



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS



**EDAD, CRECIMIENTO Y MORTALIDAD DE LA
SIERRA DEL GOLFO *Scomberomorus concolor*
(LOCKINGTON, 1879) EN EL GOLFO DE
CALIFORNIA**

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

PRESENTA

LUIS ANTONIO VALDOVINOS JACOBO

La Paz, B. C. S., Junio de 2006.



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

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 12:00 horas del día 4 del mes de Mayo del 2006 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis de grado titulada:

"EDAD, CRECIMIENTO Y MORTALIDAD DE LA SIERRA DEL GOLFO

***Scomberomorus concolor* (Lockington, 1879) EN EL GOLFO DE CALIFORNIA"**

Presentada por el alumno:

VALDOVINOS

Apellido paterno

JACOBO

materno

LUIS ANTONIO

nombre(s)

Con registro:

B	0	4	1	2	0	7
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante al grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

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

LA COMISION REVISORA

Director de tesis
PRIMER VOCAL

DR. CASIMIRO QUIÑONEZ VELÁZQUEZ

PRESIDENTE

DR. LEONARDO ANDRÉS ABITIA CÁRDENAS

SECRETARIO

MC. FELIPE NERI MELO BARRERA

SEGUNDO VOCAL

DR. AGUSTÍN HERNÁNDEZ HERRERA

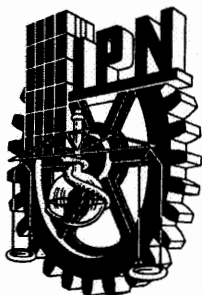
TERCER VOCAL

DR. E. MAURICIO RAMÍREZ RODRÍGUEZ

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

DR. RAFAEL CERVANTES DÍAZ

L. P. N.
CICIMAR
DIRECCIÓN



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 12 del mes Mayo del año 2006, el (la) que suscribe LUIS ANTONIO VALDOVINOS JACOBO alumno(a) del Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS con número de registro B041207 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 cede los derechos del trabajo titulado: "EDAD, CRECIMIENTO Y MORTALIDAD DE LA SIERRA DEL GOLFO
Scomberomorus concolor (Lockington, 1879) EN EL GOLFO DE CALIFORNIA"
al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: valjala3@hotmail.com

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

LUIS ANTONIO VALDOVINOS JACOBO

nombre y firma

AGRADECIMIENTOS

Al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR) por permitirme continuar con mi superación académica.

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

Al Doctor Casimiro Quiñonez Velázquez por dirigir la presente tesis.

A los revisores de esta tesis: M.C. Felipe Neri Melo Barrera, Dr. E. Mauricio Ramírez Rodríguez, Dr. L. Andrés Abitia Cárdenas, Dr. Agustín Hernández Herrera. Por sus acertados comentarios.

Al M.C. Roberto Félix Uraga por sus atinados consejos y por ser un excelente amigo.

A todos los colegas del laboratorio de Edad y Crecimiento del CICIMAR: Saúl Ramírez, Sandra Medina, Sarai Gamez, Nicolás Filauri y Janette Arizmendi.

Y a todos aquellos que ayudaron en la realización de este trabajo.

ÍNDICE

	Página
RELACIÓN DE FIGURAS	i
RELACIÓN DE TABLAS	ii
GLOSARIO	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
1.- INTRODUCCIÓN	1
2.- ANTECEDENTES	4
3.- JUSTIFICACIÓN	7
4.- OBJETIVO GENERAL	8
4.1. Metas específicas	8
5.- MATERIAL Y MÉTODOS	9
5.1.- Estructura de tallas	11
5.2.- Relación Peso-Longitud	11
5.3.- Edad	12
5.4.- Crecimiento	14
5.5.- Madurez	15
5.6.- Mortalidad	16
5.7.- Desplazamientos estacionales	17
6.- RESULTADOS	18
6.1.- Estructura de tallas	18
6.2.- Relación Peso-Longitud	19
6.3.- Edad	20
6.4.- Crecimiento	23
6.5.- Madurez	25
6.6.- Mortalidad	27
6.7.- Desplazamientos estacionales	28
7.- DISCUSIÓN	33
7.1.- Estructura de tallas	33
7.2.- Relación Peso-Longitud	34
7.3.- Edad	35
7.4.- Crecimiento	36
7.5.- Madurez	38
7.6.- Mortalidad	40
7.7.- Desplazamientos estacionales	42
8.- CONCLUSIONES	46
9.- RECOMENDACIONES	48
10.- BIBLIOGRAFÍA	49
11.- ANEXOS	58

RELACIÓN DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Cambios en la captura de sierra en México. (Anuario estadístico de pesca, 2003).	2
Figura 2. Localidades de muestreo de la captura de la sierra del golfo.	10
Figura 3. Ejemplar de sierra del golfo mostrando las longitudes tomadas en el laboratorio.	10
Figura 4. Otolito de sierra del golfo mostrando las diferentes medidas registradas. Hembra de 405 mm LF con cuatro marcas de crecimiento.	13
Figura 5. Estructura de tallas de la sierra del golfo.	18
Figura 6. Estructura de tallas para machos y hembras de la sierra del golfo.	19
Figura 7. Relación peso total (g)-longitud furcal (mm) de la sierra del golfo para ambos sexos.	20
Figura 8. Estructura por edad de la captura de sierra del golfo por sexo y sexos combinados.	21
Figura 9. Cambios bimensuales del porcentaje de otolitos con borde opaco y del incremento marginal del otolito (IMO).	22
Figura 10. Relación Radio de Otolito (RO) - Longitud furcal (LF) para sexos combinados.	22
Figura 11. Longitudes retrocalculadas a la edad utilizando el valor de a obtenido de la relación lineal RO-LF y del método de Duncan (1980).	23
Figura 12. Crecimiento de la sierra del golfo para machos, hembras y sexos combinados.	25
Figura 13. Desarrollo de la madurez gonadal de la sierra del golfo. Se combinaron sexos. El número arriba indica el tamaño de muestra por mes.	26
Figura 14. Frecuencia relativa acumulada de madurez por longitud furcal de la sierra del golfo.	27
Figura 15. Distribución de tallas, edad y madurez gonadal por mes de la sierra del golfo en la zona 1. La línea vertical en la longitud furcal representa la L_{50} .	30
Figura 16. Distribución de tallas, edad y madurez gonadal por mes de la sierra del golfo para la zona 2. La línea vertical en la longitud furcal representa la L_{50} .	31
Figura 17. Descripción esquemática del patrón de migración anual de la sierra del golfo en el golfo de California.	32

RELACIÓN DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Promedios observados a la longitud de captura y promedios retrocalculados a la edad para la sierra del golfo por sexo.	24
Tabla 2. Mortalidad natural (M), mortalidad total (Z) y tasa de explotación (E) estimadas para la sierra del golfo en el Golfo de California.	28
Tabla 3. Parámetros del modelo de von Bertalanffy para varias especies del genero <i>Scomberomorus</i> .	38

GLOSARIO

Crecimiento alométrico: Crecimiento individual en donde la forma del cuerpo cambia durante el crecimiento, de modo tal que la relación de las medidas lineales con respecto al peso decrece.

Crecimiento Isométrico: Crecimiento individual en donde las proporciones geométricas del cuerpo (largo, alto y ancho) no cambian.

Endémica: una especie biológica exclusiva de un lugar, área o región geográfica y no se encuentra en ninguna otra parte del mundo.

Estatus: Es la situación o estado relativo de un objeto dentro de un conjunto.

Relicto: Vestigio de la población limitada en su distribución.

