



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS



**VARIACIÓN ESPACIAL DE LA EDAD Y
CRECIMIENTO DE LA SIERRA DEL PACÍFICO**
Scomberomorus sierra JORDAN Y STARK EN
JORDAN, 1895 (PERCIFORMES: SCOMBRIDAE)
EN EL PACÍFICO MEXICANO

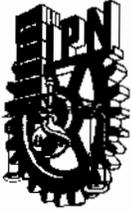
TESIS

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

PRESENTA

BIÓL. CRISTHIAN ABEL ROBLES COTA

LA PAZ. B.C.S., JUNIO DE 2011



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

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 12:00 horas del día 16 del mes de Noviembre del 2010 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis titulada:

“VARIACIÓN ESPACIAL DE LA EDAD Y CRECIMIENTO DE LA SIERRA DEL PACÍFICO *Scomberomorus sierra* JORDAN Y STARKS EN JORDAN, 1895 (PERCIFORMES: SCOMBRIDAE) EN EL PACÍFICO MEXICANO”

Presentada por el alumno:

ROBLES Apellido paterno	COTA materno	CRISTHIAN ABEL nombre(s)
		Con registro: A 0 9 0 1 4 4

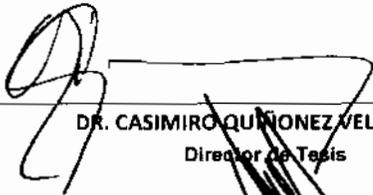
Aspirante de:

MAESTRIA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

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

LA COMISION REVISORA

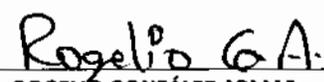
Directores de Tesis


DR. CASIMIRO QUIÑONEZ VELÁZQUEZ
Director de Tesis

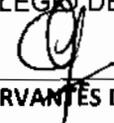

DR. ROBERTO FÉLIX URAGA
Director de Tesis

DR. LEONARDO ANDRÉS ABTIL CÁRDENAS


MC FELIPE MERMELLO BARRERA


DR. ROGELIO GONZÁLEZ ARMAS

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES


DR. RAFAEL CERVANTES DUARTE



IPN
CICIMAR
DIRECCION



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 17 del mes Noviembre del año 2010
el (la) que suscribe BIOL. CRISTHIAN ABEL ROBLES COTA alumno(a) del
Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS
con número de registro A090144 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS
manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de:
DR. CASIMIRO QUIÑONEZ VELÁZQUEZ y DR. ROBERTO FÉLIX URAGA
y cede los derechos del trabajo titulado:

“VARIACIÓN ESPACIAL DE LA EDAD Y CRECIMIENTO DE LA SIERRA DEL PACÍFICO *Scomberomorus sierra*
JORDAN Y STARKS EN JORDAN, 1895 (PERCIFORMES: SCOMBRIDAE) EN EL PACÍFICO MEXICANO”

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

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Éste, puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: cristhian_robles@hotmail.com - cquinone@ipn.mx - rfelix@ipn.mx

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

BIOL. CRISTHIAN ABEL ROBLES COTA

(Nombre y firma)

Dedicatoria

Al gran amor de mi vida, Griselda Gpe. Rubio Castro por ser siempre tan especial y estar conmigo en todo momento, así como a mis dos grandes tesoros Abel y Cristhian.

A mis padres: Maria Delia Cota López y Gpe. Humberto Robles Rivera, los más grandes amigos que la vida me haya podido dar, gracias por su apoyo incondicional, simplemente todo lo que soy es por ustedes.

A mis hermanos: Humberto, José Luis, Rosario, Maria de la Luz y Julio Cesar. Gracias por todo su apoyo.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Politécnico Nacional (IPN) y al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR) por la oportunidad de crecer en el ámbito de la investigación permitiéndome desarrollar mi trabajo en sus instalaciones.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) así como al Programa Institucional de Formación de Investigadores (PIFI) por el apoyo económico brindado durante mis estudios.

Un especial agradecimiento al Dr. Casimiro Quiñones Velázquez no sólo por dirigir esta tesis, si no por ser un excelente amigo apoyándome en todo momento.

Al Dr. Roberto Félix Uraga por formar parte de la dirección de este trabajo, por sus atinados consejos y por su valiosa amistad.

Al MC. Felipe Neri Melo Barrera por sus acertados comentarios y sobre todo por su amistad.

A los miembros de mi comité: Dr. Rogelio González Armas y al Dr. Leonardo Andrés Abitia Cárdenas por las observaciones y sugerencias que enriquecieron este trabajo.

Al C.P. Humberto Ceseña Amador, por su excepcional desempeño en la solución de cualquier trámite académico y por ser una excelente persona y amigo.

A mis compañeros del laboratorio de dinámica de poblaciones del CICIMAR por todos los buenos momentos compartidos.

A toda la palomilla futbolera: Iram, Ricardo, Omar, Jakes, DT. Arcos, Homero, Alvin, y demás, gracias por todos los buenos ratos que pasamos en la cáscara.

A los encargados de la biblioteca del CICIMAR, en especial a Juan por siempre tener la disposición de ayudarnos cuando necesitamos sus servicios. Así como a todo el personal del CICIMAR por facilitarme todo lo indispensable en el desarrollo de mi trabajo de tesis.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE FIGURAS	I
LISTA DE TABLAS	III
GLOSARIO	IV
RESUMEN	VI
ABSTRACT	VII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	4
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
4. HIPÓTESIS	7
5. OBJETIVOS	8
5.1. Objetivo general	8
5.1.1. Objetivos específicos	8
6. MATERIALES Y MÉTODOS	9
6.1. Muestreo	9
6.2. Identificación de stocks de sierra del Pacífico con base en la estructura de tallas y talla a la edad	10
6.2.1. Estructura de tallas	11
6.2.2. Talla a la edad	11
6.2.2.1. Determinación de la edad	11
6.2.2.2. Periodicidad de formación de las marcas de crecimiento	13
6.2.2.3. Comparación de la talla a la edad entre los sitios de pesca	13
6.3. Análisis del crecimiento individual por stock de la sierra del Pacífico	13
6.3.1. Relación radio del otolito-longitud del pez	14
6.3.2. Retrocálculo de longitudes	14
6.3.3. Crecimiento	15
6.3.4. Comparación del crecimiento	15
6.3.5. Relación Longitud-peso y estructura de edades total	16
7. RESULTADOS	17

	Página
7.1. Muestreo	17
7.2. Identificación de stocks de sierra del Pacífico con base en la estructura de tallas y talla a la edad	17
7.2.1. Estructura de tallas	17
7.2.2. Talla a la edad	22
7.2.2.1. Determinación de la edad	22
7.2.2.2. Periodicidad de formación de las marcas de crecimiento.	23
7.2.2.3. Comparación de la talla a la edad entre los sitios de pesca	23
7.3. Análisis del crecimiento individual por stock de la sierra del Pacífico	29
7.3.1. Relación radio del otolito-longitud del pez	29
7.3.2. Retrocálculo de longitudes	30
7.3.3. Crecimiento	31
7.3.4. Comparación del crecimiento	33
7.3.5. Relación Longitud-peso y estructura de edades total	34
8. DISCUSIÓN	37
8.1. Muestreo	37
8.2. Identificación de stocks de sierra del Pacífico con base en la estructura de tallas y talla a la edad	38
8.3. Análisis del crecimiento individual por stock de la sierra del Pacífico	41
9. CONCLUSIONES	44
10. RECOMENDACIONES	45
11. BIBLIOGRAFIA	46

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Tendencias históricas de la captura de la sierra del Pacífico en el Pacífico oriental y Pacífico mexicano durante 1964-2004 (http://www.fishbase.org/report/FAO/FAOCatchList.cfm?scientific=Scomberomorus+sierra).	2
2	Localización geográfica de los sitios de muestreo a lo largo de la costa mexicana del Océano Pacífico.	9
3	Esquema de la sierra del Pacífico indicando las medidas registradas.	10
4	Otolito de la sierra del Pacífico indicando el radio total (RO), radio parcial (Ri) y núcleo (N).	11
5	Distribución de frecuencias de tallas de la sierra del Pacífico en la costa mexicana del Océano Pacífico. Longitud furcal promedio (LF_{prom}), longitud furcal mínima (LF_{min}) y longitud furcal máxima (LF_{max}).	19
6	Distribución de frecuencias de tallas de la sierra del Pacífico por sitio de pesca en la costa mexicana del Océano Pacífico. Coeficiente de asimetría de Fisher (g). La línea punteada representa la talla promedio (407 mm LF) en toda la zona y período de estudio.	20
7	Promedio de la longitud furcal (LF) de la sierra del Pacífico por sitio de pesca en la costa mexicana del Océano Pacífico. Error estándar (EE) y desviación estándar (DE).	21
8	Grupos de edad observados para la sierra del Pacífico en la costa mexicana del Océano Pacífico.	22
9	Porcentaje mensual de otolitos con borde opaco (barras en negro) y borde hialino (barras en blanco) de la sierra del Pacífico, y temperatura superficial del mar (TSM, línea) en la costa de Mazatlán, Sinaloa. La TSM es el promedio mensual durante 2001-2007. Los números debajo de los meses representan el tamaño de muestra para cada mes.	23
10	Estructura de edad de la sierra del Pacífico por sitio de pesca en la costa mexicana del Océano Pacífico.	26
11	Distribución de frecuencias de tallas del grupo de edad 4 de la sierra del Pacífico por sitio de pesca en la costa mexicana del Océano Pacífico.	27
12	Promedio de la longitud furcal a la edad de 4 años de la sierra del Pacífico por sitio de pesca en la costa mexicana del Océano Pacífico. EE significa error estándar y DE es igual a desviación estándar.	28

13	Relación RO-LF de la sierra del Pacífico por stock en la costa mexicana del Océano Pacífico.	30
14	Relación entre la edad y la talla promedio retrocalculada, y las curvas del modelo de crecimiento por stock de la sierra del Pacífico en la costa mexicana del Océano Pacífico.	32
15	Promedio de la talla a la edad y curva del modelo de crecimiento de la sierra del Pacífico en la costa mexicana del Océano Pacífico, durante 2001-2008.	34
16	Relacion LF-PT de la sierra del Pacífico en la costa mexicana del Océano Pacífico.	35
17	Estructura de edades de la sierra del Pacífico en la costa mexicana del Océano Pacífico.	36

LISTA DE TABLAS

Tabla		Página
1	Número de ejemplares muestreados de la sierra del Pacífico de la captura de la flota artesanal en la costa mexicana del Océano Pacífico.	18
2	Valores de significancia de la Comparación Múltiple de Medias entre los sitios de pesca. Significativo (S) a una $p < 0.05$, no significativo (NS) a una $p > 0.05$.	21
3	Valores de significancia de la Comparación Múltiple de Medias de la talla a la edad de 4 años de la sierra del Pacífico entre los sitios de pesca en la costa mexicana del Océano Pacífico. Significativo (S) a una $p < 0.05$, no significativo (NS) a una $p > 0.05$.	28
4	Valores de los parámetros de la relación RO-LF y el coeficiente de determinación para la sierra del Pacífico por stock en la costa mexicana del Océano Pacífico.	29
5	Promedio de la talla retrocalculada por edad y por stock de la sierra del Pacífico en la costa mexicana del Océano Pacífico.	31
6	Parámetros del modelo de crecimiento de von-Bertalanffy ajustado a los datos de talla-edad retrocalculada por stock de la sierra del Pacífico en la costa mexicana del Océano Pacífico.	32
7	Comparación de las curvas de crecimiento entre stocks de la sierra del Pacífico en la costa mexicana del Océano Pacífico, usando el Análisis de la Suma de Cuadrados Residuales (ARSS). Significativo (S) $p < 0.05$, no significativo (NS) a una $p > 0.05$.	33
8	Parámetros del modelo de crecimiento de von-Bertalanffy de la sierra del Pacífico y la sierra del Golfo (<i>S. concolor</i>) en la costa mexicana del Océano Pacífico. Machos (M), Hembras (H). El resto de las estimaciones son para sexos combinados.	43

GLOSARIO

Ancho del margen: La región en el margen del otolito después de la última marca de crecimiento totalmente depositada (Medina-Gómez, 2006).

Banda hialina: Zona del otolito que permite el paso de la luz y se asocia a períodos de crecimiento lento (Morales-Nin, 1991).

Banda opaca: Zona del otolito que por su densa acumulación de carbonato de calcio impide el paso de la luz y se asocia a períodos de rápido crecimiento (Morales-Nin, 1991).

Crecimiento alométrico: Crecimiento individual donde las proporciones de las dimensiones del cuerpo (largo, alto y ancho) cambian durante el desarrollo (Valdovinos-Jacobo, 2006).

Crecimiento isométrico: Crecimiento individual en donde las proporciones de las dimensiones del cuerpo (largo, alto y ancho) no cambian durante el desarrollo (Valdovinos-Jacobo, 2006).

Fenotipo: La expresión del genotipo en un determinado ambiente. Características observables de un organismo (proporciones morfométricas, coloración, etc.). Los rasgos fenotípicos incluyen rasgos tanto físicos como conductuales (Ramírez-Pérez, 2010).

Grupo de edad: Es un grupo de peces de la misma edad (Medina-Gómez, 2006).

Otolitos: Son estructuras que forman parte del sistema auditivo de los Teleósteos, y actúan como reguladores del equilibrio. Existen tres pares de otolitos: *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 (Morales-Nin, 1991).

Población: Grupo de organismos de la misma especie que habitan en un área geográfica determinada y que tienen la capacidad de reproducirse con cualquier otro miembro de dicho grupo (Ramírez-Pérez, 2010).

Radio del otolito: La distancia lineal desde el foco a un punto específico del borde del otolito (Morales-Nin, 1991).

Retrocálculo: Es una técnica que permite utilizar las marcas de crecimiento presentes en las estructuras duras como otolitos, escamas, vértebras, huesos y radios para estimar las dimensiones corporales en edades previas de su historia de vida, a través de relaciones entre mediciones de las estructura dura y las dimensiones del pez (Araya & Cubillos, 2002).

Stock: Grupo de individuos con tasas vitales homogéneas (e.g. crecimiento, madurez y mortalidad) y un ciclo de vida cerrado en el que los peces jóvenes en el grupo fueron producidos por las generaciones anteriores en el mismo grupo (Cadrin *et al.*, 2005).

RESUMEN

La sierra del Pacífico, *Scomberomorus sierra* se distribuye desde La Jolla, California, EUA, hasta Paita, Piura, Perú, incluyendo el Golfo de California e Islas Galápagos. El promedio anual de captura de sierra en la costa mexicana del Océano Pacífico durante 1964-2004 fue de 4,024 t, incluyendo a *S. sierra* y a *S. concolor*. Con la finalidad de aportar información biológica que coadyuve en la integración de un plan de manejo de la pesca de este recurso, en este estudio se analizan las diferencias de la talla a la edad y del crecimiento individual de la sierra del Pacífico, *S. sierra* en la costa mexicana del Océano Pacífico, de noviembre de 2001 a diciembre de 2008. Los datos se recolectaron en 12 sitios de pesca, desde Guaymas, Son., y Bahía Magdalena, BCS, hasta Puerto Arista, Chiapas. Se midieron y pesaron 8,254 organismos de los cuales a 1,434 se les recolectaron los otolitos para estimar la edad. Se detectaron diferencias significativas (Kruskal-Wallis; $p < 0.05$) en la estructura de tallas y en la talla a la edad entre los sitios de pesca. Se identificaron hasta 9 grupos de edad (1-9), siendo los grupos de edad 3, 4, 5 los más representativos. Los valores del porcentaje de error promedio (APE=1.17%) y el coeficiente de variación (CV=1.65%) indicaron una alta precisión en la lectura del número de marcas de crecimiento entre lectores. Con base a la estructura de tallas y la talla a la edad se definieron 4 stocks. El Análisis de la Suma de Cuadrados Residuales (ARSS) no detectó diferencias significativas ($p > 0.05$) en el patrón de crecimiento de la sierra del Pacífico entre los stocks. Los parámetros de crecimiento para la sierra del Pacífico en la costa mexicana del Océano Pacífico fueron: $L_{\infty} = 674$ mm LF, $k = 0.22$, $t_0 = -0.28$ años.

