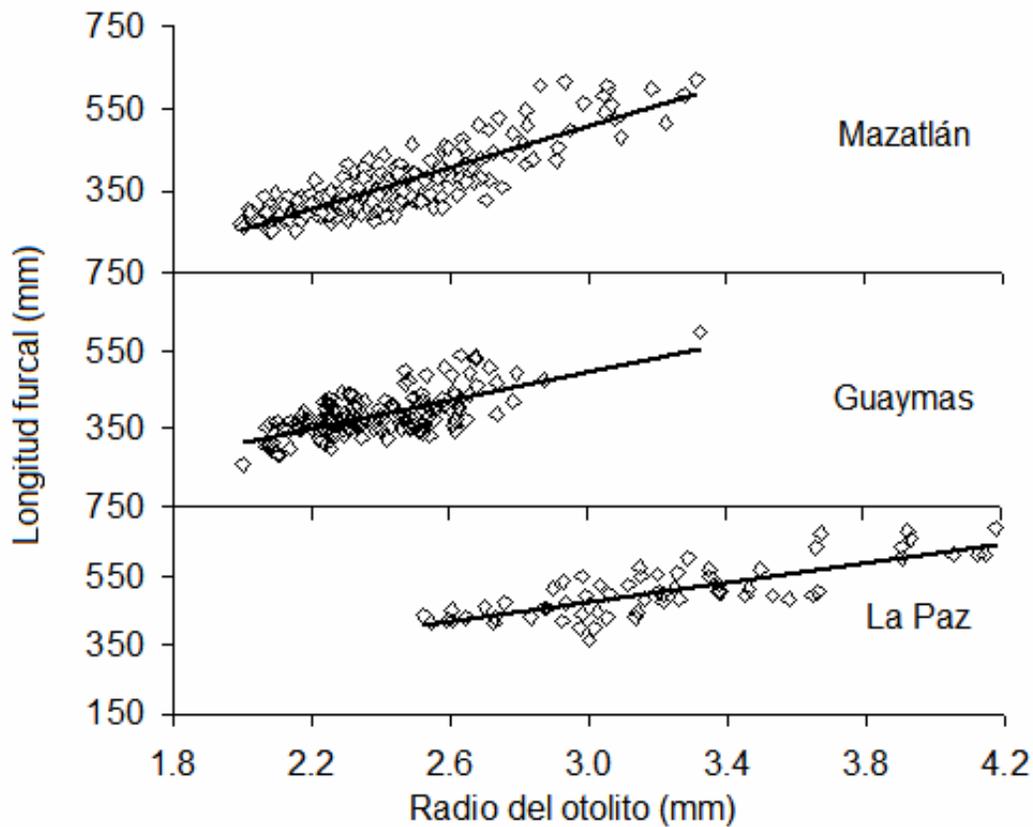


Figura 20. Relación LF-RO de la sierra del Pacífico en las zonas de estudio.

6.6 PERIODICIDAD DE FORMACIÓN DE LAS MARCAS DE CRECIMIENTO

Debido a que el análisis del ancho del margen sólo fue posible realizarlo para la zona de Mazatlán, Sin., ya que en las zonas de Guaymas y La Paz sólo se tienen muestras de 5 meses, por lo que no es posible observar ninguna tendencia, decidimos combinar todos los datos y tomar los del grupo de edad 5, ya que el número de ejemplares fue muy similar en las tres zonas.

En la figura 21 se presentan los resultados del análisis del ancho del margen, para el conjunto de los organismos de los grupos de edad 5. A pesar de que no se tienen todos los meses del año, es posible observar una tendencia. Una disminución en el ancho del margen en los meses de primavera, con los valores más altos en los meses del invierno. Es posible suponer que a finales de primavera se inicie la formación de la marca de crecimiento terminándose de depositar a mediados del invierno, presentando de esta manera una periodicidad anual.

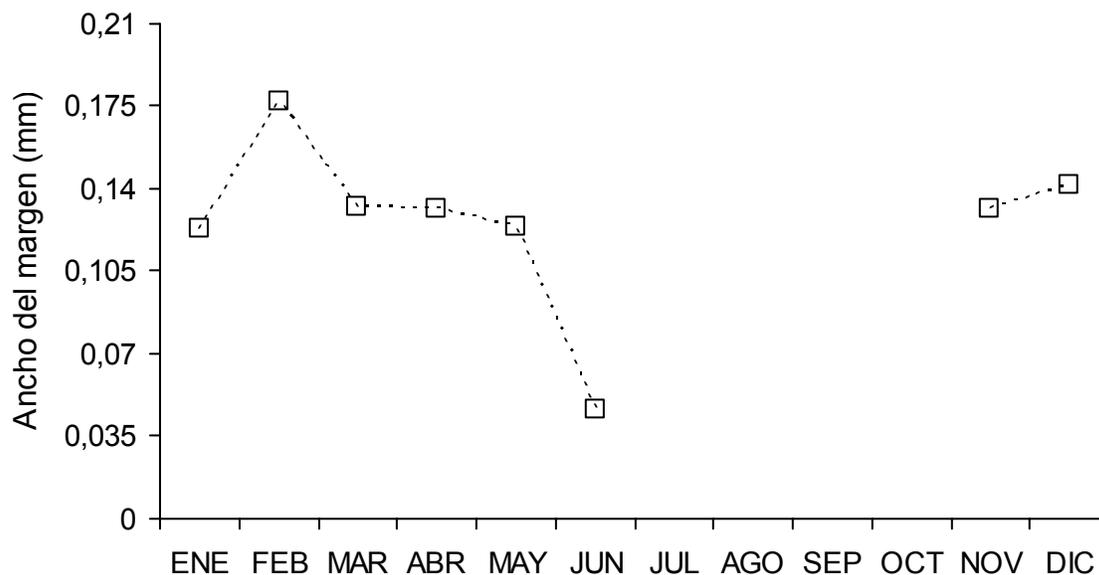


Figura 21. Análisis del ancho del margen de los otolitos de la sierra del Pacífico capturada en el Golfo de California, para el grupo de edad 5.

6.7 RETROCÁLCULO DE LONGITUDES

Con los valores del intercepto de la relación LF-RO y la distancia del núcleo del otolito a cada una de las marcas de crecimiento se obtuvieron la tallas retrocalculadas para cada grupo de edad. En la Tabla 6 se presentan las tallas

observadas y retrocalculadas para cada una de las zonas. Las tallas retrocalculadas por grupo de edad de la sierra del Pacífico en Mazatlán y Guaymas son menores a las obtenidas en La Paz.

Tabla 6. Tallas observadas y retrocalculadas de la sierra del Pacífico para cada una de las zonas.

Edad	Tallas observadas			Tallas retrocalculadas		
	Mazatlán	Guaymas	La Paz	Mazatlán	Guaymas	La Paz
1				225	209	304
2	290	296		290	310	360
3	320	354	360	336	354	405
4	368	380	442	389	390	442
5	430	421	474	452	435	479
6	491	499	532	512	499	537
7	577	530	591	570	535	580
8	595		623	595	579	612
9	620	600	655	620	600	641
10			670			661
11			685			677

En la figura 22 se presentan las tallas observadas por grupo de edad. Las tallas de la sierra del Pacífico capturada por la flota artesanal en la zona de La Paz, son mayores a las que se presentan en las zonas de Guaymas y Mazatlán. A pesar de que las tallas entre Guaymas y Mazatlán son similares, en los primeros grupos de edad las tallas de la sierra de Guaymas son un poco mayores, mientras que las tallas de los individuos mayores a 6 años son más grandes en Mazatlán.