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

Surgencias: Es el ascenso de las aguas subsuperficiales hacia la capa superficial inducida por la acción de los vientos que soplan paralelos a la costa, que en combinación con la rotación de la tierra, causan un desplazamiento del agua superficial hacia mar abierto. Al ocurrir este movimiento el agua que está bajo la superficie pasa a ocupar el lugar de la que se ha desplazado hacia mar abierto, provocando una disminución de la temperatura superficial del mar. Esta agua, que suele ser rica en nutrientes, enriquece la capa superficial permitiendo una alta producción primaria.

Unidad Pesquera de Manejo: Grupo de especies objetivo, definido generalmente por el valor económico que estos recursos tienen en el mercado. Se consideran los conjuntos de especies objetivo temporales y las que están accesibles de forma permanente.

RESUMEN

Se describe la edad, el crecimiento, la mortalidad y los desplazamientos estacionales de la sierra del golfo *Scomberomorus concolor* en el Golfo de California durante enero-2000 a abril-2003. En total se midieron 1,212 organismos y la longitud furcal (LF) varió entre 250 a 640 mm LF. La edad fue estimada a partir de las marcas de crecimiento observadas en los otolitos. Un total de 935 otolitos se leyeron y se identificaron hasta 8 grupos de edad con una periodicidad anual. La relación entre el radio del otolito y la longitud furcal mostró una tendencia lineal con un significativo coeficiente de determinación ($R^2=0.65$), lo que indica que los otolitos son estructuras adecuadas para describir el crecimiento en esta especie. Los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy son: $L_{\infty}=677$ mm, $K= 0.23$ anual y $t_0=-0.26$ años. La madurez gonadal mostró organismos maduros a partir de marzo e indicó desove desde abril a agosto. La talla masiva de maduración (L_{50}) se estimó en 370 mm LF que corresponde a una edad de 3 años. La mortalidad total (Z) fue de 1.3, la mortalidad natural (M) de 0.55 y la tasa de explotación (E) de 0.42. Se definió un patrón de migración anual para la sierra del golfo relacionado a las condiciones oceanográficas que presenta el Golfo de California. En otoño, la sierra del golfo se mueve de la parte norte del Golfo al sur por la costa Este hacia la zona de alimentación (región de Guaymas). El recorrido hacia el norte es fuera de la costa hacia la zona de desove, el cual ocurre a mediados de primavera. Los resultados encontrados en este trabajo sugieren una revisión del status actual (como especie amenazada y como recurso explotado al máximo con riesgo) en el que se encuentra esta especie.

ABSTRACT

The age, growth, mortality and seasonal displacements of the Monterey Spanish mackerel *Scomberomorus concolor* in the Gulf of California were estimated during January 2000 to April 2003. One thousand two hundred twelve fish were sampled. The size distribution varies between 250 to 640 mm of fork length (FL). Using the number of growth marks in otoliths age was estimated. A total of 935 otoliths were read and eight age-groups were determined with an annual periodicity. The linear tendency of the relationship otolith radio and fork length (OR-FL) ($R^2=0.65$), indicates that the otoliths are suitable structures to age estimation and to describe the growth in this species. The von Bertalanffy growth equation parameters were: FL=677 mm, K=0.23 yearly and $t_0=-0.26$ years. The gonad maturity for the Spanish mackerel showed mature fishes in March and spawning from April to August. The length massive of maturation (L_{50}) was estimated to 370 mm FL that corresponds to 3 year-old. The total mortality (Z) was 1.3 by year; the natural mortality rate (M) 0.55 by year and the exploitation rate (E) 0.42 by year. A pattern of annual migration was defined for Monterey Spanish mackerel related to oceanographic conditions in the Gulf of California. In autumn, Monterey Spanish mackerel move southward on inshore towards feeding grounds (Guaymas zone). A northward offshore migration towards spawning grounds occurs in spring. The results found in the present study suggest a revision of the species actual status.

1.- INTRODUCCIÓN

El género *Scomberomorus* (Scombridae:Perciformes) incluye 18 especies que se distribuyen en la zona tropical y templada de todos los océanos y pueden ser encontradas en medios salobres y marinos, en su mayoría realizan grandes migraciones estacionales de alimentación y reproducción (Collete y Nauen 1983). Dos de estas especies se localizan en el Pacífico oriental, la sierra del golfo *Scomberomorus concolor* (Lockington 1879) y la sierra del Pacífico *S. sierra* (Jordan y Starks 1895).

En México, la captura total de sierra ha mostrado un incremento constante a un ritmo de 0.30 y a partir de 1970 se han presentado importantes variaciones anuales, mientras que las capturas en el Pacífico han tenido un ligero descenso de 0.02 anual (Fig. 1). Del total de la captura, el Pacífico mexicano aporta aproximadamente el 33%. De este porcentaje (5000 ton) más del 75% se registra en las oficinas de pesca de los estados que definen al Golfo de California (Baja California, Baja California Sur, Sonora y Sinaloa) (Anónimo 2003).

La captura de sierra en el Golfo de California está integrada por la sierra del golfo y la sierra del Pacífico. La disponibilidad de ambas especies presenta una marcada estacionalidad; la temporada de pesca en el sur de Sonora inicia en octubre-noviembre y finaliza en abril-mayo (Montemayor-López y Cisneros-Mata 2000). En esta región se ha detectado una tendencia a disminuir la talla promedio de la sierra conforme avanza la temporada de pesca (Valdovinos-Jacobo 2004).

La sierra del golfo es endémica del Golfo de California y a la fecha se tiene un escaso conocimiento de su ciclo de vida y sobre su dinámica poblacional (Fischer *et al.* 1995), no obstante ser la principal especie en la captura de sierra de la pesca ribereña de Sonora (Montemayor-López y Cisneros-Mata 2000). En la actualidad no existen reportes de pesca de sierra del golfo en las costas de Baja California Sur y Sinaloa, donde la captura la integra la sierra del Pacífico (Quiñónez-Velazquez y Montemayor-López 2003).

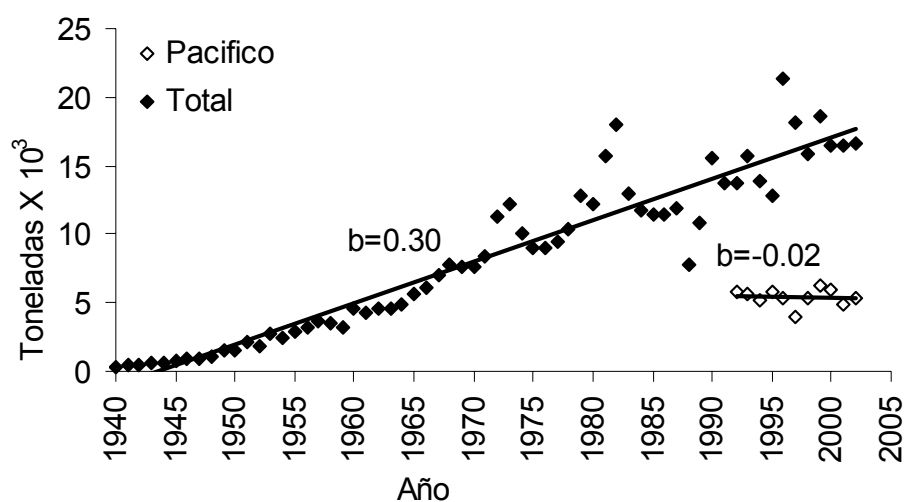


Figura 1.- Cambios en la captura de sierra en México. (Anuario estadístico de pesca, 2003).

En el año 2000, la sierra del golfo (*S. concolor*) fue catalogada como especie amenazada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) debido a una aparente contracción en su rango de distribución geográfica (Hilton-Taylor 2000). En ese mismo año, a partir de un análisis de su biología, ecología y pesquería, en la Carta Nacional Pesquera (DOF 2004) se

definió a *S. concolor* y *S. sierra* como una Unidad Pesquera de Manejo (UPM), lo que condujo a recomendar una mayor obtención de conocimiento biológico y de la dinámica poblacional de estas especies, que permita evaluar su estado actual como recurso pesquero.