ABSTRACT

The Pacific sierra *Scoberomorus sierra* is distributed from La Jolla, California, USA to Paita, Piura, Peru, including the Gulf of California and the Galapagos Islands. This species supports an important fishery along the Pacific coast Mexican, with an average landings of 4024 t during 1964 to 2004, including to *S. sierra* and *S. concolor*. With the purpose of contributing biological information that cooperates in the integration of a plan of handling of the fishing of this resource, in this study the differences are analyzed from the size to the age and of the individual growth of the Pacific sierra, *S. sierra* in the Pacific coast Mexican, of November of 2001 to December of 2008. The data were gathered in 12 fishing sites, from Guaymas, Son. and Bahía Magdalena, BCS, until Puerto Arista, Chiapas. Were measured and weighed 8,254 organisms of which were gathered the otolitos to estimate the age at 1,434. Significant differences were detected (Kruskal-Wallis; $p < 0.05$) in the structure of sizes and the size to the age among the fishing sites. Were identified until 9 age groups (1-9), being the groups of age 3, 4, 5 the most representative. The values of average percentage error (APE=1.17%) and the coefficient of variation (CV=1.65%) indicated a high precision in the reading of the number of marks growth among readers. Significant differences were detected (Kruskal-Wallis; $p < 0.05$) when comparing the size-age among the fishing sites. With base to the structure of sizes and the size-age were defined 4 stocks. Later on, the differences were evaluated in the individual growth (ARSS; $F_{9,28}=1.83$; $P=0.023$) among the fishing areas. The Analysis of the Sum of Residual Squares (ARSS) did not detect significant differences ($p > 0.05$) in the growth pattern of the pacific sierra between stocks. The growth parameters for Pacific sierra in the Pacific coast Mexican were: $L_{\infty}= 674$ mm FL, $k= 0.22$, $t_0= -0.28$ years.

1. INTRODUCCION

El género *Scomberomorus* (Scombridae: Perciformes) incluye organismos que se distribuyen en zonas tropicales y subtropicales de todos los océanos. El género comprende 18 especies, las cuales habitan aguas costeras (zona nerítica), y la mayoría realizan importantes migraciones estacionales asociadas a la alimentación y reproducción (Collette & Nauen, 1983).

En las costas de México, se capturan cinco especies de este género (*Scomberomorus cavalla*, *S. maculatus*, *S. regalis*, *S. concolor* y *S. sierra*), principalmente por pesquerías artesanales (Medina-Gómez, 2006). En el Pacífico mexicano se localizan la sierra del Golfo (*S. concolor*) restringida a la parte norte del Golfo de California (Fischer *et al.*, 1995), y la sierra del Pacífico (*S. sierra*) que se distribuye desde La Jolla, California, EUA, hasta Paita, Piura, Perú, incluyendo la parte sur del Golfo de California y las Islas Galápagos (Collette & Nauen, 1983). Estas especies se alimentan principalmente de plancton y peces (clupeidos) como sardinas y anchovetas y de pequeñas cantidades de camarones y calamares (Collette & Nauen, 1983).

Las capturas de la sierra del Pacífico durante 1964 a 2004 en el Pacífico Oriental han variado alrededor de 5,575 t anuales, en este promedio se incluyen las capturas de Colombia, Ecuador, Nicaragua, Perú, Panamá y México, aportando este último país el 72% (4,024 t) de la producción total (<http://www.fishbase.org/report/FAO/FAOCatchList.cfm?scientific=Scomberomorus+sierra>) (Fig. 1). En México, la sierra del Pacífico es una de las principales especies que se capturan por la pesquería artesanal (Montemayor-López *et al.*, 1999), en 2008 su captura fue de 7200 t, que representó el 1.2% del volumen y el 1.4% del valor de la producción total de la flota pesquera artesanal mexicana. En Sonora se capturaron 2,611 t, en Baja California 1,310 t, en Sinaloa 969 t, en Nayarit 596 t, en Baja California Sur 461 t, en Jalisco 458 t, en Chiapas 315 t, en Oaxaca 144 t, en Guerrero 143 t, en Michoacán 127 t y en Colima 66 t (Anónimo, 2008). La pesca de sierra se realiza cerca de la costa a una profundidad entre 2-40 brazas (3.65-73.15 m) utilizando embarcaciones menores (menos de 9 metros de eslora) con motores

fuera de borda. Los artes de pesca utilizados para su captura son el chinchorro o red de enmalle de 400, 600 y 800 m de longitud, con 150 y 200 mallas de altura, en la parte norte de la costa mexicana del Océano Pacífico se usa principalmente una luz de malla entre 2.5-3 pulgadas (63.5-76.2 mm), mientras que para la parte sur se utilizan redes de enmalle con 2.75-3.5 pulgadas (69.8-88.9 mm), y en menor medida se captura con anzuelo y curricán (Lizárraga-Rodríguez, 1984; Arámburo-Paéz *et al.*, 1985; Anónimo, 2004).

A la sierra del Pacífico se le puede considerar como una especie objetivo temporal para la pesca ribereña en la costa mexicana del Océano Pacífico, ya que la especie está disponible de noviembre a julio cuando otros recursos de mayor valor económico como el camarón están en veda o presentan una mala temporada de pesca (Arámburo-Paéz *et al.*, 1985; Montemayor-López & Cisneros-Mata, 2000; Cervantes-Escobar, 2004; Medina-Gómez, 2004).

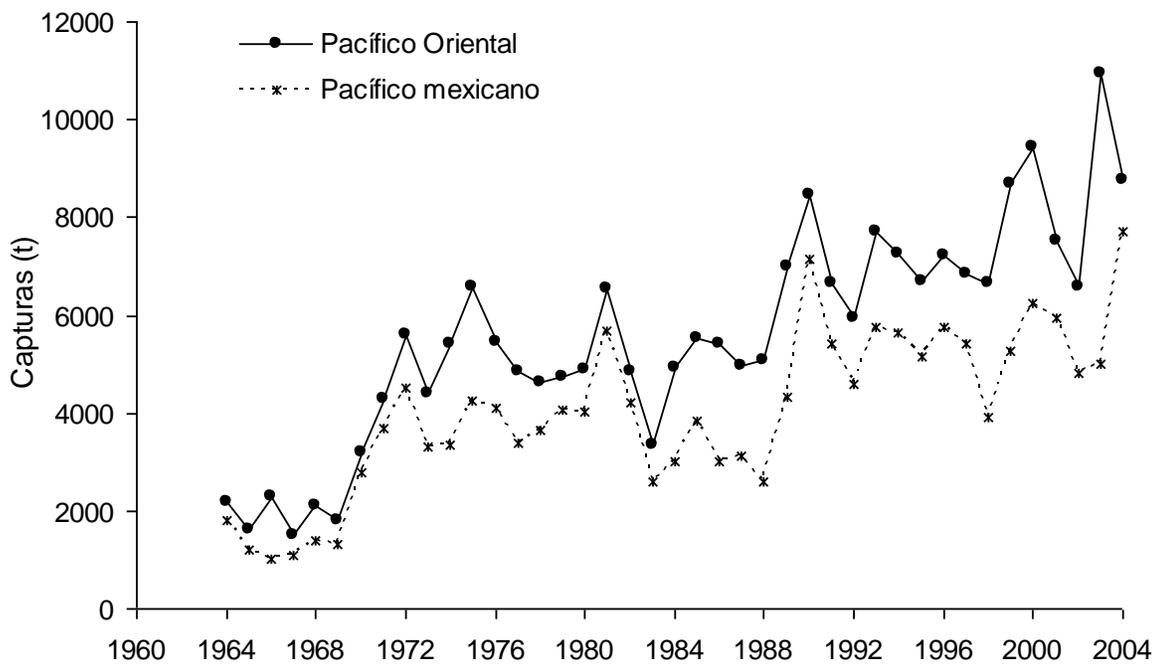


Figura 1. Tendencias históricas de la captura de la sierra del Pacífico en el Pacífico oriental y Pacífico mexicano durante 1964-2004.

(<http://www.fishbase.org/report/FAO/FAOCatchList.cfm?scientific=Scomberomorus+sierra>)

Montemayor-López & Cisneros-Mata (2000), mencionan que la pesquería de sierra en el Golfo de California se encuentra a un nivel máximo de aprovechamiento. En la

actualidad no existen medidas de manejo para regular la pesquería de sierra. En la Carta Nacional Pesquera (Anónimo, 2004) se define a *S. sierra* y a *S. concolor* como una Unidad Pesquera de Manejo (UPM) a partir de un análisis de su ecología y pesquería, 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 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 (Anónimo, 2004).

La identificación de stocks, es una condición básica para que la evaluación de recursos pesqueros sea más efectiva, ya que la mayoría de los modelos poblacionales asumen que los grupos de individuos tienen parámetros biológicos homogéneos. Un stock puede definirse como un grupo de individuos con tasas vitales homogéneas (e.g. crecimiento, madurez y mortalidad) y un ciclo de vida cerrado en el que los peces jóvenes en el grupo fueron producidos por las generaciones anteriores en el mismo grupo (Cadrin *et al.*, 2005). En términos generales un stock puede ser tratado independientemente de otros stocks, ya que responde de modo único a la explotación y a los cambios ambientales (Saila & Martin, 1985).

La obtención de información estructurada por edad ha sido una de las mayores preocupaciones de las ciencias pesqueras, ya que la edad, la tasa de crecimiento y la mortalidad son tres de las características que tienen una mayor influencia para controlar la productividad de las poblaciones de peces (Campana & Thorrold, 2001). La edad de los individuos es la variable más importante para el cálculo de las tasas de crecimiento. Los métodos directos para la estimación de la edad basados en la interpretación de las marcas de crecimiento presentes en estructuras duras (otolitos, vértebras, espinas, escamas y opérculos), permiten la determinación de los grupos de edad con una mayor precisión en comparación con los métodos indirectos (Gallardo-Cabello *et al.*, 2003).

La sierra del Pacífico, es actualmente un recurso importante para la pesca a lo largo de la costa mexicana del Océano Pacífico. No obstante, la pesquería no tiene un

plan de manejo ni puntos de referencia que permitan orientar la explotación del recurso (Aguirre-Villaseñor *et al.*, 2006). Con la finalidad de aportar información biológica que coadyuve en la integración de un plan de manejo para este recurso, en el presente estudio se analiza la variación de la talla a la edad y del crecimiento individual de la sierra del Pacífico, *S. sierra* en la costa mexicana del Océano Pacífico, zona que representa más del 50% del área de distribución de la especie y de donde se extrae el 72% de la captura del Pacífico oriental. Para lograr este objetivo, se utilizará la talla (longitud furcal), la edad, estimada con el número de marcas de crecimiento en los otolitos y la talla retrocalculada a la edad.

2. ANTECEDENTES

Los estudios sobre el género *Scomberomorus*, se han realizado principalmente en especies de importancia comercial (DeVries *et al.*, 2002; McIlwain *et al.*, 2005; Ballagh *et al.*, 2006; Ramírez-Pérez *et al.*, 2010). Una especie sobre la cual se ha dirigido un gran esfuerzo de investigación es *Scomberomorus cavalla*, hasta 1984 a esta especie se le había considerado como una sola población a lo largo de su área de distribución en la costa occidental del Océano Atlántico, pero con base a experimentos de marcado y recaptura, patrones estacionales en la estructura de tallas de la captura y CPUE, se comprobó la existencia de grupos migratorios (Sutter *et al.*, 1991). Posteriormente, estos resultados se fortalecieron con estudios de electroforesis de aloenzimas que definieron la existencia de una estructura poblacional de stocks (Johnson *et al.*, 1994).

También, estudios de edad y crecimiento sobre *S. cavalla* han evidenciado que los organismos (principalmente las hembras) del Golfo de México crecen más rápido y a mayores tallas con respecto a los ejemplares de la costa Atlántica (Johnson *et al.*, 1983; DeVries *et al.*, 1990; DeVries & Grimes, 1997). Las medidas de manejo para la explotación de esta especie consideran la existencia de grupos migratorios, y se permite la pesca en las costas al noreste de Florida durante noviembre a marzo y para el grupo del golfo se asignan cuotas de pesca. Estas medidas de manejo han sido criticadas, ya que en la zona de pesca al noreste de Florida se desconoce el

porcentaje de mezcla de los grupos migratorios, no obstante que los experimentos de marcado-recaptura sugieren que más de la mitad de los peces a lo largo de la costa este de Florida pertenecen al stock del golfo (Sutter *et al.*, 1991). Sin embargo, DeVries *et al.* (2002) utilizaron la forma del otolito para distinguir las diferencias fenotípicas entre grupos migratorios de *S. cavalla* y reportan que solo el 0.2% de los individuos capturados en la zona de manejo pertenecen al stock del Golfo. Con base en sus resultados mencionan que el manejo para la especie es inadecuado ya que puede estar provocando la sobre explotación del stock del Atlántico.

Santa-Brígida *et al.* (2007) realizaron un análisis poblacional de *S. cavalla* en la región norte y noreste de Brasil, el análisis de una fracción (380 pb) de la región control del ADNmt de organismos proveniente de tres sitios distintos de pesca no les permitió reconocer diferencias genéticas y concluyen que la población pertenece a un sólo stock.

Otra especie sobre la cual existe un importante esfuerzo de investigación es *S. commerson* la cual se distribuye en la región templada y tropical del Indo-Pacífico. En el Golfo de Oman la presión de pesca ha provocado una rápida disminución en las capturas y debido a su importancia económica en la región ha sido objeto de diferentes estudios pesqueros (Dudley *et al.*, 1992; Siddeek & Al-Hosni, 1998; Al-Hosni & Siddeek, 1999). McIlwain *et al.* (2005) encontraron diferencias significativas en talla, peso y crecimiento de *S. commerson* en diferentes sitios de pesca en la costa del Golfo de Oman, comentan que las diferencias pueden tener su origen en la selectividad del arte de pesca o que sean un indicador de la presencia de unidades poblacionales (stocks).

En la parte nor-oriental de Australia *S. commerson* soporta una importante pesquería comercial y deportiva (Tobin & Mapleston, 2004), y la especie presenta migraciones estacionales a lo largo de la costa oriental (McPherson, 1982). Estudios recientes han sugerido que la población presenta una estructura de stocks tipo metapoblación (Lester *et al.*, 2001; Moore *et al.*, 2003), con sus correspondientes diferencias en parámetros biológicos (McPherson, 1992; Mackie *et al.*, 2003). La población está integrada en al menos tres stocks; uno en la costa oriental que provee el 85% de la

captura total en Queensland, otro en el estrecho de Torres y otro el Golfo de Carpentaria (Sumptom & O'Neill, 2004). Las diferencias geográficas en el crecimiento sugieren la necesidad de considerar escalas más apropiadas de estructura espacial para la evaluación y el manejo de su explotación (Begg *et al.*, 1999; Begg, 2004; Ballagh *et al.*, 2006), ya que la especie en la costa oriental de Queensland es evaluada y manejada como un stock homogéneo.

Se ha aplicado un menor esfuerzo de investigación a las especies del género *Scomberomorus* distribuidas en el Pacífico Oriental, *S. concolor* y *S. sierra*. La mayoría de los estudios tratan sobre aspectos de alimentación y épocas de captura de la sierra del Pacífico, *S. sierra* (Lizárraga-Rodríguez, 1984; Arámburo-Paéz *et al.*, 1985; Pérez-Ramos, 1994). Las diferencias en la estructura de tallas de la sierra del Pacífico desde la parte media a la boca del Golfo de California, han evidenciado que en la costa sureste de la Península de Baja California, se presentan organismos más grandes a la misma edad (Cervantes-Escobar, 2004; Medina-Gómez, 2006).

Aguirre-Villaseñor *et al.* (2006) reportan algunos indicadores biológicos de la sierra del Pacífico del sur del Golfo de California; estiman la talla de primera captura a los 398 mm longitud furcal (LF), la de primera madurez (LF_{50}) a los 443 mm LF y que el 70% de la captura comercial en esta zona está representada por hembras con LF menor que la talla de primera madurez. Recomiendan que la pesquería necesita de una estimación de la mortalidad por pesca que sea aplicable al mantenimiento del stock vulnerable. Por su parte, García-Valdez (2009) para la zona de Topolobampo, Sinaloa, reportó una LF_{50} a los 385 mm LF. También señaló que el 40% de los organismos capturados con una red de luz de malla de 3 pulgadas (76.2 mm) se encuentran por debajo de la LF_{50} , mientras que hasta un 100% de los capturados con una luz de malla de 2.75 pulgadas (69.8 mm) fueron menores a la talla mencionada.

Estudios recientes han evidenciado diferencias en los parámetros de crecimiento de la sierra del Pacífico en la parte centro-sur del Golfo de California (Medina-Gómez, 2006; López-Murúa, 2010), sugiriendo la posibilidad de que estas se deban a la presencia de distintos stocks. Ramírez-Pérez (2010) analizando la estructura fenotípica y genotípica, detectó una estructura de stocks de la población al evaluar la

variación de la forma del otolito, estructura que no fue sostenida por los resultados del análisis del ADN mitocondrial que no identificó evidencias de una estructura genética poblacional en la sierra del Pacífico.

Para el manejo eficaz de las pesquerías de poblaciones estructuradas por stocks, es esencial que cada uno de ellos sea delimitado y se valore la magnitud de su contribución a la captura total (Torres *et al.*, 1996), de tal forma que permita elaborar planes de explotación por stock ya que cada uno de ellos responderá de forma única a los cambios en la presión de la pesca y del ambiente (Pella & Milner, 1987).