En la figura 23 se presentan las tallas retrocalculadas para la sierra del Pacífico por grupo de edad para cada zona. Las tallas retrocalculadas de edades uno a la cinco para la zona de La Paz son mayores a las observadas en Guaymas y Mazatlán, del grupo de edad 5 en adelante las tallas son muy similares para la tres zonas aunque siguen siendo ligeramente mayores las de La Paz.

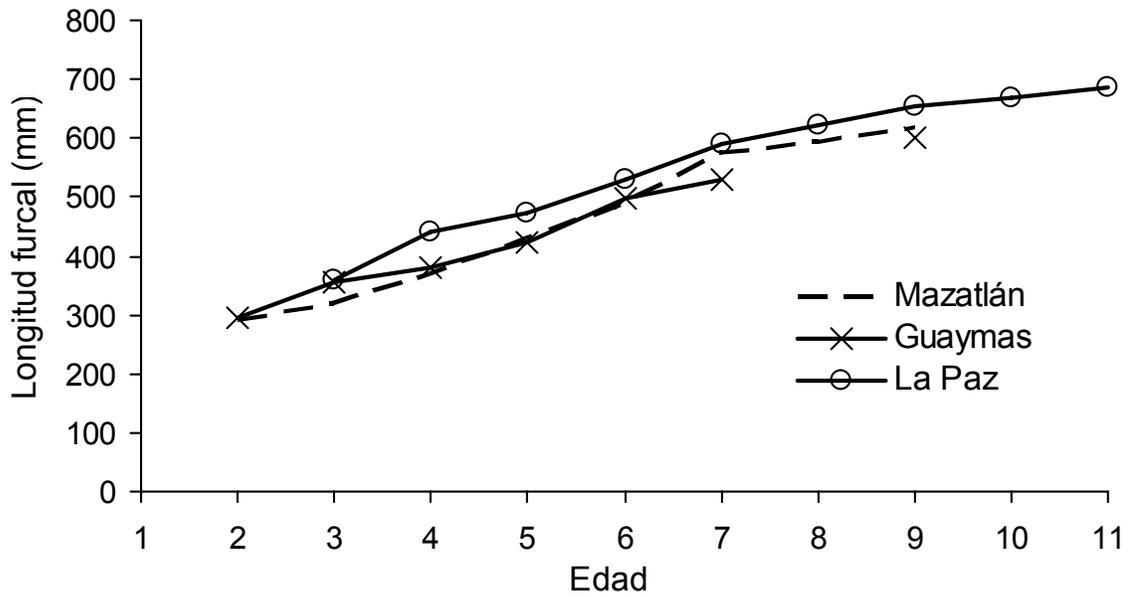


Figura 22. Tallas observadas por grupo de edad en cada zona de muestreo.

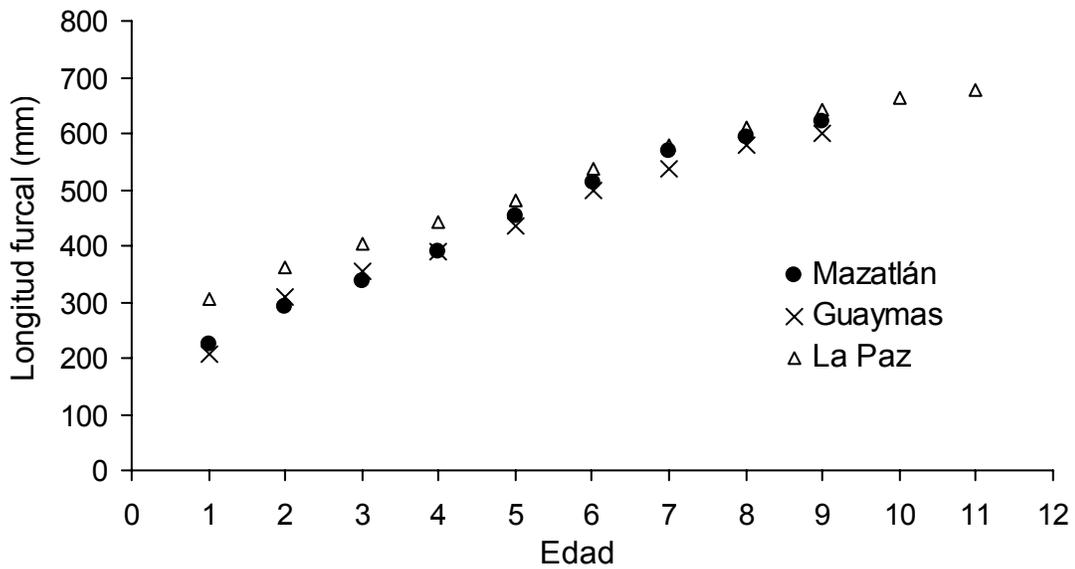


Figura 23. Tallas retrocalculadas por grupo de edad en cada zona de muestreo.

6.8 CRECIMIENTO

Para describir el patrón de crecimiento de la sierra del Pacífico se ajustó a los datos de longitud retrocalculada y longitud observada por grupo de edad al modelo de crecimiento de von Bertalanffy. Los valores de los parámetros del modelo, se obtuvieron a través de una rutina iterativa de la estimación no lineal del programa

Statística 7, utilizando un valor de 4.5 mm LF como punto de inicio de la curva, considerando que a esta talla la edad de la sierra del Pacífico es de cero años.

Los valores de los parámetros del modelo de crecimiento obtenido para la sierra del Pacífico en el Golfo de California con tallas retrocalculadas y observadas son muy similares para cada zona, sin embargo se aprecian diferencias entre las zonas (tabla 7). El valor de la talla asintótica (L_{∞}) para la sierra del Pacífico capturada en Mazatlán fue el más alto de las tres zonas, siendo el valor de Guaymas el más bajo. Por el contrario, el valor de la tasa de crecimiento (k) para la zona de Guaymas fue el más alto y el más bajo se presentó en la zona de Mazatlán, los valores para La Paz tanto para L_{∞} como para k fueron intermedios. Los valores de t_0 fueron muy similares entre las tres zonas, ya que se utilizó la talla de las larvas de *S. sierra* reportadas en la literatura, el valor menos negativo, se obtuvo en la zona de Guaymas, seguido por Mazatlán y La Paz (Tabla 7), estas diferencias pueden deberse a la talla del grupo de edad uno, ya que en Guaymas se obtuvo la longitud retrocalculada más pequeña, seguida por Mazatlán y La Paz (Tabla 6).

El valor de L_{∞} para Mazatlán y Guaymas fue mayor que la longitud máxima observada en un 18% y 9 % respectivamente, en La Paz los valores son casi iguales.

Tabla 7. Parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy para *S. sierra* en el Golfo de California.