Aún cuando en la Carta Nacional Pesquera, se especifica que en el Golfo de California las existencias de *S. concolor* se encuentran por abajo del óptimo (30% de la biomasa estimada de su tamaño original) y explotado a su máximo con riesgo (Motemayor-López y Cisneros-Mata 2000), no existe en México norma de administración vigente para esta pesquería. Por lo que se hace necesario definir el estatus actual para esta especie.

En el presente trabajo de tesis se abordan algunos aspectos biológicos-pesqueros de la sierra del golfo como: estructura de tallas y edades, crecimiento individual, madurez gonadal, y tasas de mortalidad y de explotación.

2.- ANTECEDENTES

La pesca de sierra en el Golfo de California tiene una gran importancia, ya que se considera una fuente de ingresos complementaria en condiciones de baja captura de otras especies objetivo como el camarón. Sin embargo, el conocimiento que se tiene de *S. concolor* es muy escaso.

Fitch y Flechsig (1949) reportaron la distribución de *S. concolor* desde Monterey, California hasta Panamá y mencionan que fue capturada en cantidades comerciales en Monterey, Cal. durante 1870 a 1880, habiendo desaparecido por completo desde inicios de 1900 en esa área y solo un reporte para las costas de Panamá en 1899. Consideran que la presencia de la sierra del golfo en la costa de California obedeció a un periodo anómalo con temperaturas calidas (probablemente un evento El Niño) ocurrido entre 1850 y 1860 lo que ocasionó la aparición de especies de afinidad tropical, además, reportan la presencia de juveniles de esta especie frente a San Felipe B.C. y en el Golfo de Santa Clara, Sonora. Moser *et al.* (1973) encontraron larvas de *Scomberomorus* spp en 1957 en el Golfo de California frente a San Felipe B.C. y señalan la preferencia de aguas cálidas de estas larvas.

Klawe (1986) propone la reintroducción de la sierra del golfo en aguas californianas argumentando que es una especie con buenas características para la pesca deportiva e incluso para la pesca comercial y que la excelente calidad de su carne la convierten en una especie de gran aceptación, menciona además la posibilidad de su cultivo.

Montemayor-López y Cisneros-Mata (2000) estimaron que la talla de reclutamiento a la pesca de la sierra del golfo es de 25 cm de longitud estándar (LE), a la cual corresponde una edad promedio de 6 meses, estimada empíricamente con la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy. Además, comentan que el máximo de reproducción pudiera ocurrir en verano, ya que durante sus muestreos de octubre a julio observaron solamente organismos con gónadas inmaduras o en reposo.

Mellink *et al.* (2001) reportaron que *S. concolor* es parte importante de la alimentación del pato bobo café *Sula leucogaster brewsteri* en el norte del Golfo de California (Isla San Jorge) durante invierno, reduciendo significativamente su importancia en primavera en la parte central del golfo (Islas San Pedro Mártir y San Ildefonso).

Quiñonez-Velázquez y Montemayor-López (2003) determinaron hasta 7 grupos de edad para la sierra del golfo, comentan que los parámetros poblacionales para machos y hembras son similares, por lo que concluyen que pueden ser estimados combinando los datos de ambos sexos.

Medina-Gómez (2004) comparó la estructura de tallas entre *S. concolor* y *S. sierra* en la región de Guaymas, Son., reporta tallas entre 250 y 570 mm de longitud furcal (LF), con un promedio de 363 mm LF para *S. concolor* observando que el rango en longitud fue semejante para ambas especies. Comenta también que la sierra del golfo es la especie más abundante en las capturas de sierra en la costa de Sonora.

Valdovinos-Jacobo (2004) encontró que los organismos más grandes y más pesados de la sierra del golfo se encuentran en San Felipe B.C., mientras en Guaymas Son. se localizan los ejemplares más pequeños. También resalta que mientras en Guaymas existe una disminución en la talla promedio conforme avanza la temporada de pesca, en San Felipe la tendencia es hacia tallas mayores.

3.- JUSTIFICACIÓN

La importancia de la realización del presente trabajo de tesis se sustenta en la poca información biológica con la que se cuenta sobre la sierra del golfo, *S. concolor*, aunado a su estatus como especie amenazada y como recurso explotado a su máximo con riesgo, lo cual hace necesario la generación de información básica para definir la condición actual de la población de la especie.

La información sobre la edad, crecimiento, mortalidad, madurez sexual y migración derivada del presente trabajo servirá de ayuda para el establecimiento de un plan de manejo adecuado para esta especie de acuerdo a lo establecido en la Carta Nacional Pesquera (DOF 2004).

4.- OBJETIVO GENERAL

El objetivo del presente trabajo es determinar la edad, describir el crecimiento individual, estimar la mortalidad y describir los movimientos estacionales de la población de *S. concolor* en el Golfo de California, México.

4.1.- Metas específicas

- 1.- Determinar la estructura de tallas de la captura de la sierra del golfo y evaluar las diferencias en longitud entre sexos.
- 2.- Estimar los parámetros de la relación longitud-peso.
- 3.- Estimar la edad utilizando las marcas de crecimiento contenidas en los otolitos.
- 4.- Estimar la periodicidad de las marcas de crecimiento en los otolitos.
- 5.- Estimar los parámetros de crecimiento.
- 6.- Describir el cambio de la madurez gonadal de la sierra del golfo y estimar la talla masiva de maduración (L_{50}).
- 7.- Estimar la mortalidad natural (M), la mortalidad total (Z) y la tasa de explotación (E).
- 8.- Describir los desplazamientos estacionales de la sierra del golfo a través de un modelo conceptual.

5.- MATERIAL Y MÉTODOS

Mensualmente, de la captura de la pesca artesanal y deportiva, se recolectó una muestra de sierra del golfo (*S. concolor*) en la parte norte del Golfo de California (San Felipe, B. C. y Golfo de Santa Clara, Son.) y en la costa de Sonora (desde Puerto Libertad hasta Guaymas), desde enero de 2000 hasta abril de 2003 (Fig. 2). El muestreo consistió en seleccionar al azar hasta 3 embarcaciones (pangas) dedicadas a la captura de sierra y medir la longitud furcal (LF) de todos los organismos capturados por estas embarcaciones, la cual se agrupó en intervalos de 5 cm de LF. De cada intervalo se seleccionaron hasta tres ejemplares para su posterior procesamiento en laboratorio (muestra biológica). Los organismos recolectados en San Felipe se procesaron en el laboratorio de Ecología Pesquera en el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE) y los recolectados en las costas de Sonora se procesaron en el Centro Regional de Investigación Pesquera unidad Guaymas (CRIP-Guaymas).

En el laboratorio, a cada pez se le midió la LF, longitud total (LT) y longitud estándar (LE) con una precisión ± 0.5 cm (Fig. 3), y se registró el peso total (PT) con una precisión ± 1 g. Además se extrajeron los otolitos los cuales se limpiaron y almacenaron en seco para su posterior análisis; se les determinó el sexo y se les asignó un estadio de madurez gonadal de acuerdo a la escala macroscópica definida por Finucane y Collins (1984) para *S. regalis*. La escala está compuesta de cinco estadios: 0 indeterminado, I inmaduro o en reposo, II inicio de la maduración o en desarrollo, III maduro, IV desove y V post-desove (Apéndice 1).