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A pesar de la importancia económica del recurso sierra que representó más de 94 millones de pesos en la costa mexicana del Océano Pacífico en 2008 (Anónimo, 2008), la información biológico-pesquera para esta especie es escasa, lo cual limita la generación de un adecuado plan de manejo de esta pesquería. Además, 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) como una estrategia práctica para manejar la pesquería, tiene repercusiones en su sustentabilidad ya que las especies no presentan la misma distribución y sus características biológicas son diferentes. El desconocimiento actual sobre la existencia de stocks en la población de la sierra del Pacífico, hace necesario que se considere este problema en un plan de manejo, ya que los stocks responden de manera distinta a los efectos antropogénicos y ambientales.

4. HIPOTESIS

La sierra del Pacífico presenta diferencias significativas en el crecimiento individual en la costa mexicana del Océano Pacífico, asociadas a un gradiente latitudinal.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo general

Identificación de stocks de la sierra del Pacífico, *Scomberomorus sierra* en la costa mexicana del Océano Pacífico, a través del análisis de la talla a la edad y del crecimiento individual.

5.1.1. Objetivos específicos

- Identificación de stocks de la sierra del Pacífico con base en la estructura de tallas y talla a la edad.
- Análisis del crecimiento individual por stock de la sierra del Pacífico.

6. MATERIALES Y METODOS

6.1. Muestreo

Las muestras de la sierra del Pacífico fueron recolectadas desde noviembre de 2001 a diciembre de 2008. Los sitios de muestreo fueron: Guaymas (GY), Sonora; Loreto (LT), La Paz (LP) y Bahía Magdalena (BM) en Baja California Sur; Topolobampo (TP) y Mazatlán (MZ) en Sinaloa; Chacala (CH), Nayarit; Manzanillo (MA), Colima; Lázaro Cárdenas (LC), Michoacán; Acapulco (AC), Guerrero; Salina Cruz (SC), Oaxaca; y Puerto Arista (PA) en Chiapas (Fig. 2). Para la pesca de la sierra del Pacífico se utiliza principalmente el chinchorro o red de enmalle con luz de malla entre 2.5-3.5 pulgadas (63.5-88.9 mm).



Figura 2. Localización geográfica de los sitios de muestreo a lo largo de la costa mexicana del Océano Pacífico.

Mensualmente, en cada sitio de pesca se seleccionaron al azar un máximo de 100 organismos de la captura desembarcada y se les midió la longitud furcal ($LF \pm 5$ mm) y sus frecuencias se agruparon en intervalos de 10 mm. De cada intervalo de

longitud se seleccionaron hasta 5 organismos para integrar la muestra biológica. A los peces de la muestra biológica se les midió la longitud patrón (LP \pm 5 mm), furcal (LF \pm 5 mm) y total (LT \pm 5 mm) (Fig. 3), se registró su peso total (PT \pm 1 g) y eviscerado (PE \pm 1 g), se les determinó el sexo y el estadio de madurez y se extrajeron los otolitos *sagittae* para la estimación de la edad. Los otolitos se limpiaron de restos de tejido con agua corriente y se almacenaron en seco en viales de plástico, los cuales fueron etiquetados con una clave única para cada par (fecha, lugar y número de organismo).

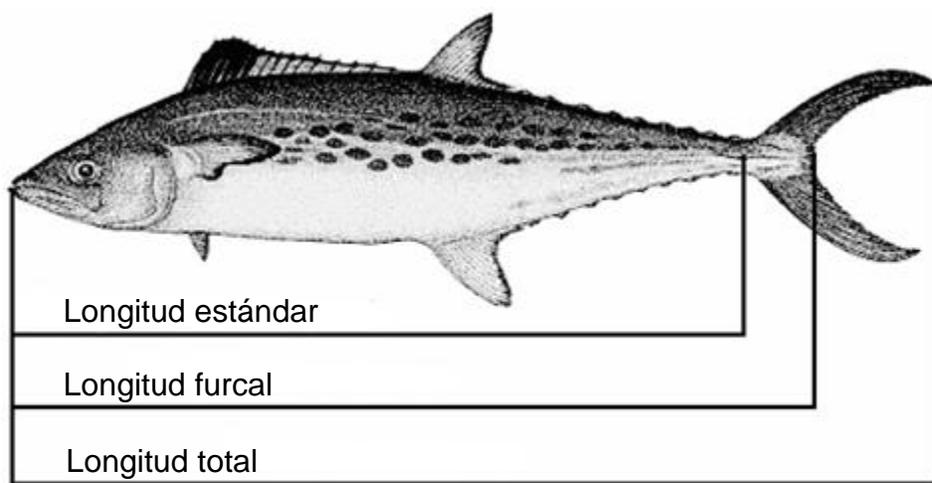


Figura 3. Esquema de la sierra del Pacífico mostrando las medidas registradas.

6.2. Identificación de stocks de sierra del Pacífico con base en la estructura de tallas y talla a la edad

Para evaluar la estructura por stocks de la población de *S. sierra* en la costa mexicana del Océano Pacífico, se utilizaron la estructura de tallas y la talla a la edad entre los sitios de pesca.

6.2.1. Estructura de tallas

Para determinar la estructura de tallas de la sierra del Pacífico por sitio de pesca se utilizó la LF, debido a que ha sido más utilizada en otros trabajos, lo cual permite hacer comparaciones. La estructura de tallas se analizó agrupando LF en intervalos de 10 mm. Se evaluó la normalidad de las distribuciones utilizando una prueba no paramétrica de Kolmogorov-Smirnov (Zar, 1996). Para evaluar las diferencias en las distribuciones de frecuencias de tallas entre los sitios de pesca, se empleó una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (Zar, 1996) y una prueba a posteriori de Comparación Múltiple de Medias contenida en el software Statistica.

6.2.2. Talla a la edad

6.2.2.1. Determinación de la edad

La edad se determinó contando el número de marcas de crecimiento presentes en los otolitos (Fig. 4).

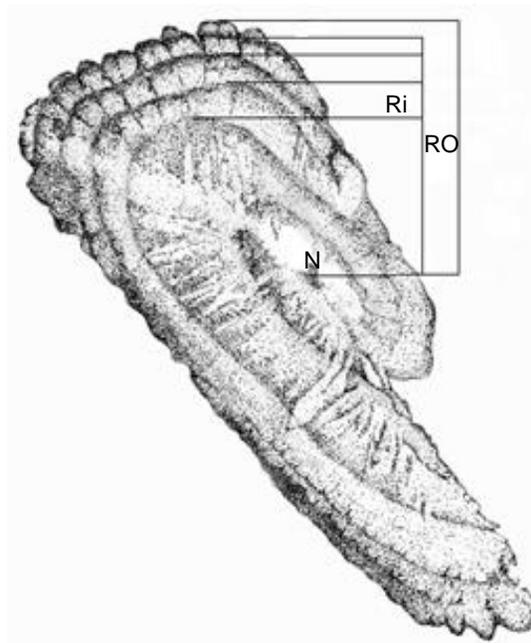


Figura 4. Otolito de la sierra del Pacífico indicando el radio total (RO), radio parcial (Ri) y núcleo (N).

La lectura se llevó a cabo por dos lectores de manera independiente. Para realizar el conteo de las marcas de crecimiento, los otolitos se sumergieron en agua y se observaron con un microscopio estereoscópico (a 12X de aumento) utilizando luz reflejada sobre un fondo oscuro. Bajo estas condiciones, se observaron bandas claras (opacas) y oscuras (hialinas). 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 bandas hialinas. Una banda hialina fue considerada completamente depositada cuando se apreciaba el inicio de la banda opaca. También se registró el tipo de borde (opaco o hialino). Después de contarse las marcas de crecimiento, la imagen del otolito fue digitalizada y guardada en archivos electrónicos. Posteriormente, las imágenes digitales de los otolitos fueron desplegadas en un monitor de alta resolución y mediante un sistema de análisis de imágenes (Sigma Scan Pro 4.0) se midieron las distancias del foco al borde del otolito (RO) y del foco a cada una de las marcas de crecimiento (Ri) (Fig. 4).

Para estimar la precisión de las lecturas de edad de los lectores, se calculó el Porcentaje de Error Promedio (APE) (Beamish & Fournier, 1981) y el coeficiente de variación (CV) (Chang, 1982) de la siguiente manera:

$$APE = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \left[\frac{1}{R} \sum_{i=1}^R \frac{(X_{ij} - X_j)}{X_j} \right] * 100\%$$

$$CV = \frac{\sqrt{\frac{1}{R} \sum_{i=1}^R \frac{(X_{ij} - X_j)^2}{R-1}}}{X_j} * 100\%$$

Donde: N= número de peces cuya edad a sido determinada, R= número de lecturas por otolito, X_{ij} = la i -ésima lectura del j -ésimo otolito, X_j = promedio del número de marcas de crecimiento para el j -ésimo otolito.

6.2.2.2. Periodicidad de formación de las marcas de crecimiento

Para determinar la periodicidad de formación de las marcas de crecimiento en otolitos de la sierra del Pacífico y asignar una unidad de tiempo a los grupos de edad, se utilizó un método cualitativo, para ello se realizó un análisis mensual del porcentaje de otolitos con bordes opacos e hialinos. Para ésta prueba se utilizó la información de Mazatlán, Sinaloa, ya que incluye un periodo de siete años de muestreo, un mayor número de meses, y representa más del 50% del total de los datos recolectados. Para determinar el patrón de formación de las marcas de crecimiento, se integró la información en un año tipo. Se estimó el promedio mensual de la temperatura superficial del mar frente a la costa de Mazatlán, durante 2001 a 2007 (TSM, http://las.pfeg.noaa.gov/las6_5/servlets/constrain?var=117) y se evaluó su relación con el porcentaje mensual de otolitos con borde opaco a través del coeficiente de correlación de Spearman (Sokal & Rohlf, 1995).

6.2.2.3. Comparación de la talla a la edad entre los sitios de pesca

La estructura de edades de la sierra del Pacífico por sitio de pesca se estimó agrupando la edad de los organismos en intervalos de 1 año. Las diferencias de la talla a la edad entre los sitios de pesca se evaluaron utilizando el análisis de varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis (Zar, 1996) y una prueba a posteriori de Comparación Múltiple de Medias.

6.3. Análisis del crecimiento individual por stock de la sierra del Pacífico

Para fortalecer las evidencias sobre la estructura de la población de sierra del Pacífico capturada a lo largo de la costa mexicana del Océano Pacífico, se comparó el crecimiento individual entre los stocks definidos con base en la estructura de tallas y la talla a la edad. Partiendo de la premisa de que si pertenecen al mismo stock, no presentarán diferencias en su patrón de crecimiento.

6.3.1. Relación radio del otolito-longitud del pez

Para evaluar la relación entre el crecimiento somático de los peces y del otolito, los datos del radio total del otolito y la longitud furcal de la sierra del Pacífico fueron ajustados al modelo potencial:

$$LF = a * RO^b$$

Donde: LF= longitud furcal del organismo, RO= radio total del otolito, a= ordenada al origen y b= pendiente de la curva.

Los valores de a y b de la regresión potencial se obtuvieron a través de mínimos cuadrados y la proporcionalidad entre RO-LF se evaluó a través del coeficiente de determinación (r^2).

6.3.2. Retrocálculo de longitudes

El análisis retrospectivo o retrocálculo es una técnica que permite estimar la talla a edades o etapas previas de la historia de vida de los peces, a través de la relación del crecimiento de la estructura dura utilizada para determinar la edad (e.g. otolitos) y el crecimiento del pez (Araya & Cubillos, 2002). Esta herramienta es de gran utilidad en la estimación del crecimiento ya que en los datos de longitud observada a la edad (dependiente de la muestra), los peces jóvenes están poco o no están representados en las muestras.

En el presente trabajo se utilizó la ecuación de retrocálculo de Frase-Lee modificada (Francis, 1990) que asume una correspondencia entre el crecimiento del otolito y la longitud del pez con un intercepto diferente de cero:

$$LF_i = \left[(LF_c + a) \left(\frac{r^b}{RO^b} \right) \right] - a$$

Donde: LF_c = 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 y b = coeficientes de la regresión $RO-LF$.

6.3.3. Crecimiento

Para describir el crecimiento individual de la sierra del Pacífico se utilizó el modelo de crecimiento de von-Bertalanffy ajustándolo a los datos de talla a la edad retrocalculada, de acuerdo a la ecuación:

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

Donde: LF_t = longitud furcal a la edad t , LF_∞ = longitud furcal asintótica, k = coeficiente de crecimiento, t = edad, t_0 = Edad teórica cuando $LF=0$.

Para estimar los valores de los parámetros del modelo se utilizó el algoritmo Levenberg-Marquardt contenido en el modulo "Estimación No-lineal" del Programa Statistica-7. Para la estimación se incluyó un punto de referencia biológico, la talla al momento del nacimiento ($t=0$ años), utilizándose 4.5 mm LF que es la talla mínima reportada para larvas de la sierra del Pacífico (Klawe, 1966).

6.3.4. Comparación del crecimiento

Para determinar si la sierra del Pacífico presenta diferencias en el crecimiento entre stocks se utilizó la prueba de Análisis de la Suma de Cuadrados Residual (ARSS) propuesta por Chen *et al.* (1992):

$$ARSS = \frac{\frac{RSS_p - RSS_s}{3 * (K - 1)}}{\frac{RSS_s}{N - 3 * K}}$$

Donde: RSS_p = suma de cuadrados del ajuste común (zona A y zona B), RSS_s = suma de cuadrados de la zona A más la suma de cuadrados de zona B, K = número de curvas en la comparación, N = número total de datos.

6.3.5. Relación longitud-peso y estructura de edades total

Se obtuvo la relación longitud-peso (LF-PT), utilizando el modelo potencial:

$$PT = a * LF^b$$

Donde: PT = peso total (g), LF = longitud furcal (mm), a = constante y b = pendiente de la curva o parámetro de alometría.

Los valores de los coeficientes a y b se obtuvieron mediante una regresión por el método de mínimos cuadrados. Para evaluar la alometría del crecimiento de la sierra del Pacífico se utilizó una prueba t-Student, en donde se contrastó el valor de la pendiente (b) contra el valor $\beta_0 = 3$ (isometría). El valor del estadístico t se obtuvo a través de la siguiente fórmula:

$$t = \frac{S_x \sqrt{n-1}(b - \beta_0)}{S_e}$$

Donde: S_x = desviación estándar de LF , n = tamaño de muestra, b = pendiente de la relación $PT-LF$, y S_e = error estándar del estimado.

Para estimar la estructura de edad, se elaboró una clave de edad-longitud para asignar edad a los organismos que no se les recolectó el otolito. Las edades de los organismos se agruparon en intervalos de un año y se estimó su importancia relativa con respecto de la muestra total.

7. RESULTADOS

7.1. Muestreo

De noviembre del 2001 a diciembre 2008, se registraron las tallas de 8,254 ejemplares de sierra del Pacífico de la captura obtenida por la flota artesanal en la costa mexicana del Océano Pacífico (Tabla 1). De las ocho temporadas de pesca (octubre-junio) incluidas en el periodo de estudio, fue posible registrar ejemplares en siete de ellas, únicamente en la temporada octubre-2003 a junio-2004 no se obtuvieron muestras.

Debido a las diferencias en el tamaño de muestra, frecuencia del muestreo, e inicio de la temporada de pesca a lo largo de la costa mexicana del Océano Pacífico, para el análisis de la información, los datos se agruparon por sitio de pesca en un año tipo.

7.2. Identificación de stocks de sierra del Pacífico con base en la estructura de tallas y talla a la edad

7.2.1. Estructura de tallas

La muestra total de sierra del Pacífico, recolectada desde Guaymas, Sonora, hasta Puerto Arista, Chiapas, incluye 8,254 organismos con tallas que variaron entre 168 mm LF y 810 mm LF, y un promedio de 407 mm LF (Fig. 5). La mayoría de los organismos (72%) se encontraron dentro del intervalo de 290 a 450 mm LF, la distribución de frecuencias de tallas no presentaron una distribución normal (Kolmogorov-Smirnov; $p < 0.05$) y su asimetría fue negativa (Coeficiente de Fisher; $g = -0.22$) resultado de una mayor representación de tallas a la izquierda del promedio.

Tabla 1. Número de ejemplares muestreados de la sierra del Pacífico de la captura de la flota artesanal en la costa mexicana del Océano Pacífico.