Parámetros	Mazatlán		Guaymas		La Paz		Golfo de California	
	Obs.	Retr.	Obs.	Retr.	Obs.	Retr.	Obs.	Retr.
L_{∞}	802	732	661	652	773	688	816	751
K	0.16	0.2	0.23	0.24	0.2	0.26	0.16	0.19
t_0	-0.16	-0.32	-0.13	-0.25	-0.04	-0.4	-0.16	-0.42
R^2	0.98	0.98	0.98	0.98	0.99	0.95	0.98	0.98

A pesar de que existen diferencias entre los parámetros de crecimiento entre las zonas, el patrón de crecimiento puede ser similar, tal es el caso entre el modelo para el Golfo de California y el de Mazatlán. El modelo de crecimiento obtenido para la sierra del Pacífico de La Paz presenta mayores diferencias con respecto de los otros., esto puede verse gráficamente en la figura 24.

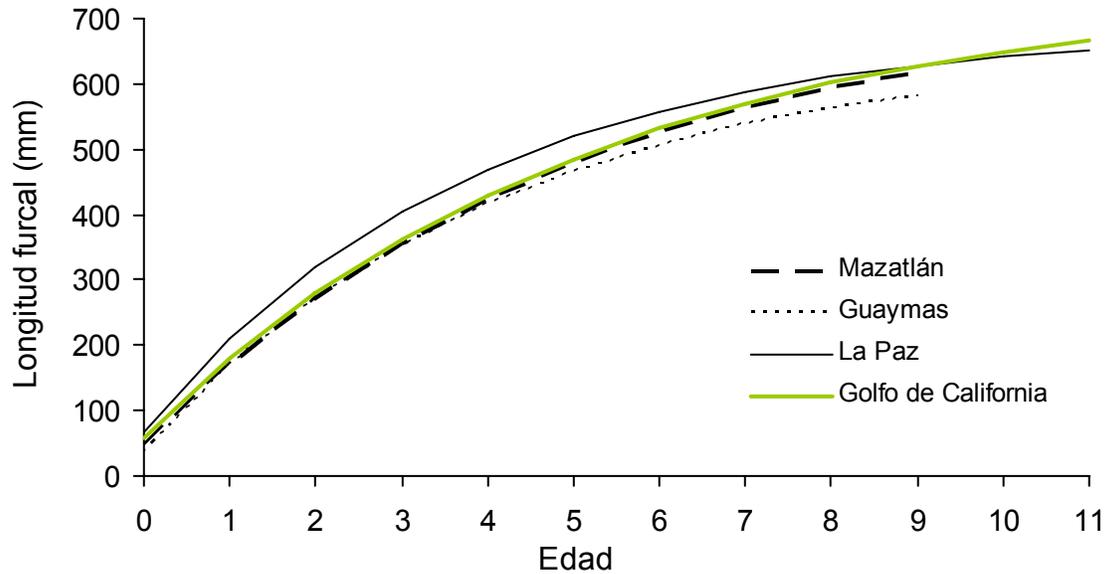


Figura 24. Modelo de crecimiento de von Bertalanffy ajustado a las tallas retrocalculadas de la sierra del Pacífico en Mazatlán, Guaymas y La Paz.

6.9 COMPARACIÓN DEL CRECIMIENTO

Al evaluar el patrón de crecimiento de la sierra del Pacífico entre las zonas de estudio a través de la prueba T^2 de Hotelling, se encontró que existen diferencias significativas (Tabla 8). Esto es evidente entre los resultados obtenidos para la sierra del Pacífico de La Paz y las otras dos áreas, ya que el modelo resultante siempre se encuentra por arriba de los otros dos. A pesar de que existen diferencias estadísticas entre Guaymas y Mazatlán, estas no son muy evidentes en la figura 24.

El valor de índice Φ' para Mazatlán fue 3.03, para Guaymas 3 y para La Paz 3.1. Estos valores son similares entre sí y nos dan una idea de la similitud entre el patrón de crecimiento, esto es, que la sierra del Pacífico en las tres zonas de estudio tiende a crecer de manera similar.

Tabla 8. Valores de la prueba T^2 de Hotelling y Phi prima (Φ') para comparar el crecimiento de la sierra del Pacífico capturada en Mazatlán (MZ), Guaymas (GY) y La Paz (LP).

Parámetros	Mz vs Gy	Mz vs LP	Gy vs LP
T^2	2955	99651	21406
T^2_0	11.4	10.9	10.9
Fo, L_∞	252	505	41
Fo, k	193	117	66
Fo, t_0	16	1720	1750
$F\alpha_{k, N1+N2-3}$	3.03	3.01	3.1

7. DISCUSIÓN

7.1 MUESTREO

Las muestras de sierra del Pacífico presentaron una estacionalidad muy marcada, siendo ésta, la misma para Guaymas y Mazatlán (noviembre a junio), mientras que las muestras de La Paz fueron más escasas. Este comportamiento es similar al que presenta la temporalidad de las capturas de sierra, ya que este fenómeno es bien conocido y aprovechado por los pescadores, ya que tienen bien identificadas las épocas en que se dan estas “corridas”. La estacionalidad de los recursos es un fenómeno muy complejo que no sólo tiene relación con las características del ambiente, sino también con el ciclo biológico de las especies y aspectos ecológicos. Un factor que pudiera estar sesgando la información sobre la estacionalidad de las especies, es la preferencia del pescador por un determinado recurso, sin embargo, al ser la pesquería artesanal una actividad multiespecífica, la sierra podría ser capturada durante todo el año, si estuviera presente en el área, por lo que su aparición en las capturas puede ser vista como un reflejo de su presencia en el área. Lizárraga-Rodríguez (1984) menciona que la temporada de pesca de la sierra del Pacífico en las costas de Nayarit se da aproximadamente de septiembre a julio, esto es, inicia un mes antes y termina un mes después que en Mazatlán y Guaymas. Arámburo-Páez *et al.* (1985) mencionan que la época de captura de esta especie en Mazatlán es de noviembre a julio, con las mayores abundancias en febrero, marzo y abril, esto coincide con nuestros resultados ya que encontramos en el presente trabajo que nuestro muestreo está regido por la presencia de la sierra del Pacífico en las capturas y observamos de igual manera un repunte de su captura en marzo-abril.

7.2 ESTRUCTURA DE TALLAS

Los ejemplares de sierra del Pacífico obtenidos a través de los muestreos en Mazatlán, presentaron un rango de tallas de 225 a 695 mm de LF, similar al de Guaymas (260 mm a 600 mm LF), mientras que en La Paz las tallas fueron mayores y variaron entre los 330 y 710 mm LF. Estas diferencias pueden deberse a que representan distintas poblacionales o a las características de los artes de pesca y los sitios de captura, entre otros factores. La similitud entre Guaymas y Mazatlán puede

ser ocasionada a que pescan en zonas costeras o esteros, y utilizan artes de pesca similares, mientras que en La Paz, se utilizan líneas de mano y anzuelos principalmente y la pesca se realiza en zonas más alejadas de la costa, obteniéndose tallas mayores. Pérez-Ramos (1994) encontró que el 72% de los viajes de pesca en Mazatlán son dirigidos hacia zonas someras de la bahía. En la mayoría de los casos en zonas someras se encuentran animales pequeños y juveniles, mientras que los organismos adultos se encuentran en zonas más profundas (Artunduaga, 1972).