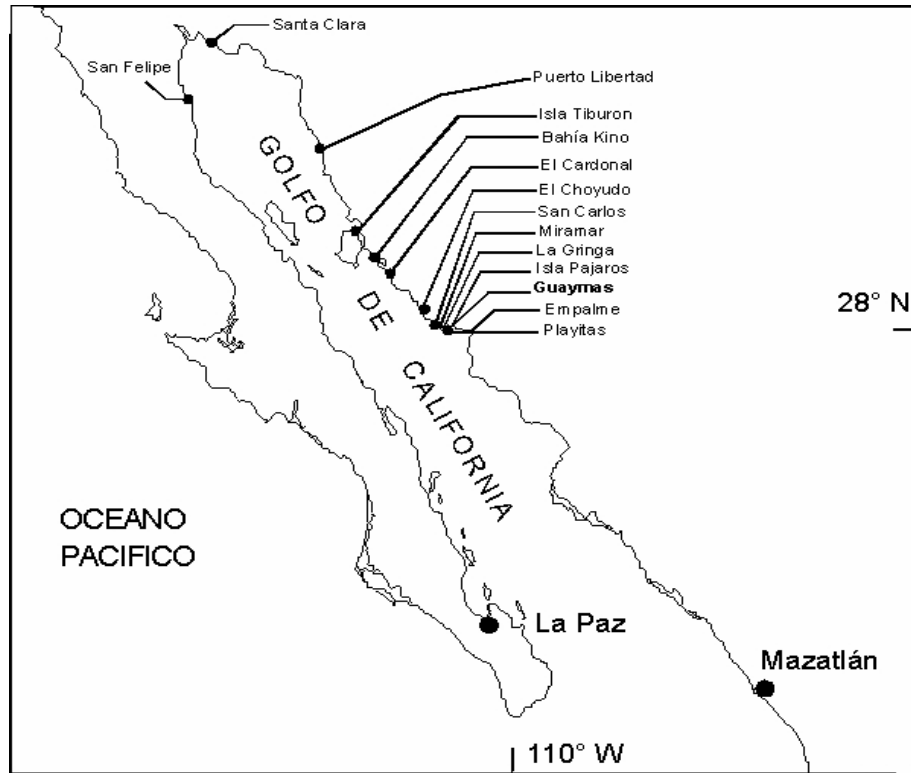


Figura 2. Localidades de muestreo de la captura de la sierra del golfo.

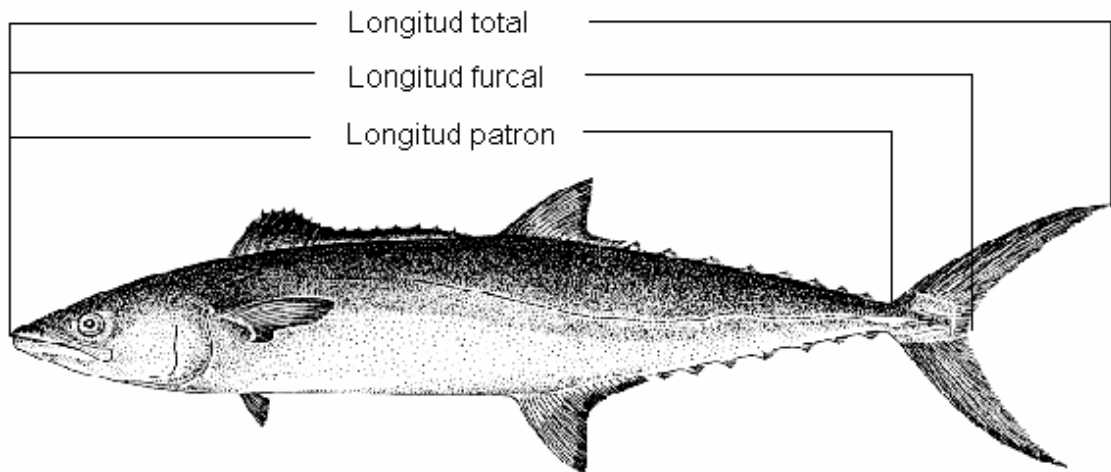


Figura 3. Ejemplar de sierra del golfo mostrando las longitudes tomadas en el laboratorio.

5.1.- Estructura de tallas

Para elaborar la estructura de tallas de la sierra del golfo, los organismos se agruparon en intervalos de 10 mm de LF. Para evaluar las diferencias en talla por sexo, primero se evaluó la normalidad y homoscedasticidad (homogeneidad de varianzas) de los datos utilizando la prueba de Shapiro-Wilks y Bartlett respectivamente y se utilizó una prueba Kolmogorov-Smirnov (KS-test).

5.2.- Relación Peso–Longitud

Para establecer la relación entre la longitud y el peso de la sierra del golfo, se utilizó una ecuación potencial:

$$PT = a * LF^b$$

Donde: PT es el peso total de los individuos en g, LF es la longitud furcal de los organismos en mm, *a* y *b* son los coeficientes de la ecuación. Los coeficientes se estimaron a través de métodos no lineales utilizando el programa estadístico para computadora Statistica-7.

Para determinar el tipo de crecimiento de la sierra del golfo, se utilizó una prueba t-student para comparar el coeficiente *b* con el valor constante de 3 (isometría).

5.3.- Edad

Para determinar la edad, los otolitos fueron leídos sumergiéndolos en agua y se observaron con un estereoscopio a 12X de aumento usando luz reflejada en un fondo oscuro (Johnson *et al.* 1983). Bajo estas condiciones se apreciaron zonas opacas (blancas) y zonas hialinas (oscuras). La lectura fue realizada por 2 lectores. Una marca de crecimiento fue definida por el conjunto de una zona opaca y una hialina. Una marca de crecimiento fue considerada depositada por completo cuando posterior a la zona hialina se observó la zona opaca. Además, se registro el tipo de borde (opaco o hialino). Los ejemplares se clasificaron en grupos de edad con base al número de marcas de crecimiento en sus otolitos.

Una vez realizada la lectura, la imagen del otolito fue desplegada en un monitor de alta resolución y digitalizada utilizando un sistema de análisis de imágenes. Sobre la imagen del otolito se midió el radio del otolito (RO) desde el *focus* al margen del otolito y el radio a cada marca de crecimiento (Ri) utilizando el programa Sigma Scan Pro 5.0. (Fig. 4) Estas medidas fueron empleadas en el retrocalculo de la longitud del pez a edades pretéritas.

Para evaluar si el otolito es una estructura adecuada para describir el crecimiento somático, se evaluó la proporcionalidad entre la longitud furcal y el radio del otolito a través de una regresión lineal:

$$LF = a + b * RO$$

Donde: LF es la longitud furcal, RO es el radio del otolito, a es el intercepto al origen y b la pendiente de la línea de regresión.

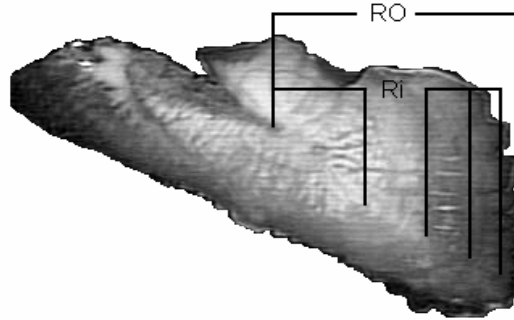


Figura 4. Otolito de sierra del golfo mostrando las diferentes medidas registradas. Hembra de 405 mm LF con cuatro marcas de crecimiento.