MES/AÑO	GY	LT	TP	BM	LP	MZ	CH	MA	LC	AC	SC	PA
Nov-01	1				23	910						
Dic-01	2				22	1236						
Ene-02	2					622						
Feb-02	12											
Mar-02						244						
Abr-02	11					323						
May-02	56					8						
Jun-02	3					75						
Nov-02	26				38	36						
Dic-02					6							
Ene-03					29	264						
Feb-03					40	66						
Mar-03	30				32	274						
Abr-03	23											
Nov-04						16						
Dic-04						109						
Sep-05					20							
Nov-05					73							
Sep-06	20	40	11									
Oct-06	18	16				54						
Nov-06						24						
Dic-06	20					25						
Ene-07			40			234						
Feb-07	2					71						
Mar-07						198		7				
Abr-07			40			87		54				
May-07				1		81		2				
Jun-07				30		105		2	67			
Jul-07						12						
Ago-07				30								
Sep-07	32	20						2	8			
Oct-07							35	6	64	20		
Nov-07				16				106				
Dic-07					30			21		8		
Ene-08							60	9	100	144	106	100
Feb-08							37	8	57		100	20
Mar-08									58	114		40
Abr-08									84	134		40
May-08									42	91	21	40
Jun-08									15	78	46	40
Jul-08									57	52		40
Ago-08										52		
Nov-08									82			
Dic-08									96			
TOTAL	258	76	91	77	313	5074	132	217	730	693	273	320

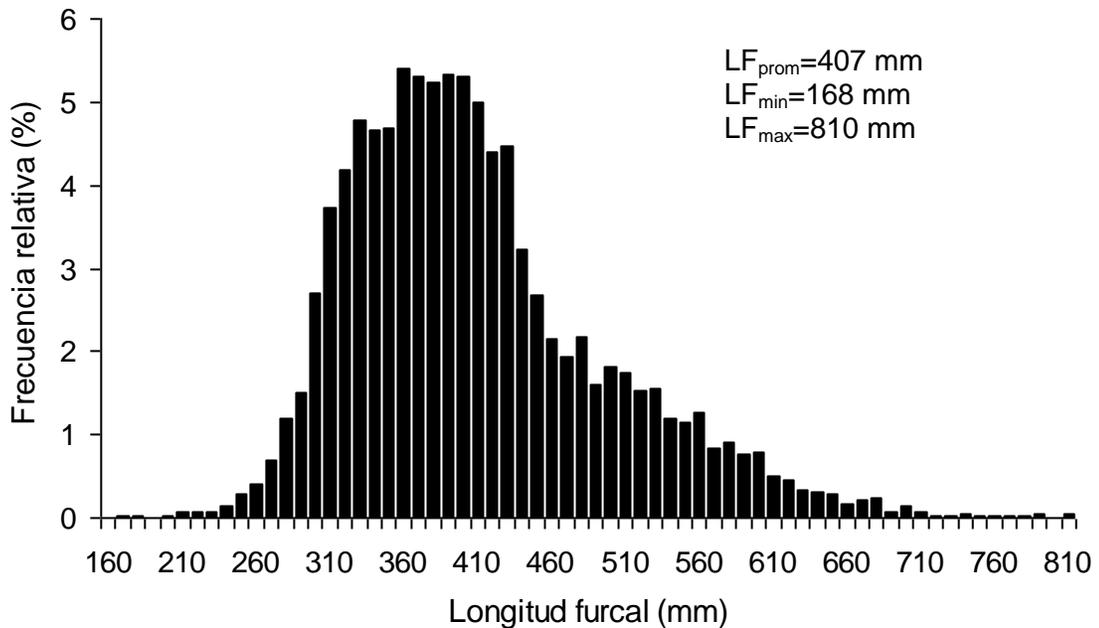


Figura 5. Distribución de frecuencias de tallas de la sierra del Pacífico en la costa mexicana del Océano Pacífico. Longitud furcal promedio (LF_{prom}), longitud furcal mínima (LF_{min}) y longitud furcal máxima (LF_{max}).

En la figura 6 se presentan las estructuras de tallas por sitio de pesca ordenadas latitudinalmente de norte a sur. También se muestran los valores de asimetría para cada una de las distribuciones. La línea punteada indica la LF promedio (LF_{prom}) para toda la zona de estudio (407 mm LF) y se usa como referencia para mostrar de manera general que los organismos de tallas menores son capturados en la parte norte de la zona de estudio, desde GY a CH a excepción de LT y LP, y las tallas mayores fueron registradas en la parte sur, desde MA a PA con excepción de LC y AC. Se detectaron diferencias significativas (Kruskal-Wallis; $p < 0.05$) al contrastar la estructura de tallas entre los sitios de pesca, previamente para reducir el sesgo potencial debido al número de datos por sitio de pesca, se homogeneizó el tamaño de muestra a 100 organismos elegidos al azar. Para identificar el sitio o los sitios de pesca donde se originan las diferencias en talla, se aplicó la prueba de Comparación Múltiple de Medias, encontrando que los organismos capturados en GY, LT, LP, MA y PA aportan las mayores diferencias en el análisis (Tabla 2).

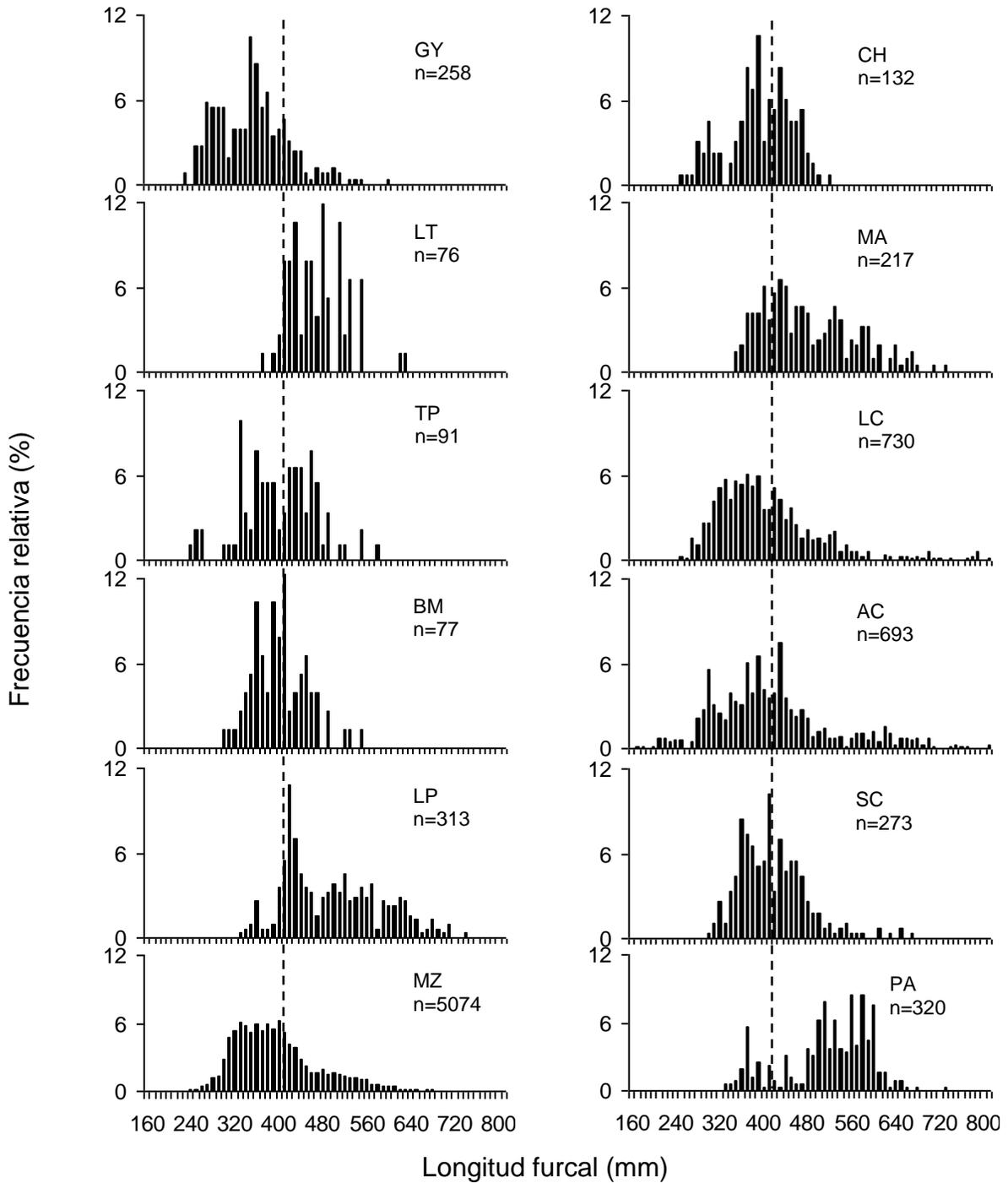


Figura 6. Distribución de frecuencias de tallas de la sierra del Pacífico por sitio de pesca en la costa mexicana del Océano Pacífico. Coeficiente de asimetría de Fisher (g). La línea punteada representa la talla promedio (407 mm LF) en toda la zona y período de estudio.

Tabla 2. Valores de significancia de la Comparación Múltiple de Medias entre los sitios de pesca. Significativo (S) a una $p < 0.05$, no significativo (NS) a una $p > 0.05$.

SITIOS	GY	LT	TP	BM	LP	MZ	CH	MA	LC	AC	SC	PA
GY		S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
LT	S		S	S	NS	S	S	NS	S	S	S	S
TP	S	S		NS	S	NS	NS	S	NS	NS	NS	S
BM	S	S	NS		S	NS	NS	S	NS	NS	NS	S
LP	S	NS	S	S		S	S	NS	S	S	S	NS
MZ	S	S	NS	NS	S		NS	S	NS	NS	NS	S
CH	S	S	NS	NS	S	NS		S	NS	NS	NS	S
MA	S	NS	S	S	NS	S	S		S	S	S	S
LC	S	S	NS	NS	S	NS	NS	S		NS	NS	S
AC	S	S	NS	NS	S	NS	NS	S	NS		NS	S
SC	S	S	NS	NS	S	NS	NS	S	NS	NS		S
PA	S	S	S	S	NS	S	S	S	S	S	S	

Estas diferencias en talla se observan en la figura 7, donde se grafican los valores del promedio de la LF para cada sitio de recolecta, donde se aprecia que las menores tallas se registraron en GY y las mayores en PA.

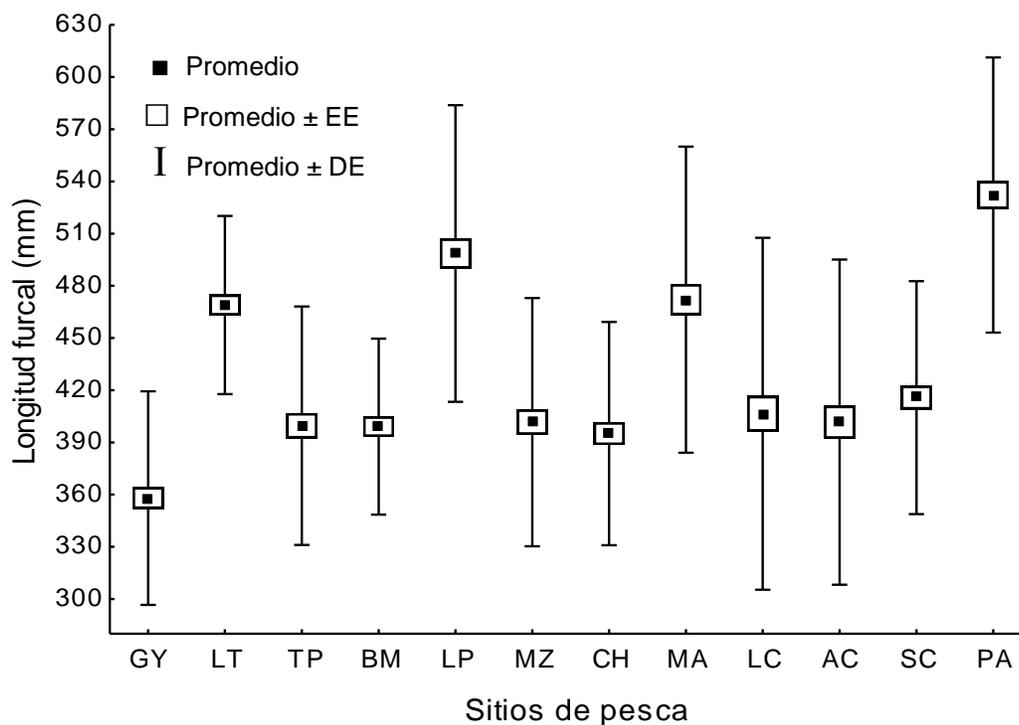


Figura 7. Promedio de la longitud furcal (LF) de la sierra del Pacífico por sitio de pesca en la costa mexicana del Océano Pacífico. Error estándar (EE) y desviación estándar (DE).

7.2.2. Talla a la edad

7.2.2.1. Determinación de la edad

Se analizaron un total de 1,434 pares de otolitos de la sierra del Pacífico capturada por la flota artesanal en la zona de estudio. En GY fue posible estimar la edad a 145 ejemplares, mientras que en LT, TP, BM, LP, MZ y CH fueron 76, 82, 76, 60, 599 y 124 respectivamente, por su parte MA representó el sitio con menor número de otolitos y sólo se le estimó la edad a 23 organismos, similar a lo registrado en LC en donde observaron 27 otolitos, en lo que respecta a AC, SC y PA se les estimó la edad a 100, 70 y 52 individuos respectivamente. De manera general se encontraron 9 grupos de edad (1-9), siendo los individuos del grupo 4 los más abundantes (35%), seguidos por el 3 (19%) y el 5 (18%) (Fig. 8).

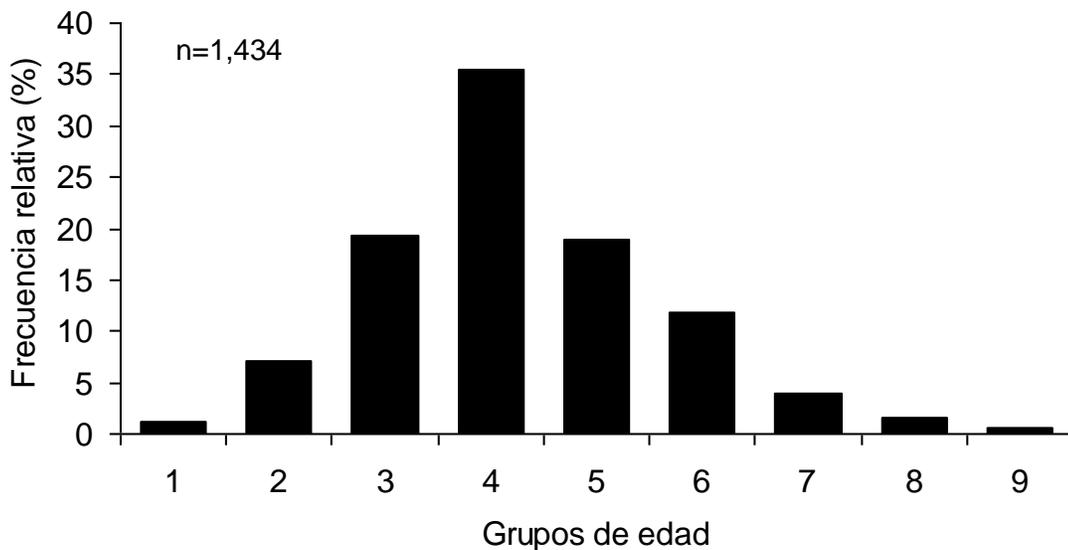


Figura 8. Grupos de edad observados para la sierra del Pacífico en la costa mexicana del Océano Pacífico.

Los bajos valores del porcentaje de error promedio (APE= 1.17%) y del coeficiente de variación (CV= 1.65%) indicaron que ambos lectores tuvieron una buena precisión de las lecturas de las marcas de crecimiento.

7.2.2.2. Periodicidad de formación de las marcas de crecimiento

El porcentaje mensual de otolitos con borde opaco mostró una fuerte estacionalidad, presentado valores máximos durante otoño-invierno y el resto del año correspondió al borde hialino (primavera-verano) (Fig. 9).