Es importante señalar que en el presente estudio el intervalo de tallas analizado es más amplio que los encontrados por Verdi-Lara (1981), para la sierra de Topolobampo y Mazatlán, Sin., (280-699 mm LF; talla promedio 375 mm LF), Arámburo-Páez *et al.* (1985) (265-641 mm LF); Pérez-Ramos (1994) en la Bahía de Mazatlán, (284-660 mm LF). Este último autor comenta que el esfuerzo pesquero es soportado por organismos que oscilan entre 350 y 449 mm LT, (307 mm LF y 400 mm LF), los cuales representaron el 62% de la captura, este valor es muy similar al encontrado en la presente investigación (60% de los organismos medidos). Por otro lado Espino-Barr *et al.* (1990) en un estudio realizado de la captura comercial en las costas de Colima encontraron una distribución de tallas y un promedio mayor que las encontradas en Mazatlán (294-714 mm LF; promedio 453 mm LF).

Valdovinos-Jacobo (2006) determinó una estructura de tallas para *S. concolor* en Guaymas de 250 a 640 mm LF, la cual es muy similar al encontrado para *S. sierra* en el presente trabajo, ya que la pesquería de sierra en esta zona captura ejemplares de ambas especies con el mismo arte de pesca, esto evidencia que el arte de pesca es selectivo hacia las tallas sin considerar la especie.

7.3 RELACIÓN PESO-LONGITUD

A través de la relación PT-LF es posible obtener estimados de la biomasa, ya que con el peso promedio obtenido de la relación PT-LF se pueden conocer estimados gruesos de la biomasa sobre el tiempo y espacio colectando simplemente datos de frecuencias de tallas (Martin-Smith, 1996), también se utiliza para convertir las ecuaciones de longitud en peso como un equivalente del crecimiento en peso para

comparaciones intraespecíficas e interpoblacionales (Rodríguez y Araujo, 2003). Por otro lado es posible determinar el factor de condición del pez.

Los datos de peso-longitud de la sierra del Pacífico se ajustaron adecuadamente al modelo potencial, siendo la ganancia en peso proporcional al cubo de la talla. Para la sierra del Pacífico capturada en Mazatlán, Guaymas y La Paz el valor de la pendiente nos indicó un crecimiento de tipo isométrico ($b=3$), lo que coincide con lo reportado por Arámburo-Páez *et al.* (1985) y Pérez-Ramos (1994). Sin embargo Lizárraga-Rodríguez (1984) y Medina-Gómez (2004) encontraron para esta especie un crecimiento de tipo alométrico. Solo se detectaron diferencias en la relación PT-LF por sexos en el área de Guaymas. Esta diferencia puede deberse al efecto que tiene el desarrollo reproductivo en las hembras (Martin-Smith, 1996), ya que se ha considerado a Guaymas como una zona de reproducción, siendo las gónadas de las hembras en promedio 60% más pesadas que la de los machos, mientras que en Mazatlán y La Paz no se observaron organismos maduros o en estadios avanzados de madurez.

Las diferencias en la relación PT-LF en los peces pueden deberse a los períodos de estudio, a la época de reproducción, al sexo de los individuos, así como a las condiciones inmediatas de alimentación, lo que ocasiona variaciones en el factor de condición, y al ser evaluada la relación PT-LF en su conjunto y no en cada uno de sus parámetros, estas diferencias se hacen evidentes.

7.4 ESTIMACIÓN DE LA EDAD

Las características principales de una estructura para estimar la edad son que represente un registro continuo de la vida del organismo, que no sufra reabsorciones o que se pierda y que presente marcas que puedan asociarse a períodos definidos, principalmente años. Las bandas de crecimiento observadas en estructuras calcificadas corresponden a patrones diarios, temporales o anuales, cuya densidad óptica de las bandas permite el reconocimiento de estos patrones (Campana y Thorrold, 2001). En los otolitos de la sierra del Pacífico fue posible observar patrones de alternancia entre zonas opacas e hialinas que fueron clasificadas como marcas de crecimiento, siendo estas útiles para determinar la edad.

A pesar de la importancia que tiene la sierra del Pacífico para las capturas en el Golfo de California, los estudios sobre su biología básica son muy escasos. Cabe destacar la relevancia que presenta el presente trabajo sobre la estimación de la edad para esta especie en tres localidades del Golfo de California, ya que éste es la primera investigación que aborda estos aspectos.

Arámburo-Páez *et al.* (1985) determinaron durante su período de estudio 5 grupos de edad del uno al cinco, en la Bahía de Mazatlán, mencionando que el grupo de edad que predominó fue el tres con una talla promedio de 44.36 cm LT (410 mm LF). En nuestro estudio, el grupo de edad tres, también fue el más importante, sin embargo la estructura de edades es diferente (del grupo dos al nueve), con una talla promedio de 320 mm LF. De acuerdo a nuestros resultados a la talla de 44.36 cm LT le correspondería una edad alrededor de 5 años. Esto nos indicaría que la edad pudo haber sido subestimado por Arámburo-Páez *et al.* (1985).

El único estudio que aborda la edad de *S. sierra* en la península de Baja California es el de Barjau-González (1984), el cual a través de la observación de las marcas de crecimiento presentes en los otolitos encontró cinco grupos de edad (1 al 5) en el complejo lagunar de Bahía Almejas-Magdalena, B.C.S. Los resultados obtenidos en el presente estudio difieren de los anteriores, ya que no obtuvimos organismos con menos de dos marcas, la edad máxima fue de 11 años y el grupo de edad dominante fue el 5. Estas diferencias pueden deberse a que las muestras provienen de zonas y épocas diferentes, y que no se cuentan con criterios comunes en la estimación de la edad de esta especie, por otro lado este autor no validó por ningún medio las estimaciones de edad.

No existen trabajos previos que aborden la edad de la sierra del Pacífico en la parte norte del Golfo de California. Valdovinos-Jacobo (2006) estableció la estructura por edades de *S. concolor*, encontrando organismos de 1 a 8 años de edad, siendo los de 3 años los más abundantes, en nuestro caso la sierra en Guaymas presentó una estructura similar, aunque recorrida un grupo de edad a la derecha.

Se ha documentado que algunas especies del género *Scomberomorus* presentan un crecimiento diferencial entre machos y hembras. Johnson *et al.* (1983) estimaron la edad y el crecimiento de *S. cavalla* en el sureste de los Estados Unidos y encuentran

que las hembras crecen y viven más que los machos; esto fue corroborado por, Sturm y Salter (1989) en las costas de Trinidad ya que encontró que la estructura de edades fue de 0 a 7 para machos y de 0 a 10 para hembras. Esta situación también fue observada para *S. maculatus* por Fable *et al.* (1987) ya que encontraron que los machos alcanzan edades hasta de 7 años y las hembras de 9 años, de la misma manera Schmidt *et al.* (1993) encontraron que las hembras alcanzan hasta 11 años, mientras que machos sólo 6 años. Por otro lado para *S. commerson* no se encontraron diferencias en la talla a la edad debidas al sexo (Ballagh *et al.*, 2006). En el presente trabajo se determinó la edad sin considerar el sexo de los individuos, ya que en los análisis exploratorios se encontraron grupos de edad similares para los sexos. De esta manera, en el presente estudio en el Golfo de California encontramos una edad máxima de 11 años de edad. Para *S. maculatus* se han encontrado distintas edades máximas dependiendo del autor Schmidt *et al.* (1993) encontraron hasta 11 años, Klima (1959) estimó una longevidad de 6 años y Powell (1975) de 8 años.