Para determinar el tiempo de formación (periodicidad) de una marca de crecimiento y asignar una unidad de tiempo a las estimaciones de edad, se utilizó el porcentaje de otolitos con margen opaco. Un alto porcentaje (>50%) indicará la reciente formación de una marca de crecimiento. Esta prueba fue complementada con el análisis del incremento marginal. El método asume que al momento de formación de una marca de crecimiento, el incremento marginal es mínimo:

$$IMO = \frac{RO - R_n}{R_n - R_p} * 100$$

Donde: IMO es el Incremento Marginal del Otolito, RO es el radio del otolito, R_n es el radio a la última marca de crecimiento, y R_p es el radio a la penúltima marca de crecimiento.

5.4.- Crecimiento

Para describir el patrón de crecimiento individual de la sierra del golfo, primero se estimó la longitud a edades pretéritas (retrocalculo), utilizando el método de Fraser-Lee (Araya y Cubillos 2002):

$$Li = a + (R_i / Rc) * (L_c - a)$$

Donde: L_i es la longitud del pez a la i -ésima marca de crecimiento, R_i es el radio del otolito a la i -ésima marca de crecimiento, L_c es la longitud del pez al momento de la captura, R_c es el radio del otolito al momento de la captura, y a es el intercepto al origen de la relación RO-LF.

Para obtener un mejor estimado de las longitudes retrocalculadas, también se cálculo el valor de α utilizando el método de Duncan (1980):

$$a = \frac{R_1(\ln L_2) - R_2(\ln L_1)}{R_2 - R_1}$$

Donde: R_1 es el radio del otolito más pequeño para el intervalo de talla, R_2 es el radio del otolito más grande para el intervalo de talla, L_1 es la LF del pez más

pequeño para el intervalo de talla, y L_2 es la LF del pez más grande del intervalo de talla.

Las diferencias de los promedios en las longitudes retrocalculadas obtenidas con ambos valores de a se evaluaron mediante un análisis de varianza (ANOVA).

Para describir el patrón de crecimiento, se ajustó el modelo de von Bertalanffy al promedio de la LF retrocalculada a la edad y se tomó el valor de 1.5 mm LF como L_0 de acuerdo al trabajo de Xue-shen *et al.* (1966) para *S. niphonius*. Los parámetros del modelo se calcularon a través de métodos no lineales utilizando el programa estadístico para computadora Statistica-7:

$$LF_t = LF_{\infty} * (1 - e^{-K*(t-t_0)})$$

Donde: LF_t es la longitud furcal del pez a la edad, LF_{∞} es la longitud asintótica, K es el coeficiente de crecimiento del pez, t es la edad, y t_0 es la edad teórica cuando la longitud es cero.

5.5.- Madurez

Para describir el ciclo de madurez gonadal de la sierra del golfo, las gónadas se clasificaron mensualmente por apreciación macroscópica y se estimó el porcentaje de cada estadio de madurez. Para la determinación de la talla L_{50} (talla masiva de maduración), los datos de los peces maduros (estadio 3-4) se

agruparon en intervalos de 10 mm de LF, se estimó la frecuencia acumulada y se ajustó un modelo logístico:

$$\%madurez = \frac{100}{1 + e^{-g*(LF-L_{50})}}$$

Donde: g es un parámetro de ajuste, LF es la longitud furcal, % madurez es el porcentaje acumulado por talla, y L_{50} es la talla masiva de madurez.

5.6.- Mortalidad

La mortalidad natural (M) se estimó a través de la ecuación propuesta por Rikhter y Efanov (Sparre *et al.* 1989):

$$M = \frac{1.52}{Tm_{50\%} * 0.72} - 0.15$$

Donde: $Tm_{50\%}$ es la edad a la cual el 50% de la población esta madura, también denominada edad masiva de maduración.

La mortalidad total (Z), se estimó aplicando el método de la curva de captura linealizada, basada en la composición por edades (Sparre *et al.* 1989):

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

Donde: $C_{(t_1, t_2)}$ es el número de peces por edad, g es una constante, y t es la edad en años.

La tasa de explotación (E) se calculo de acuerdo con la ecuación de Cushing (1977):

$$E = \frac{F}{Z} * (1 - e^{-Z})$$

Donde: F es la tasa de mortalidad por pesca ($Z-M$), y Z es la tasa de mortalidad total.

5.7.- Desplazamientos estacionales

Para describir los movimientos estacionales de la sierra del golfo, se realizaron distribuciones de frecuencia mensuales de la talla (agrupada en intervalos de 10 mm LF), de la edad (en años) y de la madurez gonadal (por estadio de madurez). Se realizó una separación en zonas, basada en la afinidad regional entre los puntos de muestreo. Se agruparon los sitios de la parte norte del Golfo de California (San Felipe y Golfo de Santa Clara) en una zona y los sitios de la costa centro-sur de Sonora (desde isla Tiburón hasta Playitas) en otra zona. La poca información recolectada en Puerto Libertad ($n=9$) y su ubicación entre las zonas definidas fue motivo para excluirla de este análisis.

7.- RESULTADOS

7.1.- Estructura de tallas

La muestra total estuvo representada por 1,212 organismos cuyas tallas oscilaron entre 250 a 640 mm LF, con un promedio de 358 mm (Fig. 5). De estos, 523 fueron machos, 686 hembras y 3 indiferenciados. La estructura de tallas para machos varió de 250 a 590 mm LF con un promedio de 351 mm, mientras que para las hembras la variación en talla fue de 250 a 640 mm LF con un promedio de 364 mm (Fig. 6). La distribución de los datos no presentó una distribución normal para machos ($p < 0.01$) ni para hembras ($p < 0.01$). Una prueba de Kolmogorov-Smirnov no identificó diferencias significativas en tallas por sexo ($K-S = 0.03$, $p > 0.1$).

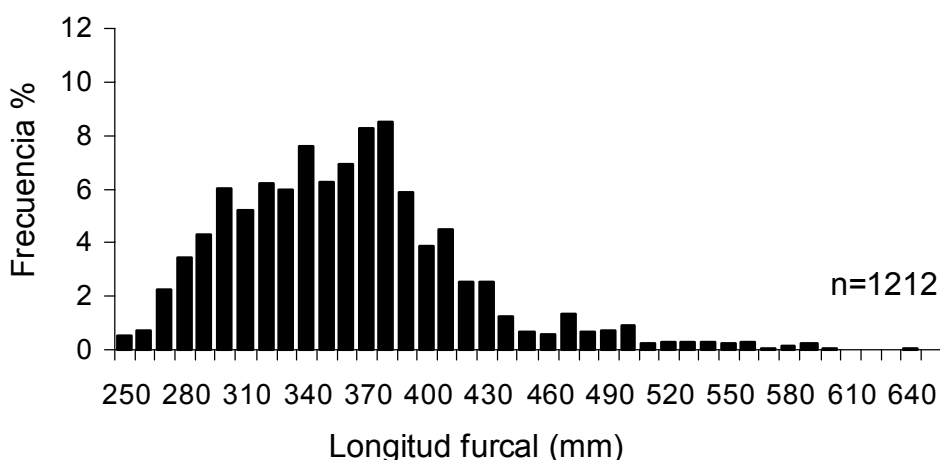


Figura 5.- Estructura de tallas de la sierra del golfo.