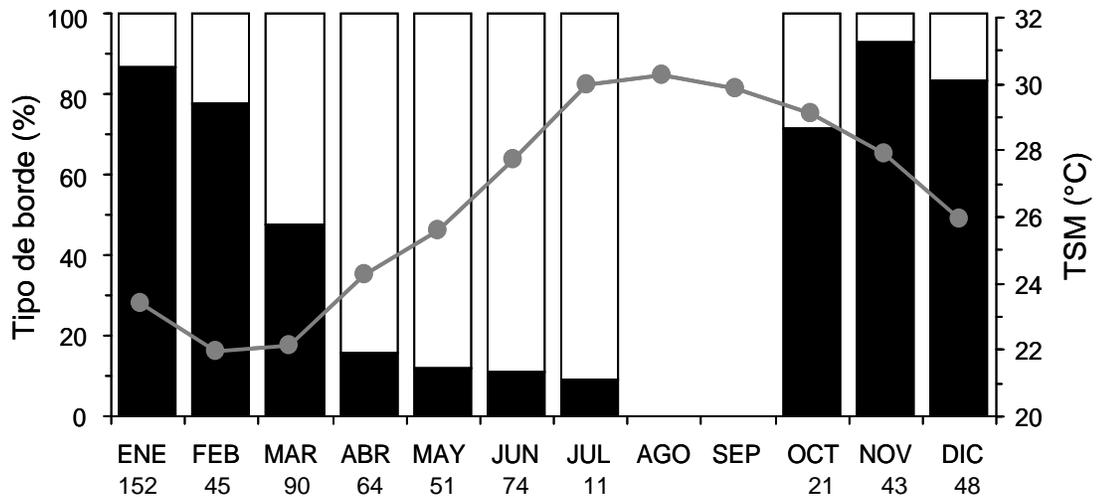


Figura 9. Porcentaje mensual de otolitos con borde opaco (barras en negro) y borde hialino (barras en blanco) de la sierra del Pacífico, y temperatura superficial del mar (TSM, línea) en la costa de Mazatlán, Sinaloa. La TSM es el promedio mensual durante 2001-2007. Los números debajo de los meses representan el tamaño de muestra para cada mes.

A pesar de que no se contó con muestras durante los meses de agosto y septiembre, la tendencia sugiere que la periodicidad de formación de una marca de crecimiento es anual y en consecuencia el número de marcas de crecimiento en los otolitos corresponderá a la edad en años. No se detectó una relación significativa entre el porcentaje mensual de otolitos con borde opaco y la temperatura superficial del mar (Coeficiente de Spearman; $r^2 = -0.26$, $p > 0.05$).

7.2.2.3. Comparación de la talla a la edad entre los sitios de pesca

En la figura 10 se muestran las estructuras de edades por sitio de pesca, donde es posible identificar individuos de 1 a 9 años. En GY se identificaron siete grupos de edad (2-9) estando ausente el grupo 8, donde el grupo 3 y grupo 4 fueron los más

frecuentes (26%, 40%) respectivamente; en LT se encontraron 7 grupos de edad (3-9) siendo más representativo el grupo 6 (33%); la sierra del Pacífico capturada en TP presentó seis grupos de edad (1-6), los más representativos fueron el grupo 3 (31%) y el grupo 4 (50%); en BM se encontraron seis grupos de edad (2-7), siendo el grupo 4 (38%) y el grupo 5 (24%) los más representativos; la captura en LP incluyó siete grupos de edad (3-9), siendo el grupo 5 el más frecuente (26%); en MZ la sierra presentó una amplia estructura de edad, encontrándose ocho grupos de edad (2-9), siendo los individuos del grupo 4 los más frecuentes (30%), seguidos por el grupo 5 (22%) y el grupo 3 (22%); en CH se obtuvo una estructura de edad más reducida, ya que sólo se encontraron cinco grupos de edad (1-5), el más importante fue el grupo 4 (56%), seguido por el grupo 3 (26%); los organismos capturados en MA fueron incluidos en tres grupos de edad (3-5), siendo más representativo el grupo 4 (83%), seguido por el grupo 5 (13%), los organismos del grupo 3 fueron muy escasos; en LC se encontró la estructura de edad más amplia (1-9), siendo más representativos los individuos jóvenes del grupo 2 con un (30%), el grupo 3 (26%), seguido por el grupo 4 (11%), los organismos con más de 6 marcas de crecimiento fueron muy escasos; en AC se encontraron peces hasta con siete marcas de crecimiento (1-7), siendo el grupo 4 el más representativo (30%); en SC a la sierra del Pacífico se le asignó edad entre los grupos 3-7 y 9, donde el grupo 4 fue el más frecuente (47%), seguido por el grupo 5 (26%); la sierra del Pacífico captura en PA presentó una estructura con siete grupos de edad (3-9), estando ausente el grupo 8, siendo el grupo 4 el más importante (45%). En general los organismos con menos de dos marcas de crecimiento y más de ocho fueron muy escasos.

En la zona de estudio, el grupo de edad 4 fue el más abundante (36%) y estuvo presente en todos los sitios de pesca. Por su importancia, éste grupo de organismos se eligió para evaluar la talla a la edad entre los sitios de pesca.

Al comparar la estructura de tallas del grupo de edad 4 entre los sitios de pesca (Fig. 11), se detectaron diferencias significativas (Kruskal-Wallis; $p < 0.05$) (Tabla 4), con base a la Comparación Múltiple de Medias, los organismos recolectados en GY

presentaron la menor talla promedio a los 4 años (380 mm LF) y en PA se recolectaron organismos más grandes a la misma edad (531.5 mm LF) (Fig. 12).

Con base en los resultados del análisis de la estructura de tallas y la talla a la edad 4 entre los sitios de pesca, fue posible discriminar hasta 4 stocks. El primer stock (el cual se denomina stock-1) se caracterizó por presentar en promedio la talla más pequeña a la edad 4, este stock se constituyó por los organismos recolectados en GY; el segundo stock (stock-2) se definió por los organismos recolectados en LT, TP, BM, LP, MZ, CH y MA; el tercer stock (stock-3) se integró por los sitios de pesca LC, AC y SC; finalmente el cuarto stock (stock-4) se caracterizó por presentar en promedio la talla más grande de la zona de estudio quedando representado por PA. Los resultados contenidos en la Tabla 3 y en la figura 12, sugieren un patrón latitudinal en la estructura de tallas a la edad 4, menores tallas a la misma edad en la parte norte de la costa mexicana del Océano Pacífico y mayores tallas en la parte sur.

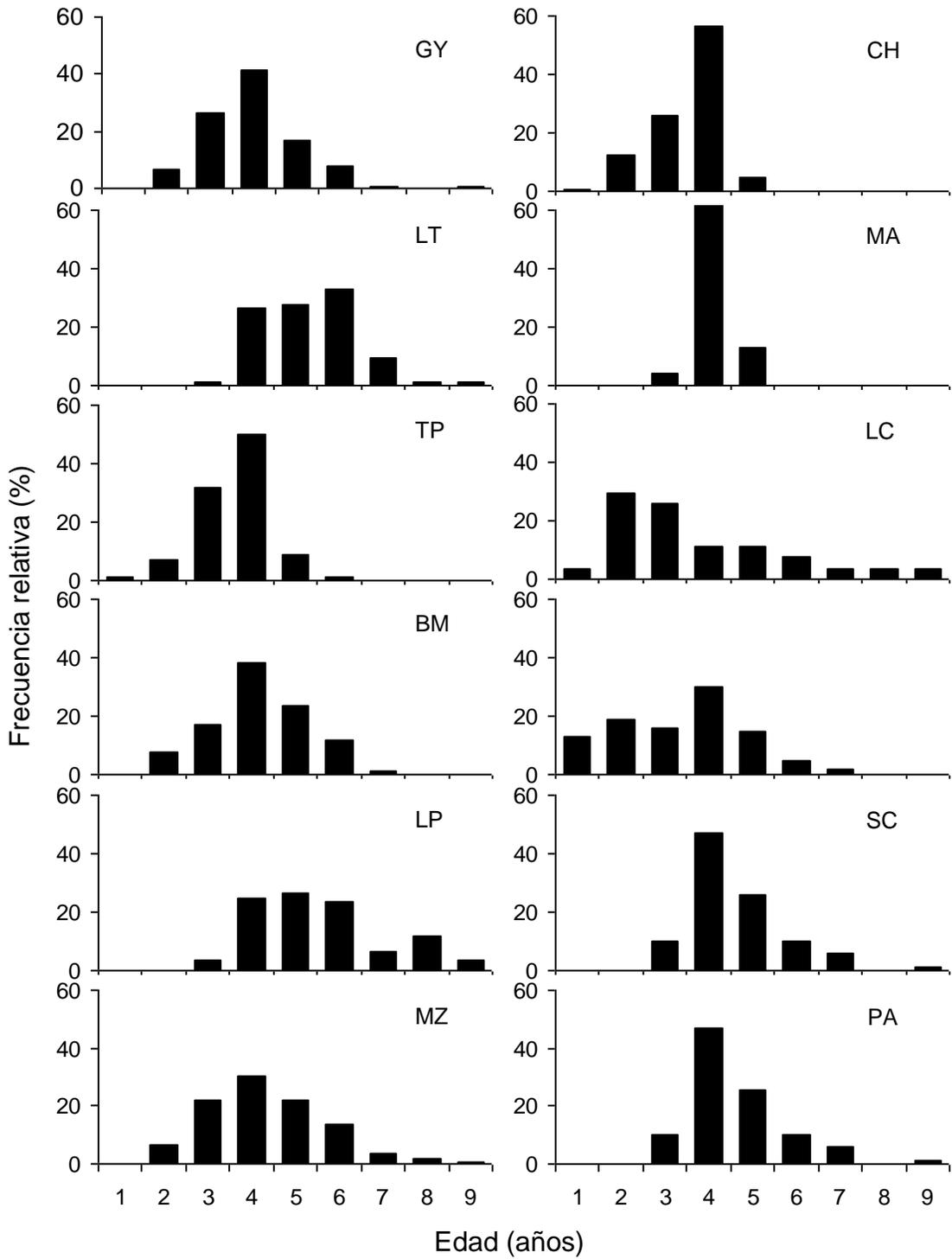


Figura 10. Estructura de edad de la sierra del Pacífico por sitio de pesca en la costa mexicana del Océano Pacífico.

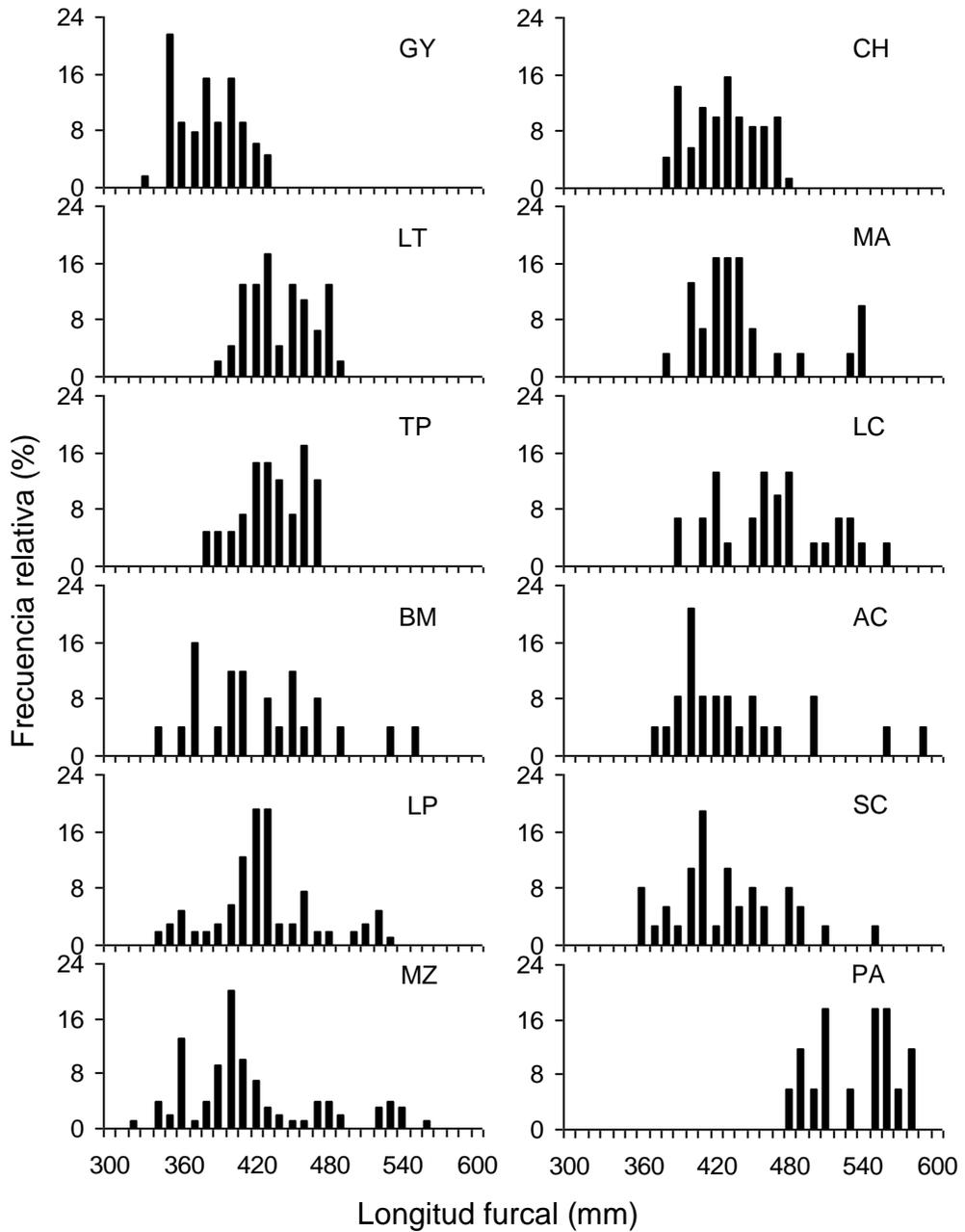


Figura 11. Distribución de frecuencias de tallas del grupo de edad 4 de la sierra del Pacífico por sitio de pesca en la costa mexicana del Océano Pacífico.

Tabla 3. Valores de significancia de la Comparación Múltiple de Medias de la talla a la edad de 4 años de la sierra del Pacífico entre los sitios de pesca en la costa mexicana del Océano Pacífico. Significativo (S) a una $p < 0.05$, no significativo (NS) a una $p > 0.05$.

SITIOS	GY	LT	TP	BM	LP	MZ	CH	MA	LC	AC	SC	PA
GY		S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
LT	S		NS	NS	NS	NS	NS	NS	S	S	S	S
TP	S	NS			NS	NS	NS	NS	S	S	S	S
BM	S	NS	NS			NS	NS	NS	S	S	S	S
LP	S	NS	NS	NS			NS	NS	S	S	S	S
MZ	S	NS	NS	NS	NS			NS	S	S	S	S
CH	S	NS	NS	NS	NS	NS			S	S	S	S
MA	S	NS	NS	NS	NS	NS	NS			S	S	S
LC	S	S	S	S	S	S	S	S		NS	NS	S
AC	S	S	S	S	S	S	S	S	NS		NS	S
SC	S	S	S	S	S	S	S	S	NS	NS		S
PA	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	

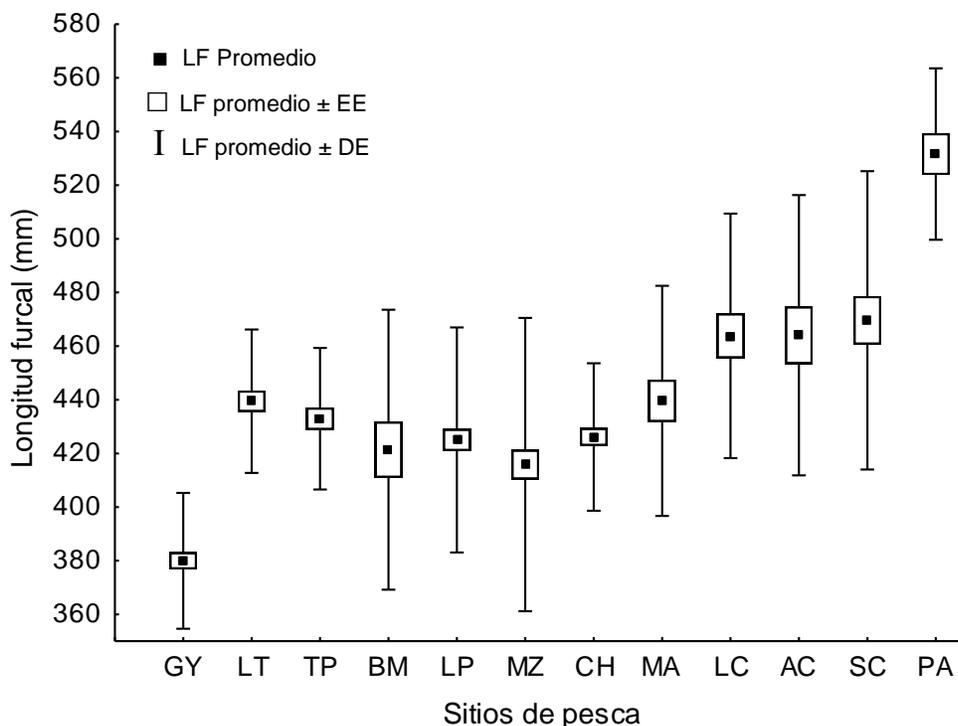


Figura 12. Promedio de la longitud furcal a la edad de 4 años de la sierra del Pacífico por sitio de pesca en la costa mexicana del Océano Pacífico. EE significa error estándar y DE es igual a desviación estándar.