7.5 RELACION RADIO DEL OTOLITO-LONGITUD DEL PEZ

En el presente trabajo se encontró que existe una relación lineal entre el radio del otolito (RO) y la talla del pez (LF) para las tres zonas. La mejor correlación se presentó en Mazatlán, seguida por La Paz y por último en Guaymas. Es importante destacar que este es el primer trabajo donde se obtiene la relación entre el otolito y la longitud para *S. sierra*. Estos resultados indican que el otolito es una estructura adecuada para estimar el crecimiento, y puede ser utilizado para retrocalcular la longitud a edades pretéritas, ya que a una mayor talla le corresponde un mayor radio del otolito. Para la otra especie del genero en el área de estudio Valdovinos-Jacobo (2006) encontró una relación lineal entre RO-LF para (*S. concolor*), con estos resultados estimo las tallas retrocalculadas por grupo de edad.

7.6 PERIODICIDAD DE FORMACIÓN DE LAS MARCAS DE CRECIMIENTO

La validación es el proceso de estimar la exactitud de un método de determinación de edad y el primer paso en la validación involucra la confirmación de la temporalidad de la formación de las zonas de crecimiento (Francis, 1995). Con este fin se utilizó el

análisis del incremento del ancho del margen de los otolitos. A pesar de que no se cuenta con un año completo de muestras, debido a la naturaleza migratoria de la especie, fue posible obtener un panorama general de la época de formación de las marcas de crecimiento. Nuestros resultados sugieren que el patrón de formación de las marcas de crecimiento es anual. La zona hialina se ha asociado a períodos durante los cuales la tasa metabólica disminuye, mientras que la zona opaca se deposita durante períodos de crecimiento acelerado (Beckman y Wilson, 1995). En el único trabajo donde se utilizaron otolitos para estimar la edad de *S. sierra* no se determinó la periodicidad de formación de las marcas de crecimiento, solo se asumió que eran anuales (Barjau-Gonzalez, 1984). Para otras especies del género (*S. cavalla*, *S. maculatus*, *S. commerson*) se ha encontrado que las marcas de crecimiento se depositan anualmente (Johnson *et al.*, 1983; Schmidt *et al.*, 1993; Ballagh *et al.*, 2006).

7.7 RETROCÁLCULO DE LONGITUDES

Las tallas promedio por grupo de edad para la *S. sierra* de La Paz fueron las más altas, mientras que las tallas de Mazatlán son menores a las de Guaymas en los primeros grupos de edad, pero a partir de la edad seis esta tendencia se invierte.

Las diferencias en la talla promedio por grupo de edad pueden indicar que la sierra del Pacífico del área de La Paz proviene de una población diferente a la de Guaymas y Mazatlán, perteneciendo estas dos últimas zonas a un mismo grupo. Por otro lado, también podrían deberse a las características de los artes y zonas de pesca, sin embargo dichas diferencias deberían atenuarse conforme se incrementa la talla en las otras zonas, lo cual no sucede. Esto es, las tallas promedios de los grupos de edad que comparten las tres zonas deberían tener tallas similares, sin embargo las tallas por grupo de edad de la sierra en La Paz siempre son mayores a las de las otras dos zonas.

El análisis del retrocálculo de longitudes se basa en que existe un crecimiento proporcional entre otolito (y las marcas de crecimiento presentes en él) y el crecimiento somático. Este análisis es una técnica que permite extraer la historia de vida de los peces, mediante varias medidas tomadas del organismo para inferir su

longitud, basándose en las marcas de crecimiento presentes en las estructuras duras utilizadas para estimar la edad (Araya y Cubillos, 2002).

El principal uso que se le ha dado al retrocálculo ha sido el de estimar la longitud de los individuos jóvenes cuando están ausentes de la muestra. Como no se tuvieron organismos con menos de 2 años para la sierra del Pacífico en el Golfo de California se utilizó el análisis del retrocálculo. Con la relación entre RO-LF se obtuvo la talla a edades pretéritas de la sierra del Pacífico para cada una de las zonas. Al igual que las tallas observadas, las tallas retrocalculadas son mayores en la zona de La Paz que en Guaymas y Mazatlán. Como las muestras provienen de la pesquería artesanal los ejemplares jóvenes o de tallas pequeñas se encuentran pobremente representados en la muestra o pueden estar totalmente ausentes, con lo que los modelos de crecimiento tienden a sobreestimar el crecimiento. A través del retrocálculo fue posible obtener las tallas de organismos que no estaban presentes en la muestra, para el caso de La Paz, los organismos de edad 1, 2 y 3, mientras que para Mazatlán y Guaymas los organismos de edad uno. Por otro lado el uso del retrocálculo para estimar el crecimiento permite disminuir el sesgo que se origina por la selectividad del arte de pesca asociado a las muestras provenientes de las pesquerías de especies con rápido crecimiento, esto fue comprobado por (Ballagh *et al.*, 2006), para *S. commerson* en Australia, donde las talla observadas sobreestimaban de manera significativa la talla promedio en los primero grupos de edad.

7.8 CRECIMIENTO

En lo que se refiere al crecimiento de *S. sierra*, los parámetros del modelo de von Bertalanffy para Mazatlán fueron $L_{\infty} = 732$ mm, $k = 0.2$ y $t = -0.32$, en Guaymas $L_{\infty} = 652$ mm, $k = 0.24$ y $t_0 = -0.25$ y finalmente para La Paz obtuvimos una $L_{\infty} = 688$ mm, $k = 0.26$ y una $t_0 = 0.40$. Y para el Golfo de California se obtuvo una $L_{\infty} = 751$ mm, $k = 0.19$ y $t = -0.42$.

Los trabajos donde se han reportado estimaciones del crecimiento sobre esta especie son muy escasos. Espino-Barr *et al.* (1990) en el litoral de Colima, reportó parámetros del modelo de von Bertalanffy diferentes a los reportados en este estudio ($L_{\infty} = 80.7$ cm LT, $k = 0.36$ y $t_0 = -0.023$). Estas diferencias se deben al método

empleado para estimar dichos parámetros, ya que estos autores utilizaron el análisis de frecuencia de tallas (ELEFAN), mientras que en el presente trabajo se obtuvieron la longitud por grupo de edad a través de estructuras duras.

Schmidt *et al.* (1993) en un estudio sobre *S. maculatus* reportaron los siguientes parámetros de crecimiento para sexos combinados L_{∞} de 760 mm LF, k de 0.18 y una t_0 de -2.44, que son similares a los valores encontrados para el área de Mazatlán. Esto puede deberse a que estas dos especies poseen características muy similares, tan así que *S. sierra* y *S. maculatus* han sido confundidas e incluso a la primera se le ha llegado a considerar como una subespecie de *S. maculatus* (Collette-Nauen, 1983).

Las estimaciones del crecimiento hechas a través de la estructura de tallas son útiles para especies con ciclo de vida corto, con tasas de crecimiento aceleradas y con un solo período de reproducción anual, para el caso de la sierra tenemos que a pesar de ser una especie con crecimiento acelerado, y presentar un solo pico de reproducción, no es una especie con ciclo de vida corto, ya que encontramos organismos de hasta 11 años de edad. Es importante destacar que este es el primer reporte sobre la edad y el crecimiento de la sierra del Pacífico (*S. sierra*) con base en estructuras duras, con lo cual se sienta un precedente para la especie, ya que estas estimaciones presentan un soporte más sólido.