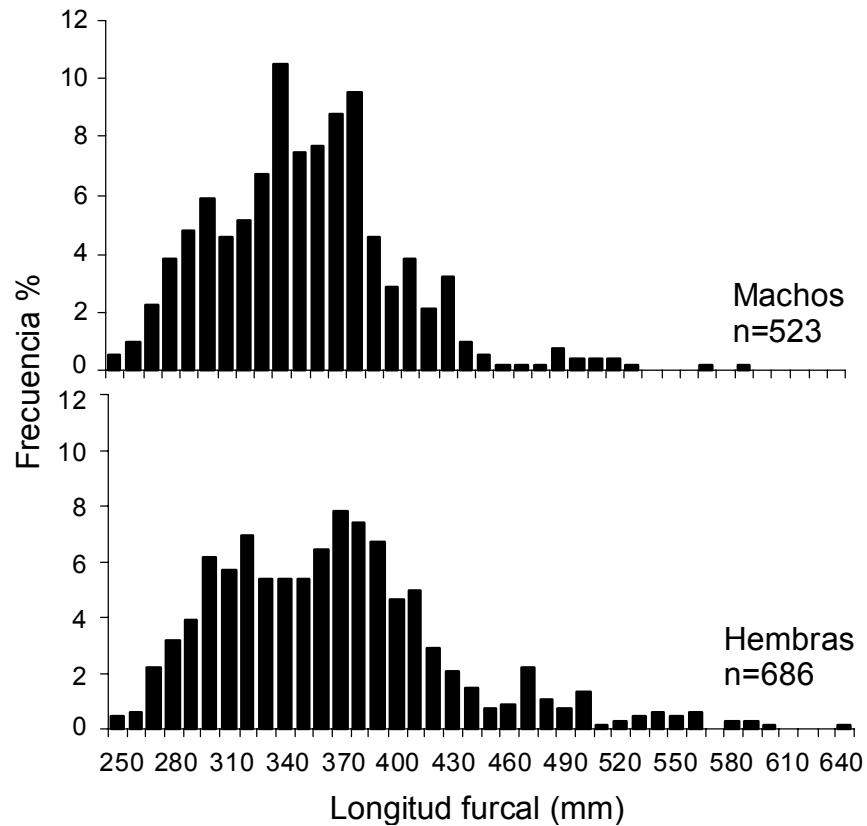


Figura 6.- Estructura de tallas para machos y hembras de la sierra del golfo.

7.2.- Relación Peso-Longitud

Esta relación se estableció para hembras y machos separadamente, la cual no evidencio diferencias significativas entre sexos (ANCOVA, $p > 0.05$), por lo cual se definió una ecuación común (Fig. 7).

El coeficiente b indicó un crecimiento de tipo isométrico al no diferir significativamente de 3 ($t\text{-test}=0.37$, $p > 0.05$).

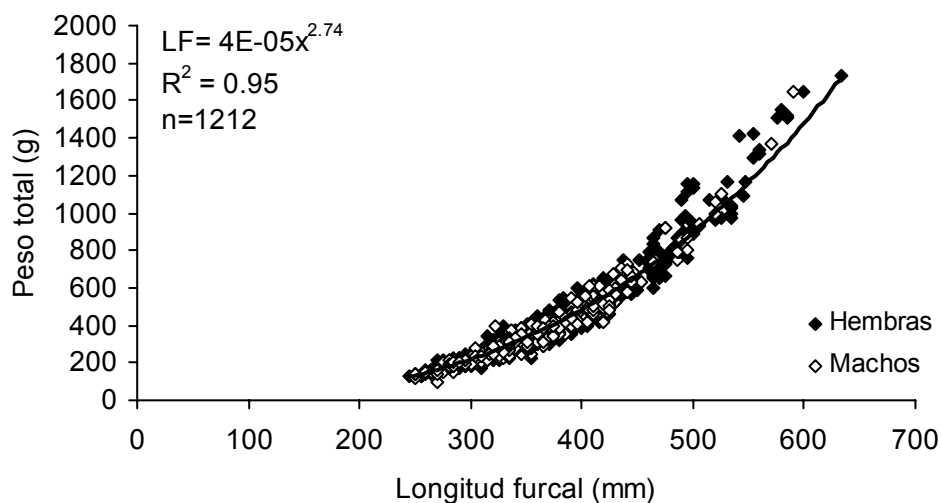


Figura 7.- Relación peso total (g)-longitud furcal (mm) de la sierra del golfo para ambos sexos.

7.3.- Edad

En total, se leyeron 935 otolitos. De los cuales 401 fueron machos y 534 fueron hembras. Para los machos se identificaron hasta 7 grupos de edad, mientras que para las hembras se identificaron hasta 8 grupos de edad. Se observó un amplio rango de la longitud por grupo de edad, y un traslapeo importante en talla entre los grupos de edad 2 al 4 (apéndice 3). Los grupos de edad más representativos fueron 2, 3 y 4 para ambos sexos, representando hasta 88% del total de la captura (Fig. 8).

Para establecer la temporalidad de las marcas de crecimiento en los otolitos de la sierra del golfo se agruparon los datos (% de otolitos con borde opaco e incremento marginal) por bimestres y se elaboró un año tipo. Esta agrupación fue

debido a que no se tuvo muestra en julio durante el periodo de estudio (2000 a 2003).

Se observaron dos tendencias opuestas; de marzo a abril, se presentaron los valores máximos de otolitos con borde opaco y los valores mínimos del incremento marginal. De septiembre a octubre, se aprecian los valores mínimos de otolitos con borde opaco, mientras que en agosto se presenta el valor máximo del incremento marginal (Fig. 9). Estos patrones de cambio sugieren que durante la primavera se deposita la banda opaca y durante otoño la banda hialina. Al combinar ambos patrones podemos suponer que una marca de crecimiento se termina de formar en marzo-abril con una periodicidad anual.

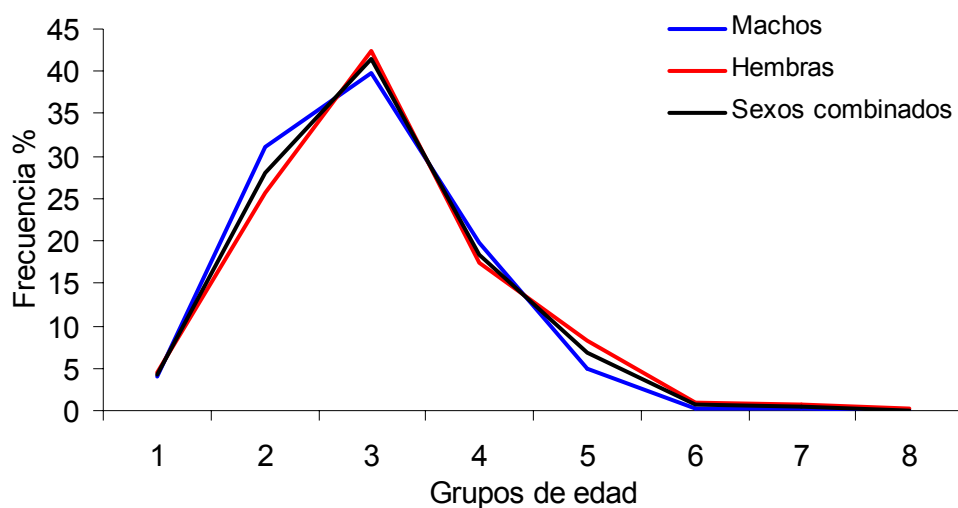


Figura 8.- Estructura por edad de la captura de sierra del golfo por sexo y sexos combinados.

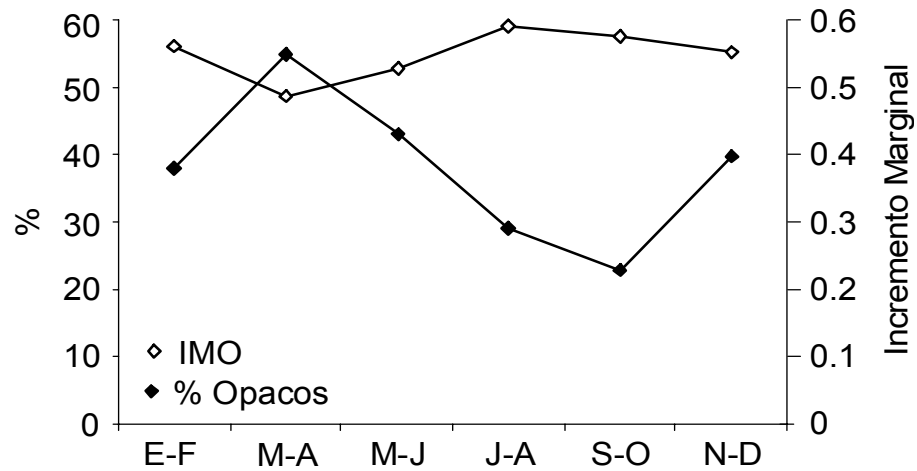


Figura 9.- Cambios bimensuales del porcentaje de otolitos con borde opaco y del incremento marginal del otolito (IMO).