7.3. Análisis del crecimiento individual por stock de la sierra del Pacífico

7.3.1. Relación radio del otolito-longitud del pez

El stock-2 quedó definido por siete sitios de muestreo desde LT hasta MA, agrupando más del 72% del total de otolitos recolectados. Para el retrocálculo de éste stock se eligieron 268 otolitos a través de un muestreo estratificado al azar, para estandarizar el tamaño de muestra por stock. La relación del crecimiento del otolito (RO) y el crecimiento somático (LF) fue descrito significativamente por un modelo potencial (Tabla 4, Fig. 13). La variación del tamaño de otolito explicó en promedio el 72% de la variación de la longitud del pez ($p < 0.05$), sugiriendo que el otolito es adecuado para describir el crecimiento de la sierra del Pacífico.

Tabla 4. Valores de los coeficientes de la relación RO-LF y el coeficiente de determinación para la sierra del Pacífico por stock en la costa mexicana del Océano Pacífico.

Coeficientes	Stock-1	Stock-2	Stock-3	Stock-4
a	148.23	87.9	105.46	96.96
b	1.09	1.49	1.34	1.49
r^2	0.58	0.54	0.91	0.86

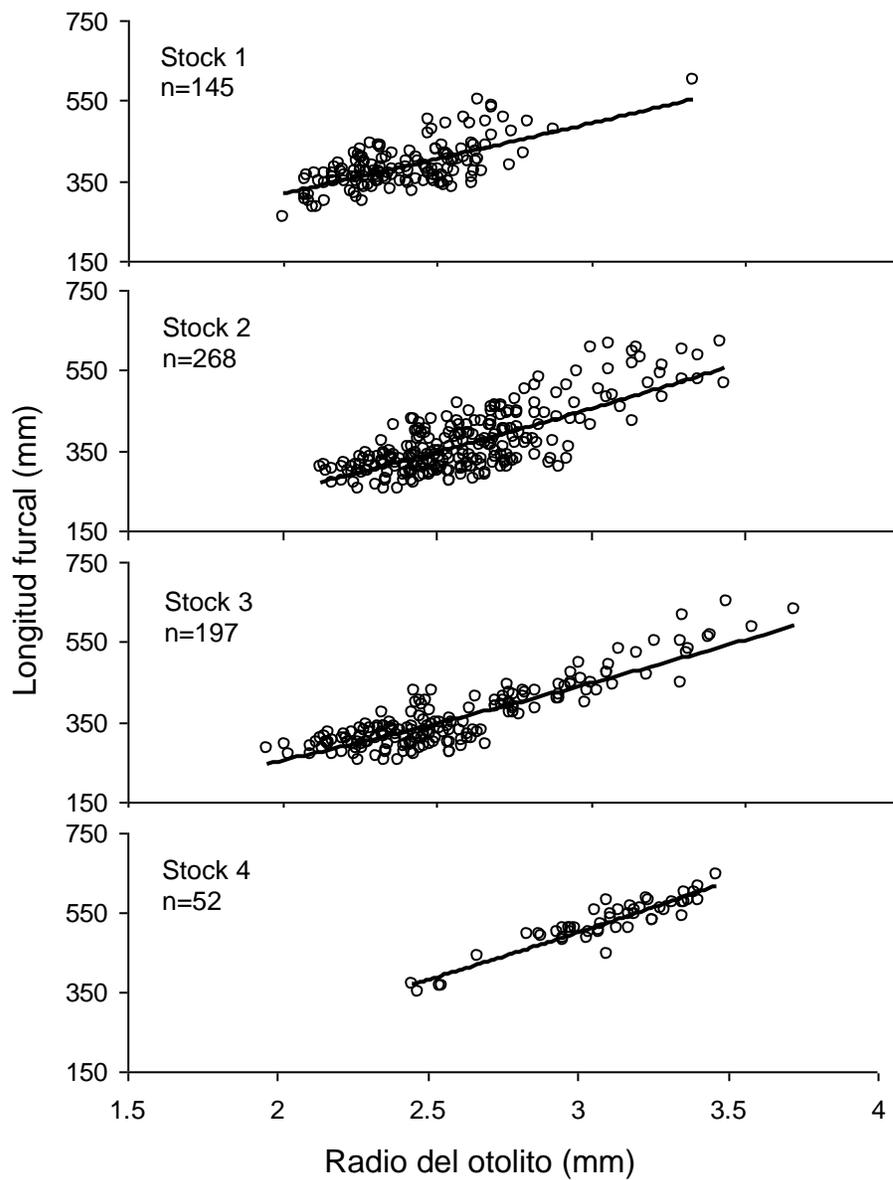


Figura 13. Relación RO-LF de la sierra del Pacífico por stock en la costa mexicana del Océano Pacífico.

7.3.2. Retrocálculo de longitudes

Para la descripción del crecimiento individual por stocks, se retrocálculo la talla a la edad (Tabla 5). Se observa que a partir de edad 3, las tallas retrocálculadas para el stock 1 y 2 fueron menores a las estimadas para los stock 3 y 4.

Tabla 5. Promedio de la talla retrocalculada por edad por stock de la sierra del Pacífico en la costa mexicana del Océano Pacífico.

Edad (años)	Longitud furcal retrocalculada (mm)			
	Stock 1	Stock 2	Stock 3	Stock 4
1	246	197	233	216
2	301	258	301	302
3	350	306	356	367
4	389	363	400	431
5	434	419	446	479
6	499	476	498	511
7	532	532	552	550
8	576	560	598	581
9	600	589	617	623

7.3.3. Crecimiento

A los datos de edad y LF retrocalculada para cada uno de los stocks se les ajustó el modelo de crecimiento de von-Bertalanffy (Fig. 14). Los valores de los parámetros del modelo se presentan en la Tabla 6. La longitud asintótica (L_{∞}) varió entre 651 a 732 mm LF, el coeficiente de crecimiento (k) entre 0.17 a 0.27, y la edad teórica a longitud cero (t_0) entre -0.34 a -0.17 años. En todos los casos el modelo describió significativamente ($r^2 > 0.96$) el patrón de crecimiento de la sierra del Pacífico.

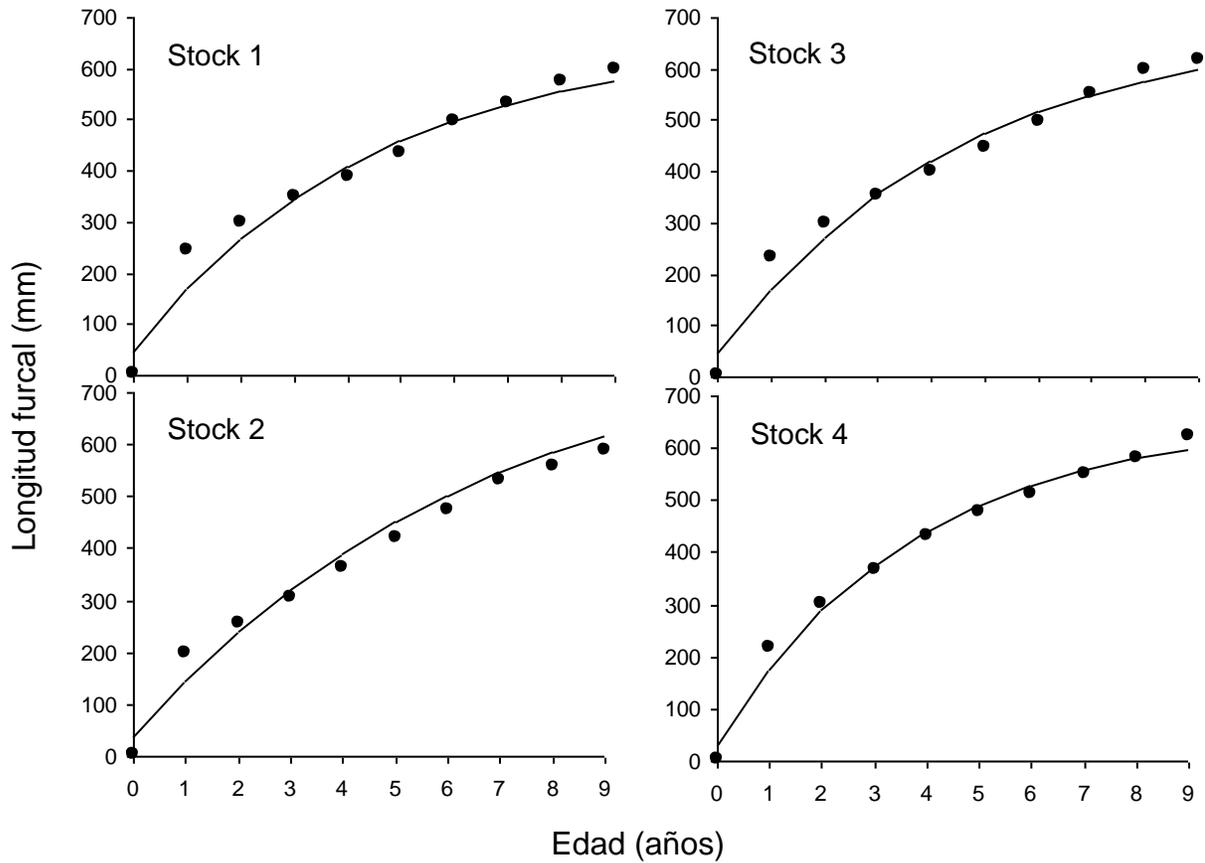


Figura 14. Relación entre la edad y la talla promedio retrocalculada, y las curvas del modelo de crecimiento por stock de la sierra del Pacífico en la costa mexicana del Océano Pacífico.

Tabla 6. Parámetros del modelo de crecimiento de von-Bertalanffy ajustado a los datos de talla-edad retrocalculada por stock de la sierra del Pacífico en la costa mexicana del Océano Pacífico.

Parámetros	Stock-1	Stock-2	Stock-3	Stock-4
L_{∞}	651	732	689	652
k	0.24	0.17	0.22	0.27
t_0	-0.34	-0.32	-0.32	-0.17
r^2	0.96	0.98	0.97	0.98

7.3.4. Comparación del crecimiento

Al comparar las curvas del modelo de crecimiento de von-Bertalanffy de la sierra del Pacífico entre los stocks, en general no se detectaron diferencias significativas entre ellas (ARSS; $p > 0.05$) (Tabla 7). Únicamente se detectaron diferencias significativas entre el stock-2 y el stock-4, mientras que en el resto de las comparaciones las diferencias no fueron significativas. De acuerdo a estos resultados los stocks, definidos con base a la estructura de tallas y talla a la edad 4, se redefinen como un sólo grupo poblacional.

Tabla 7. Comparación de las curvas de crecimiento entre stocks de la sierra del Pacífico en la costa mexicana del Océano Pacífico, usando el Análisis de la Suma de Cuadrados Residuales (ARSS). Significativo (S) $p < 0.05$, no significativo (NS) a una $p > 0.05$.

Stocks	1	2	3	4
1		NS	NS	NS
2	NS		NS	S
3	NS	NS		NS
4	NS	S	NS	

En consecuencia se estimaron los parámetros del modelo de crecimiento de von-Bertalanffy para la sierra del Pacífico en la costa mexicana del Océano Pacífico (Fig. 15). Se observa que la sierra del Pacífico presenta un rápido crecimiento durante los primeros dos años de vida alcanzado 290 mm LF que representa el 43% de la longitud máxima estimada. Posteriormente, los incrementos en longitud se reducen a 45 mm por año.

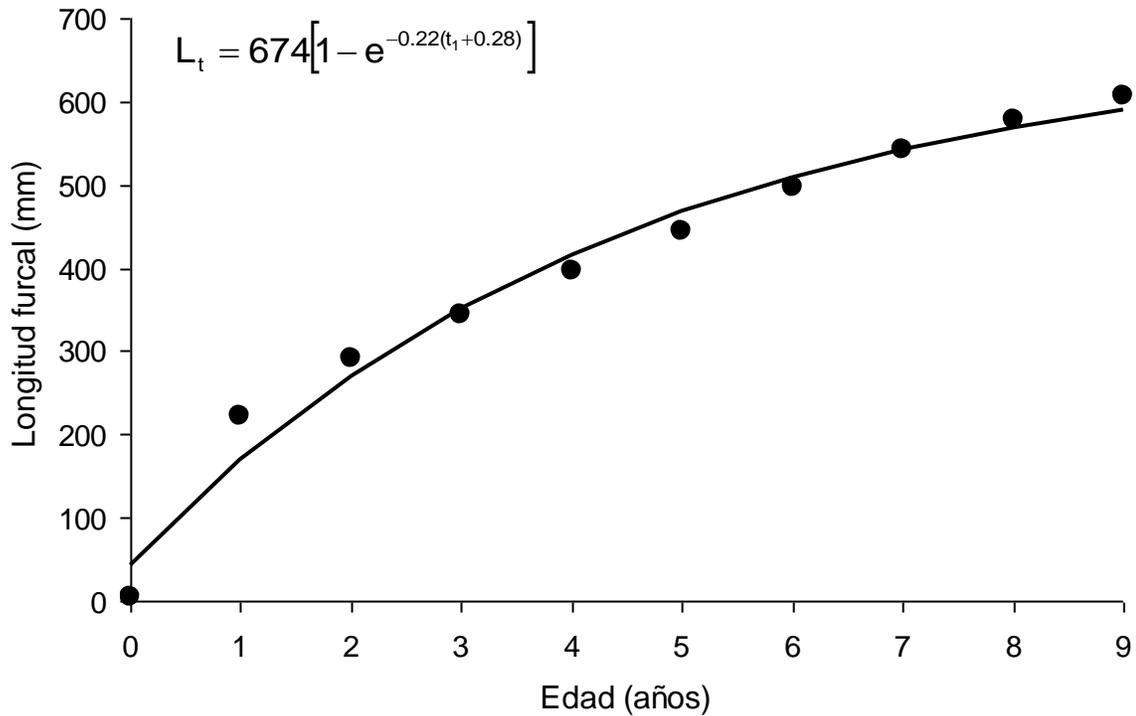


Figura 15. Promedio de la talla a la edad y curva del modelo de crecimiento de la sierra del Pacífico en la costa mexicana del Océano Pacífico, durante 2001-2008.

7.3.5. Relación Longitud-peso y estructura de edades total

El peso total (PT) de la sierra del Pacífico en la costa mexicana del Océano Pacífico varió entre 109 y 4000 g PT, con un promedio general de 679 g PT. Un modelo potencial se ajustó significativamente a los datos de LF y PT (Fig. 16). La prueba de la alometría del crecimiento resultó significativa (Prueba-t, $p < 0.05$).

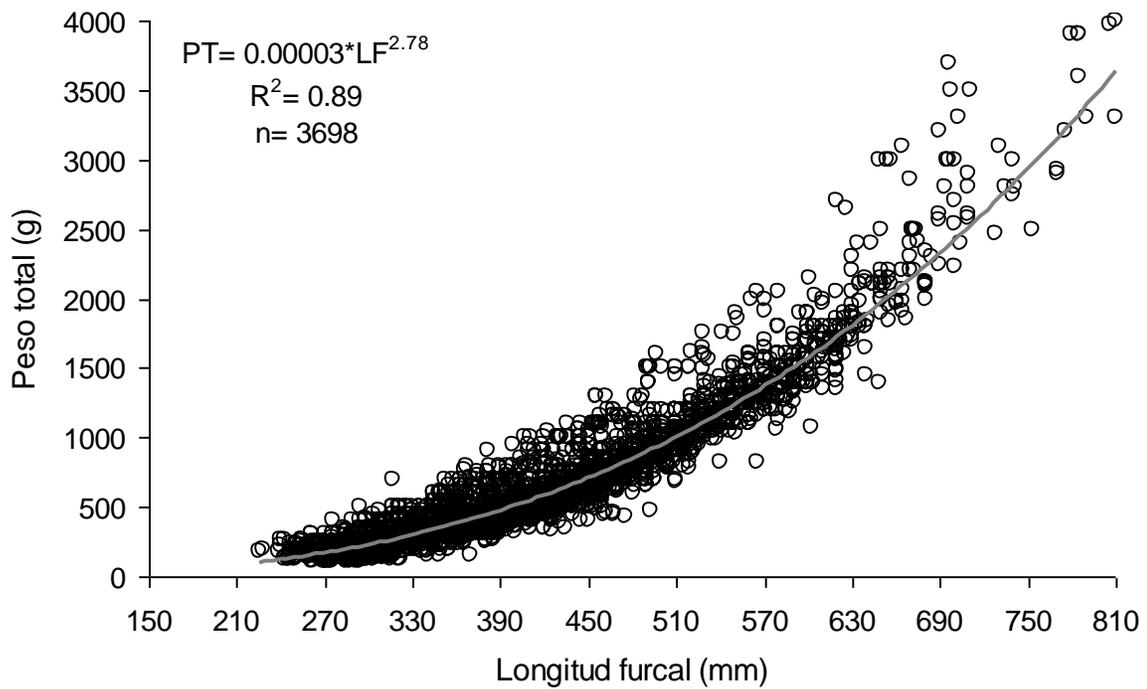


Figura 16. Relacion LF-PT de la sierra del Pacífico en la costa mexicana del Océano Pacífico.