Al ser k y L_{∞} , parámetros estrechamente correlacionados, variaciones de un parámetro tiene un efecto con sentido contrario sobre el otro. Así, podríamos tener una subestimación de k , debido a la falta de representatividad en nuestro muestreo de los individuos más pequeños y que, al ser dominantes los adultos, la talla asintótica se sobrestime. La utilización del valor de la larva mas pequeña reportada en la literatura, reduce esta subestimación, ya que obliga al modelo a iniciarse a una talla muy cercana a cero, que corresponde al momento de la eclosión cuando la edad es cero.

7.9 COMPARACION DEL CRECIMIENTO

La T^2 de Hotelling, es un procedimiento estadístico multivariado donde todas las diferencias en los valores de los parámetros, son probadas simultáneamente. Se obtuvieron diferencias significativas en el patrón de crecimiento de *S. sierra* entre las

zonas, de igual manera en todos los casos, los estimados de L_{∞} , k y t_0 fueron diferentes. Una de las particularidades de esta prueba es su extremada sensibilidad, por lo que estas diferencias pueden ser solo variaciones normales en el crecimiento. Por otro lado, la magnitud de las variaciones de los parámetros entre las zonas nos pudieran estar indicando influencias de las artes de pesca, la vulnerabilidad del recurso en cada zona, el método de colecta, factores ambientales, la época de reproducción, alimento y factores genéticos (McNair *et al.*, 2001).

Al obtener los valores de Φ' , observamos que la sierra presentó valores muy similares en las tres localidades. Pauly y Munro (1984) establecen a phi prima como una medida de la similitud entre pares de estimaciones de K y L_{∞} , mencionan que esta prueba tiende a presentar valores muy similares entre si a nivel de especie, y que cuando un valor alejado o en la orillas de la distribución de Φ' debe tomarse con cautela. Con los valores reportados por Espino-Barr *et al.* (1990) para la sierra de Colima se obtuvo el valor de $\Phi'=3.36$, el cual es relativamente mayor al encontrado en este estudio. Como no se tienen mas reportes del crecimiento de la sierra del Pacifico se obtuvieron los valores de Φ' para las especies del género *Scomberomorus* de la página www.fishbase.org, los cuales se presentan en la figura 25.

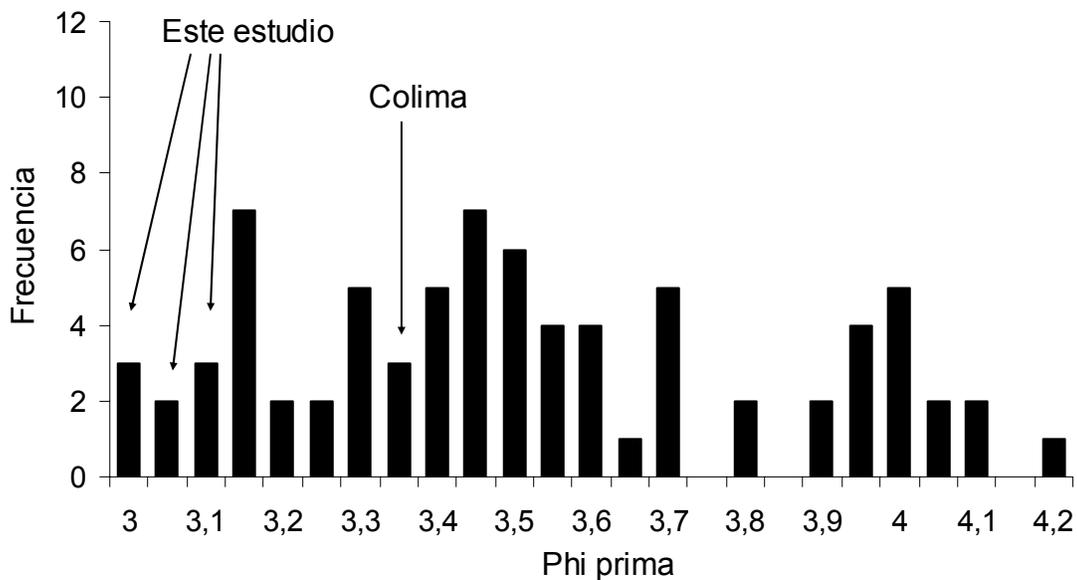


Figura 25 Distribución de valores de phi prima para especies del género *Scomberomorus* (tomados de www.fishbase.org).

Los valores de Φ' para *S. sierra* obtenidos en el presente estudio (3.03 para el Golfo de California) son similares a los de *S. regalis* (2.99) y *S. maculatus* (3.21). Esta coincidencia en los valores de phi prima puede deberse a que estas especies presentan tallas máximas reportadas muy parecidas, para *S. sierra* 99 cm LT, para *S. regalis* 84 cm LT y *S. maculatus* 94 cm LT. Los valores de Φ' mayores a 3.6 corresponden en su gran mayoría a *S. commerson*, cuya talla máxima es de 185 cm LT. Con esta información es posible suponer que las estimaciones de los parámetros de crecimiento obtenidos en el presente estudio están dentro del intervalo reportado para especies del género *Scomberomorus* con tallas similares a las de *S. sierra*.

Podemos tratar de explicar las variaciones de tallas y edad entre las zonas desde dos puntos de vista. El primero que las diferencias sean originadas por las características de la flota artesanal, por ejemplo, la zona de pesca, ya que a diferencia de La Paz, la pesca en Mazatlán y Guaymas se realiza en zonas más costeras y en esteros, ya que la plataforma continental es mucho más extensa en el lado occidental del Golfo de California.

La otra hipótesis que se puede plantear, es que las diferencias nos están señalando la existencia de dos grupos poblacionales, uno en las costas del macizo continental y otro grupo en la península, constituido por organismos de tallas grandes. Esto puede ser soportado por la información asociada a la presencia de larvas de *S. sierra* en el Pacífico mexicano. Klawe (1966) solo encontró larvas en las costas de Guerrero (el grupo que migra a Guaymas y Mazatlán) y en la costa del Pacífico de la Península de Baja California (el grupo que pudiera migrar hacia la Bahía de La Paz). La presencia de más de un stock se ha observado para *Scomberomorus cavalla* en el Golfo de México. Diversos autores han identificado dos stocks con diversos estudios como marcado-recaptura (Fable *et al.*, 1990), investigaciones electroforéticas (Johnson *et al.*, 1993), migración (Trent *et al.*, 1987) y reproducción (Grimes *et al.*, 1990). Además, en un estudio elaborado por Madrid y Beltrán en el 2001 sobre dorado (*Coryphaena hippurus*) en los litorales de Sinaloa, Nayarit y Baja California Sur, encuentran diferencias poblacionales entre regiones, esto es que los organismos de Baja California Sur presentan diferencias con los de Sinaloa y Nayarit que son más semejantes. Estas diferencias son asociadas a las características

geográficas particulares, como que la zona de Los Cabos, B.C.S. carece de plataforma continental y las profundidades de 500 m son muy cercanas a la costa (Abítia-Cárdenas 1992). Por otro lado también lo atribuyen a que en la boca del Golfo de California, convergen diversas corrientes marinas, las cuales varían estacionalmente: la de California, la Corriente Norecuatorial, la Contracorriente Norecuatorial y la Corriente Costera de Costa Rica (Baugmarter y Christensen 1985, Badan, 1997), esto hace que la península de B.C.S. quedé aislada oceanográficamente durante los inviernos y durante el verano se rompen las separaciones (Madrid & Beltrán-Pimienta, 2001). Es evidente que el presente trabajo no permite sustentar ninguna de estas dos hipótesis ya que sería necesario hacer un estudio enfocado específicamente a la migración o marcado y recaptura de esta especie en el Pacífico mexicano.