Para justificar la utilización del otolito para describir el crecimiento somático del pez, se estableció la relación RO-LF para machos y hembras por separado, la cual no evidenció diferencias significativas (ANCOVA, $p > 0.5$), por lo que se estableció una única relación (Fig. 10).

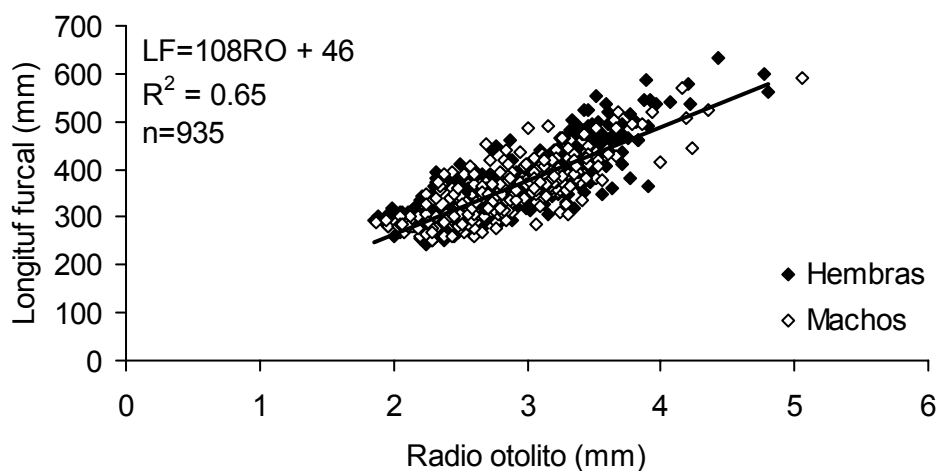


Figura 10.- Relación Radio de Otolito (RO) - Longitud furcal (LF) para sexos combinados.

7.4.- Crecimiento

No se detectaron diferencias significativas entre los promedios de las longitudes retrocalculadas a la edad utilizando el valor de a del regresión RO-LF y los estimados de a por el método de Duncan (1980) (ANOVA, $p > 0.05$) (Fig. 11), en consecuencia se decidió describir el crecimiento individual de la sierra del golfo utilizando las longitudes retrocalculadas con el valor de a de la relación RO-LF.

Respecto al crecimiento, se detectó que las hembras crecen más grandes que los machos y alcanzan edades mayores (Tabla 1). La hembra más grande registrada fue de 8 años con una talla de 633 mm LF, mientras que el macho más grande fue de 7 años con una talla de 590 mm LF. En general, se observa un acelerado crecimiento de la sierra del golfo durante su primer año (>230 mm LF).

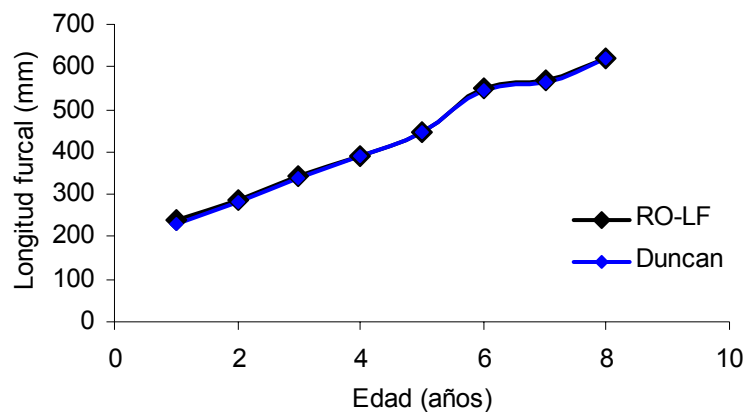


Figura 11.- Longitudes retrocalculadas a la edad utilizando el valor de a obtenido de la relación lineal RO-LF y del método de Duncan (1980).

Tabla 1.- Promedios observados de la longitud y promedios retrocalculados de la longitud a la edad de la sierra del golfo por sexo.

				Promedios de la longitud retrocalculada a la edad							
Edad	n	promedio observado	rango	1	2	3	4	5	6	7	8
Machos											
1	16	276	250-295	239							
2	122	313	260-396	237	288						
3	159	355	300-475	244	298	335					
4	83	399	335-506	253	310	351	382				
5	19	450	360-525	264	328	375	411	436			
6	1	570	570	310	363	424	475	516	551		
7	1	590	590	340	422	472	509	539	561	583	
Promedio				270	335	391	444	497	556	583	
N				401	385	263	104	21	2	1	
incremento anual					65.2	56.8	52.7	53	58.89	27.15	
Hembras											
1	21	274	245-305	237							
2	156	314	260-408	239	289						
3	219	366	305-498	255	310	345					
4	93	418	355-547	265	325	367	399				
5	39	467	405-560	280	342	387	423	451			
6	3	567	535-585	315	387	442	487	520	548		
7	2	573	545-600	272	361	421	464	498	530	558	
8	1	633	633	346	418	464	504	539	567	592	621
Promedio				276	347	405	455	502	548	575	621
N	534			534	513	357	138	45	6	3	1
incremento anual					71	57	51	47	46	27	45.6

El modelo de crecimiento de von Bertalanffy se ajustó a los datos de longitud retrocalculada a la edad por sexos separados y agrupados. En la figura 12 se presentan la curvas de crecimiento para machos, hembras y sexos combinados. Para ambos sexos, las curvas de crecimiento son muy similares, y no hubo diferencias significativas en la talla promedio estimada por edad (ANOVA, $p>0.05$).

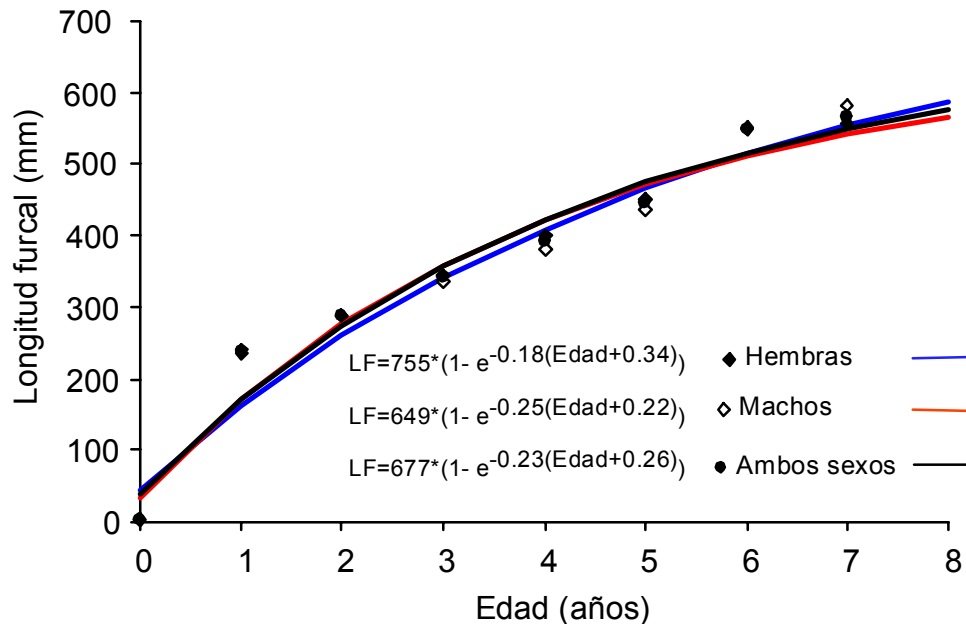


Figura 12. Crecimiento de la sierra del golfo para machos, hembras y sexos combinados.