La estructura de edades de la sierra del Pacífico en la costa mexicana del Océano Pacífico estuvo compuesta por edades de 1 a 9 años (Fig. 17), el grupo de edad 4 fue el más representativo (31%), seguido por el grupo de edad 3 (23%) y el grupo de edad 5 (16%). En general organismos con edad de 1 año y con más 8 años estuvieron poco representados.

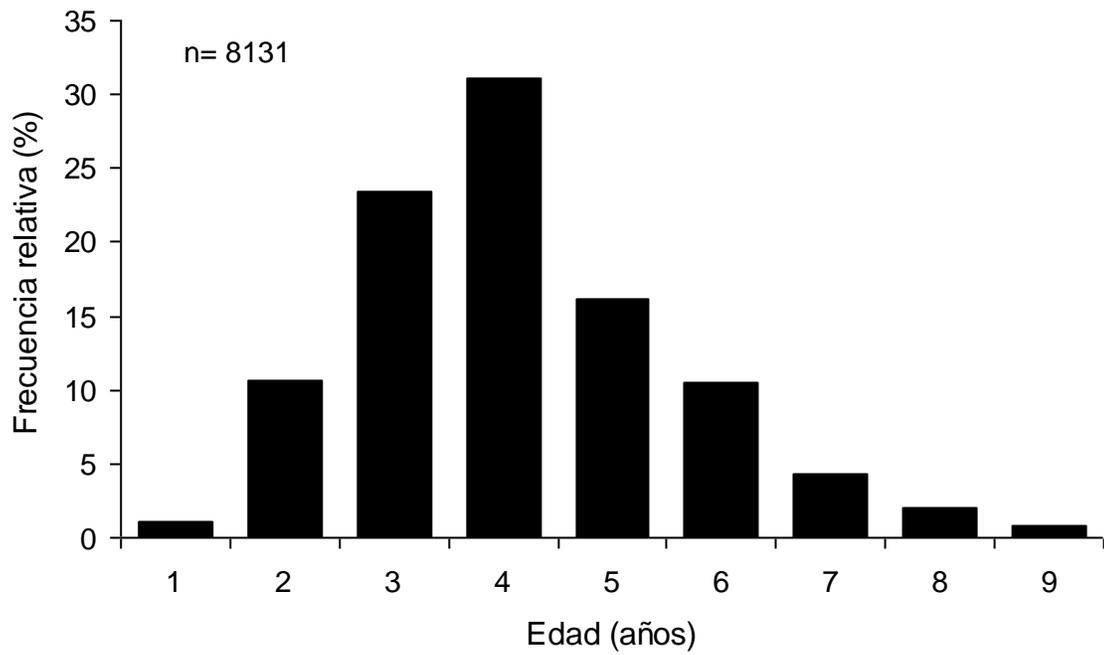


Figura 17. Estructura de edades de la sierra del Pacífico en la costa mexicana del Océano Pacífico.

8. DISCUSIÓN

8.1. Muestreo

Una de las principales dificultades a las que se enfrentan los estudios que incluyen una gran área de estudio, como la costa mexicana del Océano Pacífico, es que el muestreo es discreto en espacio y tiempo, dando como resultado una desproporción en la intensidad del esfuerzo de muestreo, consecuencia de varios factores destacándose, la falta de personal o simplemente limitaciones económicas. En el presente estudio fue difícil aplicar un mismo esfuerzo de muestreo en cada uno de los sitios de pesca analizados, esto se puede observar en la Tabla 1. En general la zona norte, de GY a MZ, estuvo mejor representada (2001-2007) en comparación a la zona sur, de MA a PA, donde prácticamente sólo se obtuvieron muestras durante el periodo (2007-2008). Tales diferencias en tiempo y esfuerzo de muestreo pudieron representar una limitante para los resultados, sin embargo, lo relevante del presente estudio es que logró abarcar más del 50% del área de distribución de la sierra del Pacífico, logrando obtener una aproximación de su estructura poblacional.

La sierra del Pacífico presenta una temporalidad muy marcada en su disponibilidad a la pesca, en general sus capturas van de noviembre a julio en las costas del Pacífico mexicano (Ramírez-Pérez *et al.*, 2010). Lizárraga-Rodríguez (1984) menciona que la temporada de pesca de la sierra del Pacífico en las costas de Nayarit es de septiembre a julio, similar a lo reportado por Arámburo-Paéz *et al.* (1985) para las zonas de Mazatlán y Guaymas, que es de noviembre a julio. Estos autores coinciden en que los meses con mayores capturas de esta especie son de febrero a abril, y en las zonas de pesca en la boca del Golfo de California se registran los mayores rendimientos. Lo anterior también se observó en el presente estudio que incluyó un periodo y área de muestreo más amplios que en los estudios previos.

8.2. Identificación de stocks de sierra del Pacífico con base en la estructura de tallas y talla a la edad

La muestra total de sierra del Pacífico, recolectada desde Guaymas, Sonora, hasta Puerto Arista, Chiapas, incluyó 8,254 organismos con tallas que variaron entre 168 mm LF y 810 mm LF, este intervalo es el más amplio que se ha reportado para la especie (Verdi-Lara, 1981; Arámburo-Páez, 1985; Espino-Barr *et al.*, 1990; Pérez-Ramos, 1994; Cervantes-Escobar, 2004; Medina-Gómez, 2004, 2006; Aguirre-Villaseñor *et al.*, 2006). En la parte norte de la costa mexicana del Océano Pacífico se usa principalmente una luz de malla entre 2.5-3 pulgadas (63.5-76.2 mm), mientras que para la parte sur se utilizan redes de enmalle con 2.75-3.5 pulgadas (69.8-88.9 mm), y en menor medida se captura con anzuelo y curricán (Lizárraga-Rodríguez, 1984; Arámburo-Paéz *et al.*, 1985; Anónimo, 2004). La pesquería en la costa mexicana del Océano Pacífico es soportada principalmente por organismos de 290 a 450 mm LF, los cuales representan el 72% de la captura total.

Las diferencias en talla de la sierra del Pacífico entre los sitios de pesca pueden ser originadas por la selectividad del arte de pesca, ya que el pescador utiliza redes con diferente luz de malla (dentro del intervalo de 2.5 a 3.5 pulgadas) durante la temporada de pesca. Otro factor que pudiera estar influyendo es la profundidad de la zona donde se llevan a cabo las actividades de pesca, ya que normalmente los organismos pequeños y juveniles se distribuyen en zonas someras, mientras que los organismos grandes y adultos prefieren zonas más profundas, este comportamiento fue observado en la costa colombiana (Artunduaga, 1972). Pérez-Ramos (1994), menciona que en las costas de Mazatlán el 72% de los viajes de pesca son dirigidos hacia zonas poco profundas.

La estructura de tallas de la sierra del Pacífico muestreada en la costa de Guaymas varió entre 225 a 600 mm LF, incluyendo en su mayoría (80%) individuos menores a 407 mm LF (talla promedio para toda la zona de estudio). Medina-Gómez (2004) reportó que Guaymas es la zona de traslapeo entre la distribución de *S. Sierra* y *S. concolor*, y registró tallas entre 260 y 490 mm LF para la sierra del Pacífico, similar al reportado en el presente estudio. Debido a que estas dos especies presentan

afinidad de hábitat (Anónimo, 2004), para fines de sustentabilidad de la pesquería es importante evaluar el porcentaje de mezcla de estas especies en su zona de traslazo.

Son escasos los estudios que se han llevado a cabo sobre la biología de la sierra del Pacífico, sobre todo los relacionados con la edad. En el presente trabajo fue posible identificar hasta 9 grupos de edad. Medina-Gómez (2006) determina la edad de la sierra del Pacífico muestreada en la boca del Golfo de California y reporta hasta 11 años de edad. La diferencia en la edad máxima puede deberse al criterio de lectura utilizado en el presente trabajo, las lecturas incluyeron las marcas de crecimiento después de una amplia zona que definía el núcleo del otolito. Para las costas de Mazatlán, Arámburo-Paéz *et al.* (1985) determinaron 5 grupos de edad del (1-5), mencionan que el grupo de edad que predominó fue el tres con una talla promedio de 443.6 mm LT (410 mm LF). En nuestro estudio, el grupo de edad 4 fue el más importante en esta zona, además, la estructura de edades fue diferente (2-9 grupos de edad). La talla promedio para el grupo de edad 3, en el presente estudio, fue 366 mm LF.

Para la zona de Bahía Magdalena, Barjau-González (1984) a través de la observación de las marcas de crecimiento presentes en los otolitos, reporta cinco grupos de edad (1-5). Tales resultados difieren a los obtenidos en el presente estudio para esta zona, ya que no obtuvimos organismos con menos de dos marcas y la edad máxima fue de 7 años, siendo el grupo de edad 4 el más dominante. Estas diferencias pueden deberse a que las muestras provienen de épocas diferentes y que no se cuentan con criterios comunes en la estimación de la edad, por otro lado, este autor no evaluó la periodicidad de las estimaciones de edad.

Francis (1995) comenta que cuando se hacen determinaciones directas de edad, la validación de la temporalidad de la formación de las marcas de crecimiento es un requisito indispensable. Para la sierra del Pacífico, la periodicidad de las marcas de crecimiento se han evaluado a través del análisis del incremento marginal del otolito (Medina-Gómez, 2006) y del porcentaje mensual de otolitos con borde opaco (López-Murúa, 2010), ambos métodos sugieren que el patrón de formación de las marcas de

crecimiento es anual. En el presente trabajo, el análisis del tipo de borde del otolito reveló una clara estacionalidad en la depositación de las bandas de crecimiento, la banda opaca se formaría durante otoño-invierno y la banda hialina durante primavera-verano. La formación de la banda opaca se asocia a periodos de crecimiento rápido, generalmente abarca la época de alimentación, mientras que la banda hialina se relaciona a periodos de crecimiento lento, coincidiendo con la época reproductiva y periodos con menor disponibilidad de alimento (Ibáñez-Aguirre & Gallardo-Cabello, 1996). McIlwain *et al.* (2005) comentan, para *S. commerson* en el Golfo de Oman, que la banda hialina se forma durante primavera-verano coincidiendo con el movimiento de la especie hacia sus zonas de desove. Esto último sustentado por la estacionalidad de la captura, la cual se reduce significativamente durante la época de reproducción. Lo anterior y los resultados del presente trabajo sugieren que a finales de primavera y principios de verano finaliza la formación de una marca de crecimiento, lo cual coincide con Medina-Gómez (2006) y López-Murúa (2010). Esta temporalidad en la formación de las marcas de crecimiento se ha reportado para otras especies del mismo género, como *S. cavalla* y *S. maculatus* en el Golfo de México y costa sur-oriental de Estados Unidos (Johnson *et al.*, 1983; Fable *et al.*, 1987), y para *S. commerson* en la costa nor-oriental de Australia (McPherson, 1992) y en el Golfo de Oman (McIlwain *et al.*, 2005).

Las diferencias encontradas en la estructura de tallas y talla a la edad de 4 años de la sierra del Pacífico, permitió agrupar a la población en cuatro stocks, destacando Guaymas como la zona donde se capturaron los organismos con tallas más pequeñas, mientras que al sur de la zona de estudio (Puerto Arista) se registraron los ejemplares de tallas más grandes. Esta variación en tallas entre sitios de pesca ya ha sido reportada por Medina-Gómez (2004, 2006) y Cervantes-Escobar (2004) para el área del Golfo de California. De igual manera, diferencias en talla se ha observado para otras especies del mismo género, como en *S. maculatus* y *S. cavalla* en el Golfo de México y costa sur-oriental de Estados Unidos (Fable *et al.*, 1987; DeVries & Grimes, 1997), y *S. commerson* en el Golfo de Oman (Claereboudt *et al.*, 2004; McIlwain *et al.*, 2005). Para la captura de *S. commerson* en el Golfo de Oman, se usan hasta cinco artes de pesca, siendo la red de enmalle y el curricán los más

utilizados (Dudley *et al.*, 1992), la luz de malla varía entre 6 a 16 cm (60-160 mm) a lo largo de la zona de pesca (Claereboudt *et al.*, 2004). McIlwain *et al.* (2005) comentan que las diferencias observadas en la estructura de tallas y edades pueden ser producto de la luz de malla, ya que con frecuencia el uso de redes con un tamaño de malla chica, presenta una desviación hacia peces jóvenes y pequeños. La variación del tamaño de la luz de malla de la red de enmalle utilizada para la pesca de la sierra del Pacífico en la costa mexicana del Océano Pacífico (Anónimo, 2004) podrían ser el origen de las diferencias en talla encontradas en el presente trabajo.

8.3. Análisis del crecimiento individual por stock de la sierra del Pacífico

Diferencias en las tasas de crecimiento pueden ser la respuesta fenotípica de un genotipo plástico que varía de acuerdo a las condiciones del ambiente, característica que puede ser útil para la identificación de stocks en diferentes áreas de pesca sin que esto implique diferencias genéticas (Felin, 1954; Fable *et al.*, 1987; Sutter *et al.*, 1991; McPherson, 1992; DeVries & Grimes, 1997).

El retrocálculo de la longitud se basa en que existe un crecimiento proporcional entre otolito y el crecimiento somático. Esta técnica permite conocer la historia del crecimiento de los peces, basándose en las marcas de crecimiento presentes en las estructuras duras utilizadas para estimar la edad (Araya & Cubillos, 2002). El método del retrocálculo permite la estimación de longitudes a edades jóvenes, peces que son raramente recolectados en las muestras dependientes de la pesquería (Campana, 2001). Además, el retrocálculo de la longitud permite disminuir el sesgo que se origina por la selectividad del arte de pesca al atrapar a los organismos más grandes de los grupos de edad que no están completamente reclutados a la pesquería, esto fue comprobado para *S. commerson* en Australia (Ballagh *et al.*, 2006), donde las tallas observadas sobreestiman de manera significativa la talla promedio en los primeros grupos de edad. En el presente estudio el retrocálculo de longitud resultó ser muy útil en la caracterización del patrón de crecimiento de la sierra del Pacífico por stock y su comparación, en la costa mexicana del Océano Pacífico.

El Análisis de la Suma de Cuadrados Residuales (ARSS) no detectó diferencias significativas en el patrón de crecimiento de la sierra del Pacífico entre los stocks identificados a través de la talla a la edad. Lo anterior coincide con lo reportado por Ramírez-Pérez (2010) quien evaluando la estructura fenotípica y genotípica, detectó una estructura de stocks de la población al evaluar la variación de la forma del otolito, estructura que no fue sostenida por los resultados del análisis del ADN mitocondrial que no identificó evidencias de una estructura genética poblacional en la sierra del Pacífico. Sugiriendo un manejo compartido a lo largo del área de distribución en la costa mexicana del Océano Pacífico, con base en la definición de una estructura espacial.

La estructura por stocks definida a través de la talla a la edad, puede ser resultado de que estos grupos se formaron analizando la talla a la edad observada, mientras que el crecimiento se evaluó por medio de la talla a la edad retrocalculada. Con base en estos resultados podemos sugerir que la sierra del Pacífico distribuida a lo largo de la costa mexicana del Océano Pacífico pertenece al mismo stock. Nuestros resultados difieren de los reportados para otras especies del mismo género, *S. maculatus* y *S. cavalla* en el Golfo de México y parte sur-oriental de los Estados Unidos (Fable *et al.*, 1987; DeVries & Grimes, 1997) y para *S. commerson* en la costa nor-oriental de Australia (McPherson, 1992; Ballagh *et al.*, 2006) y en el Golfo de Oman (McIlwain *et al.*, 2005) quienes encuentran diferencias regionales en el crecimiento.

Los parámetros del modelo de von Bertalanffy ajustado a los datos de talla retrocalculada y edad de la sierra del Pacífico recolectada en la costa de Guaymas en el presente estudio, coinciden con los reportados por Medina-Gómez (2006) para esta zona. Por otro lado, Valdovinos-Jacobo (2006) describió el crecimiento de *S. concolor* para el mismo sitio, los parámetros resultan muy similares a los de *S. sierra* lo cual coincide con los resultados de Ramírez-Pérez (2010) que usando análisis genético identificó que las muestras recolectadas de la captura artesanal en la costa de Guaymas incluyeron ejemplares de ambas especies. Los parámetros de crecimiento para la sierra del Pacífico muestreada en la boca del Golfo de California

son similares a los reportados por Medina-Gómez (2006) y López-Murúa (2010) para la costa de Mazatlán, sin embargo, difieren de los reportados por Aguirre-Villaseñor *et al.* (2006) para la misma zona y con los de Espino-Barr *et al.* (1990) para la costa de Colima (Tabla 8). Las diferencias con los dos últimos reportes posiblemente son producto del método empleado para determinar la edad, ya que ellos utilizaron el análisis de progresión modal, mientras que Medina-Gómez (2006), López-Murúa (2010) y en el presente trabajo la edad se determinó a través de las marcas de crecimiento en los otolitos.