8. CONCLUSIONES

La sierra del Pacífico de La Paz presenta tallas mayores que las de Guaymas y Mazatlán, estas diferencias pueden deberse al arte y a las zonas de pesca (costeras y oceánicas) donde son capturadas.

La estructura de tallas por sexo en Mazatlán y la Paz mostró diferencias significativas, mientras que en Guaymas, la estructura de tallas es la misma para machos y hembras. Este fenómeno no tiene una explicación biológica sencilla.

La estructura mensual de tallas permitió observar la ausencia de sierras grandes en Mazatlán en los meses de primavera, lo cual es ocasionado por la naturaleza migratoria de la especie, y pudiera pensarse que Mazatlán es una zona de tránsito entre las zonas de alimentación y reproducción.

La relación PT-LF por sexos de cada zona no mostró diferencias significativas en Mazatlán y La Paz, sin embargo en Guaymas si hubo diferencias, lo cual puede asociarse al desarrollo de la madurez gonádica en esta última zona.

Los otolitos son estructuras útiles para determinar la edad y reflejan adecuadamente el crecimiento de la sierra del Pacífico, encontrándose 8 grupos de edad en Mazatlán, 7 en Guaymas y 9 en La Paz. El organismo de mayor longevidad fue de 11 años de edad.

Se observaron diferencias en las tallas promedio por grupo de edad así como en el patrón de crecimiento de la sierra del Pacífico entre las zonas de estudio, estas diferencias pueden deberse a las características de la pesquería (arte y zonas de pesca) y/o a la presencia de diferentes grupos poblacionales.

Los parámetros de crecimiento obtenidos para la sierra del Pacífico en el Golfo de California fueron $L_{\infty} = 751$ mm, $k = 0.19$ y $t = -0.42$ utilizando longitudes retrocalculadas.

9. RECOMENDACIONES

-Es necesario llevar a cabo estudios de marcado para determinar la ruta migratoria de *Scomberomorus sierra* y de esta manera establecer si se presentan diversos grupos poblacionales (en la península de Baja California y en las costas del macizo continental).

-Llevar a cabo un programa de muestreos en distintos puntos de las costas del Pacífico mexicano, lo que permitirá conocer las características de este recurso en cada región y proporcionara información acerca de las zonas de reproducción.

-A pesar de que se han realizado estudios sobre la biología de la especie, es necesario que se establezcan proyectos interdisciplinarios que aporten información de diversa índole, que abarquen aspectos pesqueros y sociales, que permitan establecer las medidas de regulación más adecuadas para promover un aprovechamiento sustentable del recurso.

10. BIBLIOGRAFIA

- Abítia-Cárdenas, L. A. 1992. Espectro trófico energético del marlin rayado *Tetrapturus audax* (Phillippi, 1887) y marlin azul *Makaira mazara* (Judan y Saydor, 1902) de la zona de Cabo San Lucas, Baja California Sur, México. Tesis de Maestría. Centro de Investigación en Ciencias marinas- Instituto Politécnico Nacional, 76 p.
- Araya, M. & L. Cubillos. 2002. El análisis retrospectivo del crecimiento en peces y sus problemas asociados. *Gayana (Concepc.)* 66 (2):161-179.
- Arámburo-Páez, G., J.M. Luna-García, G. Tirado-Estrada., A. Crespo-Domínguez., F. Javier-Ramírez., M. E. Jasso-Aguirre & E. Peralta-Ramírez. 1985. Breve estudio sobre la sierra (*Scomberomorus sierra*), capturada por pescadores libres de Playa Norte e Isla de La Piedra, Mazatlán, Sin. México. Memoria del servicio social. Escuela Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa. 19 p.
- Artunduaga, E. 1972. La sierra (*Scomberomorus sierra*, Jordan y Starks) del Pacífico Colombiano. *Divulgación Pesquera*, 8 (4): 72p.
- Badan, A. 1997. La corriente Costera de Costa Rica en el Pacífico Mexicano, p. 99-113. *In* F. M. Lavín (ed.). *Contribuciones a la Oceanografía Física en México*. CONACYT, México, D. F
- Ballagh, A. C., G. A. Begg, A. Mapleston. & A. Tobin. 2006. Growth trends of Queensland east coast Spanish mackerel (*Scomberomorus commerson*) from otolith back-calculations. *Marine and Freshwater Research*. 57:383–393.
- Barjau, G. E. 1984. Contribución al conocimiento de la estructura poblacional de capturas comerciales de la sierra del pacífico *Scomberomorus sierra*, Jordan and Starks, 1986 en las Bahías Magdalena y Almejas, Municipio de Comondú, Baja California Sur, México, Tesis profesional, U.A.B.C.S. 58 p.
- Baumgartner, R. T. & N. Christensen Jr. 1985. Coupling of the Gulf of California to large-scale interannual climatic variability. *J. Mar. Res.* 43: 825-848.

- Bernard, D. R. 1980. Multivariate analysis as a means of comparing growth in fish." *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 28: 233-236.
- Beckman, D.W. & C. A. Wilson. 1995. Seasonal timing of opaque zone formation in fish otoliths. En: Secor, D.H., J.M. Dean & S.E. Campana (eds), *Recent developments in fish otolith research* 27-43. Univ. of South Car. Press.
- Campana, S. E. 1999. "Chemistry and composition of fish otolith: Pathways, mechanism and applications." *Mar ecol. progress series*. 188: 263-297.
- Campana, S. E. & S. R. Thorrold. 2001. Otoliths, increments, and elements: keys to a comprehensive understanding of fish populations. *Can, J. Fish. Aquat. Sci.* 58: 30-38.
- Carlander, K. D. 1981. Caution on the use of the regression method of back-calculating lengths from scale measurements. *Fisheries* 6: 2-4.
- Cervantes-Escobar, A. 2004. Variación estacional de la estructura de tallas y madurez gonadal de la sierra del Pacífico *Scomberomorus sierra* en la costa este del Golfo de California. Tesis de Licenciatura. Facultad Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa. 32 p.
- Collette, B. B. & C. E. Nauen. 1983. *FAO species catalogue. Vol. 2. Scombrids of the world. An annotated and illustrated catalogue of tunas, mackerels, bonitos and related species know to date.* *FAO Fish. Synop.* 125. Vol. 2, 137 p.
- Eckles, H. H. (1949). Observations on juvenile oceanic skipjack (katsuwones pelamis) from Hawaiiin water and sierra Mackerel (*Scomberomorus sierra*) from the Eastern Pacific. *Fishery Bulletin.* 51(48):243-350.
- Espino-Barr E., M. Cruz-Romero & A. García-Boa. 1990. Biología pesquera de tres especies de la familia Scombridae en el litoral de Colima, México. 65-74, In: Dailey, M., y H. Bertsch. (Ed.) *Memorias del VIII Simp. Biol. Mar. Ensenada, México.*
- Fable, W. A., A. G. Johnson & L. E. Barger. 1987. Age and growth of Spanish mackerel *Scomberomorus maculates*, from Florida and the Gulf of México. *Fishery Bulletin.* 85: 777-783.