Tabla 8. Parámetros del modelo de crecimiento de von-Bertalanffy de la sierra del Pacífico y la sierra del Golfo (*S. concolor*) en la costa mexicana del Océano Pacífico. Machos (M), Hembras (H). El resto de las estimaciones son para sexos combinados.

Zona		Parámetros		
		L_{∞}	k	t_0
Guaymas, Sonora ¹		652	0.24	-0.25
Guaymas, Sonora ²		677	0.23	-0.26
La Paz, B.C.S. ¹		688	0.26	0.4
Mazatlán, Sinaloa ¹		732	0.2	-0.32
Mazatlán, Sinaloa ³		1083	0.15	-0.6
Mazatlán, Sinaloa ⁴	M	584	0.24	-0.64
	H	663	0.27	-0.67
Litoral de Colima ⁵		807	0.36	-0.023
Pacífico mexicano ⁶		674	0.22	-0.28

¹Medina-Gómez (2006), ²Valdovinos-Jacobo (2006), ³Aguirre-Villaseñor *et al.* (2006), ⁴López-Murúa (2010), ⁵Espino-Barr *et al.* (1990), ⁶Presente trabajo.

Las estimaciones del crecimiento a través del seguimiento modal en la frecuencia de tallas son más útiles para especies con ciclo de vida corto, con altas tasas de crecimiento y con un definido período de reproducción anual. No obstante, que Espino-Barr *et al.* (1990) comentan que la sierra del Pacífico es una especie con crecimiento acelerado y que presenta un sólo pico de reproducción (Pérez-Ramos, 1994), no es una especie con ciclo de vida corto, ya que se han reportado animales entre 9 y 11 años de edad (Medina-Gómez, 2006, presente trabajo).

9. CONCLUSIONES

El análisis de la estructura de tallas y talla a la edad de 4 años, evidenció la presencia de 4 stocks de sierra del Pacífico que se asocian a los sitios de pesca: 1. Guaymas; 2. Loreto, Topolobampo, Bahía Magdalena, La Paz, Mazatlán, Chacala y Manzanillo; 3 Lázaro Cárdenas, Acapulco, Salina Cruz y 4. Puerto Arista.

No se detectaron diferencias en el patrón de crecimiento entre los stocks de la sierra del Pacífico a lo largo de la costa mexicana del Océano Pacífico, lo que sugiere que la sierra del Pacífico en esta zona no presenta una estructura de stocks.

Se determinaron edades hasta 9 años y los parámetros de crecimiento para la sierra del Pacífico en la costa mexicana del Océano Pacífico fueron: $L_{\infty} = 674$ mm LF, $k = 0.22$, $t_0 = -0.28$ años.

10. RECOMENDACIONES

Son necesarios estudios regionales que se enfoquen en aspectos pesqueros y sociales que junto con la información biológica de la especie, permitan establecer las medidas de regulación más adecuadas para promover un aprovechamiento sustentable del recurso.

Desarrollar un programa de muestreo exhaustivo principalmente en la parte sur de la costa mexicana del Océano Pacífico que permita fortalecer los resultados obtenidos hasta el momento, así como, llevar acabo estudios durante la vida temprana de la sierra del Pacífico a través de estudios ictioplanctónicos que brinden información sobre las zonas de reproducción.

De igual manera es necesario un estudio de marcado que permita determinar la ruta migratoria de esta especie, para fortalecer los resultados que se tienen hasta el momento sobre su estructura poblacional.

12. BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre-Villaseñor, H., E. Morales-Bojórquez, R.E. Morán-Angulo, J. Madrid-Vera & M.C. Valdez-Pineda. 2006. Indicadores Biológicos de la pesquería de sierra (*Scomberomorus sierra*) al sur del Golfo de California, México. *Ciencias Marinas*, 32(3): 471-484.
- Al-Hosni, A.H., Siddeek, S.M. 1999. Growth and mortality of the narrowbarred Spanish Mackerel, *Scomberomorus commerson* (Lacepede), in Omani waters. *Fishery Marine Ecology*, 6: 145-160.
- Anónimo. 2004. Carta Nacional Pesquera. Diario Oficial de la Federación. México, D.F. 15/13/2004.
- Anónimo. 2008. Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca. Dirección de Estadística y Registro Pesquero. Secretaria de Pesca. México. 196 p.
- Arámburo-Paéz, G., J.M. Luna-García, G. Tirado-Estrada, A. Crespo-Domínguez, F.J. Ramírez, M.A. 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*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Sinaloa, 59 p.
- Araya, M. & L. Cubillos. 2002. El análisis retrospectivo del crecimiento en peces y sus problemas asociados. *Gayana*, 66(2): 161-179.
- Artunduaga, E. 1972. La sierra (*Scomberomorus sierra*, Jordan y Starks) del Pacífico Colombiano. *Divulgación Pesquera*, 8 (4): 72.
- Ballagh, A.C., G.A. Begg, A. Mapleston & A. Tobin. 2006. Growth trends of Queensland's 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 de licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, B.C.S., México, 58 p.

- Beamish, R.J. & D.A. Fournier. 1981. A method for comparing the precision of a set of age determinations. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 38: 982-983.
- Begg, G.A. 2004. Life history parameters. En “*Stock Identification Methods. Applications in Fishery Science*”. Eds. S.X. Cadrin, K.D. Friedland & J.R. Waldman. Elsevier Academic Press: Burlington, 119-150 p.
- Begg, G.A., J.A. Hare & D.D. Sheehan. 1999. The role of life history parameters as indicators of stock structure. *Fisheries Research*, 43: 141-163.
- Cadrin S.X., K.D. Friedland & J.R. Waldman. 2005. *Stock identification methods: Applications in fishery science*. Burlington, Mass.: Elsevier, 735 p.
- Campana, S.E. & S.R. Thorrold. 2001. Otoliths, increments and elements: keys to a comprehensive understanding of fish populations?. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 58: 30-38.
- Campana, S.E. 2001. Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. *Journal of Fish Biology*, 59: 197-242.
- 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, México*. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Sinaloa. Facultad de Ciencias del Mar, 35 p.
- Chang, W.Y.B. 1982. A statistical method for evaluating the reproducibility of age determination. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 39: 1208-1210.
- Chen, Y., D.A. Jackson & H.H. Harvey. 1992. A comparison of von Bertalanffy and polynomial functions in modeling fish growth data. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 49: 1228-1235.
- Claereboudt, M.R.G., H.S. Al-Oufi, J. McIlwain & J.S. Goddard. 2004. Relationships between fishing gear, size frequency and reproductive patterns for the kingfish (*Scomberomorus commerson*) fishery in the Gulf Oman, 1-2 p. En: Pogue,

- A.I.L., C.M. O'Brien & S.I. Rogers (Eds.). *Management of Shared Fish Stocks*. Blackwell, Oxford. 16 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 Fisheries Synopsis*, 125(2) : 137 p.
- DeVries, D.A. & C.B. Grimes. 1997. Spatial and temporal variation in age and growth of king mackerel, *Scomberomorus cavalla*, 1977-1992. *Fishery Bulletin*, 95: 694-708.
- DeVries, D.A., C.B Grimes & M.H. Prager. 2002. Using otolith shape analysis to distinguish eastern Gulf of Mexico and Atlantic Ocean stocks of King Mackerel. *Fisheries Research*, 57: 51-62.
- Dudley, R.G., Aghanashinikar, A.P., Brothers, E.B., 1992. Management of the Indo-Pacific Spanish mackerel (*Scomberomorus commerson*) in Oman. *Fisheries Research*, 15: 17-43.
- 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. En: Dailey, M. & H. Bertsch (Eds). *Memorias VIII Simposium de Biología Marina*. Ensenada, B.C.S., México. 105 p.
- Fable Jr., W.A., A.G. Johnson & L.E. Barger. 1987. Age and Growth of Spanish Mackerel, *Scomberomorus maculatus*, from Florida and The Gulf of Mexico. *Fishery Bulletin*, 85(4): 777-783.
- Felin, F.E. 1954. Population heterogeneity in the Pacific pilchard. *Fishery Bulletin of the Fish and Wildlife Service*, 54: 201-225.
- 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. Roma, FAO, 1(3): 1813 p.
- Francis, R.I.C.C. 1990. Back-calculation of fish length: a critical review. *Journal of Fish Biology*, 36: 883-902.

- Francis, R.I.C.C. 1995. The analysis of otolith data-a mathematician's perspective (what, precisely, is your model?), 81-95 p. En: Secor, D.H., J.M. Dean & S.E. Campana (Eds.). *Recent developments in fish otolith research*. Belle Baruch Library in Marine Science, 19: 735 p.
- 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. *Revista de Biología Tropical*, 51(2): 519-528.
- García-Valdez, J. 2009. *Selectividad de la red de enmalle sobre la sierra del Pacífico Scomberomorus sierra Jordan y Starks, 1895, en la Bahía de Topolobampo, Sinaloa*. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Sinaloa, 40 p.
- Ibáñez-Aguirre A.L. & M. Gallardo-Cabello. 1996. Age determination of the grey mullet *Mugil cephalus* L. and the white mullet *Mugil curema* V. (Pisces: Mugilidae) in Tamiahua lagoon, Veracruz. *Ciencias Marinas*, 22(3): 329-345.
- Johnson, A.G., W.A. Fable Jr., M.L. Williams & L.E. Barger. 1983. Age, Growth, and Mortality of King Mackerel, *Scomeromorus cavalla*, from the southeastern United States. *Fishery Bulletin*, 81(1): 97-106.
- Klawe, W.L. 1966. Notes on occurrence of young and spawning of *Scomberomorus sierra* in the eastern Pacific Ocean. *Pacific Scientific*, 20: 445-451.
- Lester, R.J.G., C. Thompson, H. Moss, & S.C. Barker. 2001. Movement and stock structure of narrow-barred Spanish mackerel as indicated by parasites. *Journal of Fish Biology*, 59: 833-842.
- Lizárraga-Rodríguez, H. 1984. *Contribución al conocimiento de la pesquería de la sierra del Pacífico Scomberomorus sierra en la costa del estado de Nayarit*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Sinaloa, 57 p.
- López-Murúa, L.S. 2010. *Edad y crecimiento de la sierra del Pacífico Scomberomorus sierra en las costas de Mazatlán, Sinaloa durante octubre de 2006 a julio de 2007*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Sinaloa, 44 p.

- Mackie, M., Gaughan, D.J., & Buckworth, R. 2003. Stock assessment of narrow-barred Spanish mackerel (*Scomberomorus commerson*) in Western Australia. Final Report, Fisheries Research and Development Corporation Project 1999/151. Fisheries Department of Western Australia. 242 p.
- McIlwain, J.L., M. Claereboudt, H.S. Al-Oufi, S. Zaki & J.S. Goddard. 2005. Spatial variation in age and growth of the kingfish (*Scomberomorus commerson*) in the coastal waters of the Sultanate of Oman. *Fisheries Research*, 73: 283-298.
- McPherson, G.R. 1982. Narrow barred Spanish mackerel-a relationship with temperature. En "Australian Society for Fisheries Biology, 9th Annual Conference", pp. 6-7. (Australian Society for Fish Biology: Hobart.).
- McPherson, G.R. 1992. Age and growth of the narrow-barred Spanish mackerel (*Scomberomorus commerson* Lacepede, 1800) in North-eastern Queensland waters. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 43: 1269-1282.
- 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.
- Medina-Gómez, S.P. 2006. *Edad y crecimiento de la sierra del Pacífico Scomberomorus sierra (Jordan y Starks, 1985) en el Golfo de California México.* Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional. La Paz, B. C. S. México, 62 p.
- Montemayor-López G. & M.A. Cisneros-Mata. 2000. La Sierra del Golfo de California, 261-273 p. En: *Sustentabilidad y Pesca Responsable en México; Evaluación y Manejo 1997-1998.* Instituto Nacional de la Pesca-SEMARNAP, México.
- Montemayor-López G., M.A. Cisneros-Mata, A. Morga-López, R. Castro-Longoria & R. Molina-Ocampo. 1999. Investigación para el manejo pesquero del recurso "Sierra" en el área central de la costa de Sonora. VII Congreso de la

Asociación de Investigadores del Mar de Cortés, AC, y I Simposium Internacional sobre el Mar de Cortés, Hermosillo, México.

Moore, B.R., R.C. Buckworth, H. Moss, & R.J.G. Lester. 2003. Stock discrimination and movements of narrow-barred Spanish mackerel across northern Australia as indicated by parasites. *Journal of Fish Biology*, 63: 765-779.

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.

Pella, J.J. & G.B. Milner. 1987. Use of Genetics marks in stock composition analysis, 247-275 p. En: N. Ryman & F. Utter (Eds.). *Population genetics and fishery management*. University Washington press. Washington, USA.

Pérez-Ramos, V.H. 1994. *Maduración sexual, hábitos alimenticios, estructura poblacional, variación temporal del esfuerzo y captura de la pesquería de la sierra S. sierra en la Bahía de Mazatlán, Sinaloa, durante el periodo 1988-89*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Sinaloa, 45 p.

Rahikainen, M. & R.L. Stephenson. 2004. Consequences of growth variation in northern Baltic herring for assessment and management. *ICES Journal of Marine Science*, 61: 338-350.

Ramírez-Pérez, J.S. 2008. *Estructura Poblacional de la Sierra Scomberomorus Sierra Jordan Y Starks, 1895 (Perciformes: Scombridae) en el Pacífico Mexicano*. Tesis de Doctorado. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional. La Paz, B. C. S. México, 82 p.

Ramírez-Pérez, J.S., C. Quiñónez-Velázquez, F.J. García-Rodríguez, R. Félix-Uraga & F.N. Melo-Barrera. 2010. Using the shape of sagitta otoliths in the discrimination of phenotypic stocks in *Scomberomorus sierra* (Jordan & Starks, 1895). *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 5(2): 82-93.

Saila, S.B. & B.K. Martin. 1985. A brief review and guide to some multivariate methods for stock identification, 149-173 p. En: Kumpf H.E., R.N. Vaught, C.B. Grimes, A.G. Jhonson & E.L. Nakamura (Eds.) *Proceeding of the stock*

- identification workshop*. Panama City Beach, Florida. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFC-199.
- Santa-Brígida, E.L., D.B. Cunha, P.S. Rego, I. Sampaio, H. Schneider & M. Vallinoto. 2007. Population analysis of *Scomberomorus cavalla* (Cuvier, 1829) (Perciformes, Scombridae) from the Northern and Northeastern coast of Brazil. *Brazilian Journal Biology*, 4: 919-24.
- Siddeek, M.S.M. & A.H. Al-Hosni. 1998. Biological reference points for managing kingfish, *Scomberomorus commerson*, in Oman waters. *NAGA, The ICLARM Quarterly*, October-December, 32-36.
- Sokal, R.R. & F.J. Rohlf. 1995. *Biometry: The principles and practice of statistics in biological research*. W.H. Freeman, New York. 887 p.
- Sumpton, W. & M. O'Neill. 2004. "Monitoring requirements for the management of Spanish mackerel (*Scomberomorus commerson*) in Queensland." (Queensland Department of Primary Industries and Fisheries, Southern Fisheries Centre: Brisbane.).
- Sutter, F.C., R.O. Williams & M.F. Godcharles. 1991. Movement patterns and stock affinities of king mackerel in the southeastern United States. *Fishery Bulletin*, 89: 315-324.
- Tobin, A.J. & A. Mapleston. 2004. Exploitation dynamics and biological characteristics of the Queensland East Coast Spanish Mackerel (*Scomberomorus commerson*) Fishery. *Technical Report No. 51*. (CRC Reef Research Centre: Townsville, Australia.).
- Torres, G.J., W. Norbis & M.I. Lorenzo. 1996. Variations in the measures of argentine hake (*Merluccius hubbsi*) rings otoliths during their first-year: evidence for stocks separation?. *Scientia Marina*, 60(2-3): 331-338.
- 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. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional. La Paz, B. C. S. México, 60 p.

Verdi-Lara, A. 1981. *Descripción de la unidad de pesquería de la sierra del Pacífico Scomberomorus sierra, Jordan y Starks, 1895, en los puertos de Mazatlán y Topolobampo, Sinaloa*. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, 117 p.

Zar, J.H. 1996. *Biostatistical analysis*. Prentice Hall, New Jersey, 662 p.