- Fischer, W., F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K.E. Carpenter & V.H. Niem. 1995. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental. Vol. III. Vertebrados parte 2. FAO.
- Francis, R.I.C.C. 1995. The analysis of otolith data. En: Secor, D.H., J.M. Dean & S.E. Campana (Eds), Recent developments in fish otolith research 81-95. Univ. of South Car. Press.
- Gallardo-Cabello, M., E. Espino-Barr, F. González-Orozco & A. García-Boa. 2003 Age determination of *Anisotremus interruptus* (Perciformes: Haemulidae) by scale reading, in the coast of Colima, México. Rev. Biol. Trop. 51(2): 519-528.
- Grimes, C. B., J. H. Finucane, L. A. Collins & D. A. Devries. 1990. Young king mackerel, *Scomberomorus cavalla*, in the Gulf of Mexico , a summary of the distribution and occurrence of larvae and juveniles, and spawning dates for Mexican juveniles. Bull. Mar. Sci. 46: 640-654.
- Johnson, A.G., W. A. Fable, Jr. M. L. Williams & L. E. Barger. 1983. Age, growth and mortality of king mackerel, *Scomberomorus cavalla*, from the southeastern United States. Fishery Bulletin. 81(1): 97-106.
- Johnson, A. G., W. A. Fable Jr, C. B. Grimes & L. Trent. 1993. Evidence for distinct stocks of king mackerel, *Scomberomorus cavalla*, in the Gulf of Mexico. Fishery Bulletin. 92. 91-101.
- Jones, R. E., R. J. Petrell & D. Pauly. 1999. Using modified length-weight relationships to assess the condition of fish. Aquacultural engineering (20): 261-276.
- Klawe, W. L. 1966. Notes on occurrence of young and spawning of *Scomberomorus sierra* in the Eastern Pacific Ocean. Pacific Science. 20(4): 445-451.
- Klima, E. F. 1959. Aspects of the biology and the fishery for *Scomberomorus maculatus* (Mitchill), of southern Florida. Fla. Board Conserv., Mar. Res. Lab. Tech. Ser. No. 27, 39 p.

- Lizárraga-Rodríguez, H. 1984. Contribución al conocimiento de la pesquería de la sierra S. sierra en la costa del estado de Nayarit. Tesis Profesional. Escuela Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa.
- MacNair, L. S., M. L. Domeier & C. S. Y. Chun. 2001. Age, growth, and mortality of California halibut, *Paralichthys californicus*, along southern and central California. Fishery Bulletin. 99:588-600.
- Madrid, J.V. & R. Beltrán-Pimienta. 2001. Longitud, peso y sexo del dorado *Coryphaena hippurus* (Perciformes: Coryphaenidae), del litoral de Sinaloa, Nayarit y Baja California Sur, México. Rev. Biol. Trop., Vol.49, no.3-4, p.931-938.
- Martin-Smith, K. M. 1996. Length/Weight relationships of fishes in a diverse tropical freshwater community, Sabah, Malaysia." J. Fish Biol. 49: 731-734.
- Medina-Gómez, S. P. 2004. Variación estacional de la estructura de tallas y madurez gonadal de *Scomberomorus concolor* (Lockington, 1879) y *Scomberomorus sierra* Jordan y Starks, 1895 en la costa este del Golfo de California, México. Tesis de Licenciatura. Facultad Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa. 37 p.
- Montemayor-López, G. & Cisneros-Mata, M. A. 2000. La Sierra del Golfo De California. En: Sustentabilidad y Pesca Responsable en México; Evaluación y manejo 1997-1998. SEMARNAP-IPN. Pp. 261-273.
- Moser, H. G., H. E. Ahlstrom, D. Kramer & E. G. Stevens. 1973. Distribution and abundance of fish eggs and larvae in the Gulf of California. CalCOFI Rep. 17: 112-128.
- Pauly, D. & J. L. Munro. 1984. Once more on growth comparison in fish and invertebrates. Fishbyte 2(1):21.
- Pérez-Ramos, V.H. 1994. Maduración sexual, hábitos alimenticios, estructura poblacional, variación temporal del esfuerzo y captura de la pesquería de la sierra del pacífico (*S. sierra*) en la bahía de Mazatlán, Sinaloa durante el

- período 1988-1989. Tesis profesional. Facultad Ciencias del Mar Universidad Autónoma de Sinaloa.
- Powell, D. 1975. Age, growth, and reproduction in Florida stocks of Spanish mackerel, *Scomberomorus maculatus*. Fla. Dep. Nat. Resour., Fla. Mar. Res. Publ. No. 5, 21 p.
- Rodrigues, C. M. & F. C. Araujo. 2003. Length-weight relationship and condition factor of *Micropogonias furnieri* (Desmarest) (Perciformes, Scianidae) in the Sepetiba Bay, Rio de Janeiro, Brazil. Rev. Brasil. Zool. 20(4): 685-690.
- Ruíz-Durá, M. F. 1993. Recursos Pesqueros de las Costas de México. Su Conservación y Manejo Socioeconómico. Pp. 243-247.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) & CONAPESCA (Comisión Nacional de Agricultura y Pesca). 2003. Anuario Estadístico de Pesca.
- Schmidt, D. J., Collins M. R. & D.M. Wyanski. 1993. Age, growth, maturity, and spawning of Spanish mackerel, *Scomberomorus maculatus* (Mitchill), from the Atlantic Coast of the southeastern United States. Fishery Bulletin 91: 526-533.
- Sturm, M. G. de L. & P. Salter. 1989. Age, growth, and reproduction of king mackerel *Scomberomorus cavalla* in Trinidad waters. Fishery Bulletin, U.S. 88: 361-370.
- Trent, L., B. J. Palko, M. L. Williams & H. A. Brusher. 1987. Abundance of king mackerel *Scomberomorus cavalla*, in the southeastern United States based on CPUE data from charterboats 1982-85. Mar. Fish. Rev. 49 (2): 78-90.
- Valdovinos-Jacobo, L. A. 2004. Variación estacional de la estructura de tallas y la relación longitud-peso de la sierra del golfo *Scomberomorus concolor* (Lockington, 1879) en el Golfo de California. Tesis de Licenciatura. Facultad Ciencias del Mar. Universidad Autónoma de Sinaloa. 33 p.
- Valdovinos-Jacobo, L. A. 2006. Edad, crecimiento y mortalidad de la sierra del Golfo *Scomberomorus concolor* (Lockington, 1879) en el Golfo de California. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. 60p.

Verdi-Lara, A. 1981. Descripción de la unidad de pesquería de la sierra del Pacífico *Scomberomorus sierra*, Jordan y Starks, 1985, en los puertos de Mazatlán y Topolobampo, Sinaloa. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. Pp.117.

Zar, J. H. 1996. Biostatistical Analysis. 2nd ed. Englewood, UK: Prentice Hall, 718 p.