7.5.- Madurez

Para describir el desarrollo de las gónadas en *S. concolor*, se combinaron los datos de ambos sexos, ya que tanto machos como hembras presentan un patrón sincronizado de madurez.

El desarrollo gonadal para la sierra del golfo, evidencio la presencia de ejemplares inmaduros y con gónadas en desarrollo casi todo el año, pero principalmente en los meses de noviembre a marzo, posteriormente de abril a junio se encontraron organismos con gónadas en desarrollo y maduras (Fig. 13). Ejemplares desovados se detectaron desde junio hasta octubre. Estos resultados indican que el desove de la sierra del golfo se realiza desde abril hasta

septiembre, siendo mayo-julio los meses de mayor actividad aunque no se puede asegurar al 100% debido a la carencia de información para julio.

La talla masiva de maduración (L_{50}), se estimó para machos, hembras y para sexos combinados utilizando solamente ejemplares maduros (Fig. 14). El modelo logístico describió adecuadamente ($R^2=0.99$) la tendencia de la frecuencia acumulada del porcentaje de organismos maduros por talla y el valor de L_{50} para machos fue de 354 mm LF, para hembras fue de 371 mm LF y para sexos combinados de 365 mm LF. Utilizando la clave edad-longitud se determinó que a estas longitudes les corresponde una edad de 3 años. Lo que significa que alrededor del 40% de la captura en número de ejemplares no logran reproducirse por primera vez.

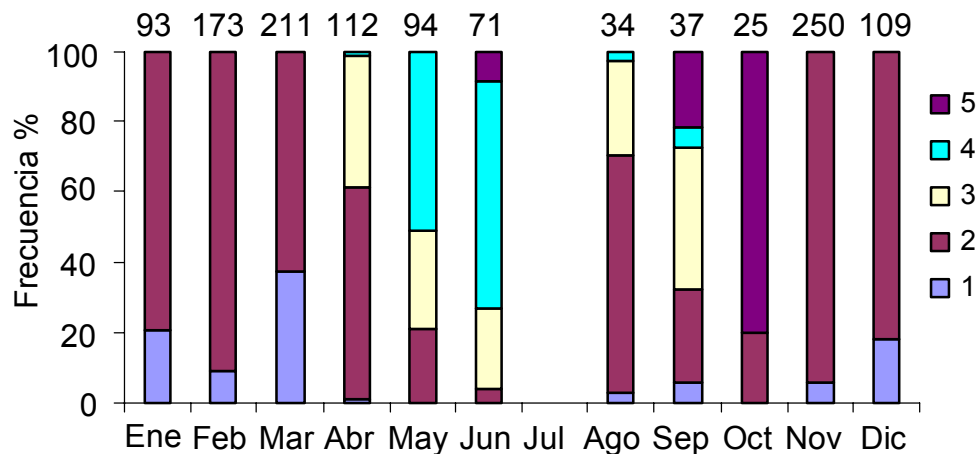


Figura 13. Desarrollo de la madurez gonadal de la sierra del golfo. Se combinaron sexos. El número arriba de cada barra indica el tamaño de muestra por mes.

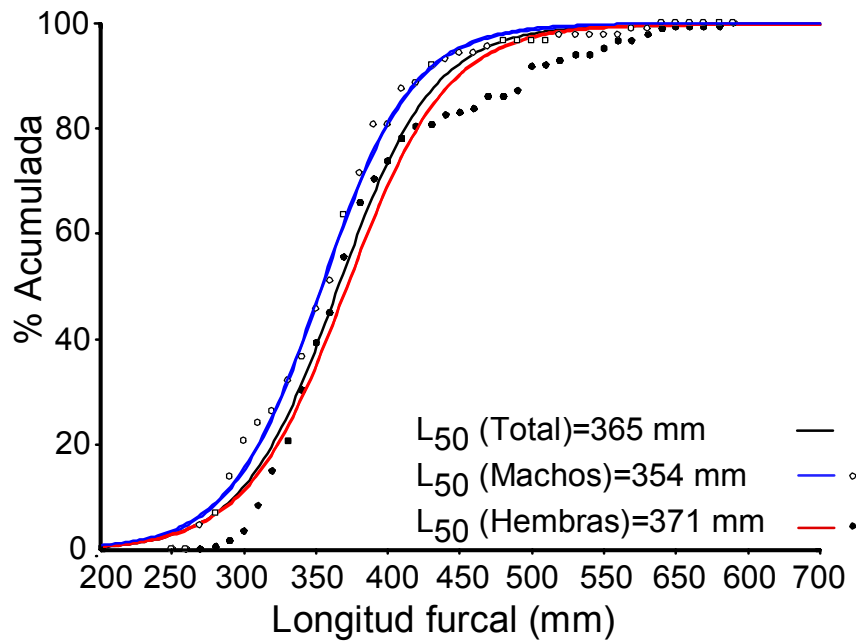


Figura 14.- Frecuencia relativa acumulada de madurez por longitud furcal de la sierra del golfo.

7.6.- Mortalidad

Para el cálculo de la mortalidad total (Z) se utilizaron todos los ejemplares, a los ejemplares que no se les recolectó los otolitos para la determinación de la edad se les asignó utilizando la clave edad-longitud. La edad se agrupó por año y se calculó la mortalidad total utilizando la parte descendente de la distribución, a partir de los 3 años de edad.

En la Tabla 2 se muestran los valores de la mortalidad total (Z), la mortalidad natural (M) y la tasa de explotación (E) para machos, hembras y sexos combinados. Se aprecia que la mortalidad natural permanece constante para

ambos sexos y sexos combinados, se observa además que los machos presentan una mayor tasa de explotación que las hembras.

Tabla 2.- Mortalidad natural (M), mortalidad total (Z) y tasa de explotación (E) estimadas para la sierra del golfo en el Golfo de California.

	Mortalidad natural (M)	Mortalidad total (Z)	Tasa de Explotación (E)
Machos	0.55	1.5	0.49
Hembras	0.55	1.1	0.33
Ambos sexos	0.55	1.3	0.42

7.7.- Desplazamientos estacionales de la sierra del golfo

Para explicar los desplazamientos de la sierra del golfo, los datos se agruparon por zona. En la zona 1, que incluye la información recolectada desde Isla Tiburón hasta Guaymas (costa de Sonora), la sierra del golfo se presenta desde octubre a mayo (temporada de pesca) y esta ausente el resto de los meses del año. En general, el 64% de la estructura de tallas estuvo integrada por organismos <365 mm LF (L_{50}) y con gónadas en desarrollo (estadio 2) (Fig. 15). Mientras que en la zona 2, que incluye la información recolectada en Santa Clara y San Felipe, la sierra del golfo se presenta durante todo el año, el 47% de la distribución total de tallas fue de organismos <365 mm LF y solamente ahí se registraron peces con gónadas en desove (Fig. 16).

Al inicio de la temporada de pesca en la zona 1, los organismos se encuentran entre 270 a 470 mm LF, desde entonces hasta enero se observa un incremento continuo del intervalo de tallas hacia tallas mayores. La madurez muestra solamente organismos con gónadas en desarrollo y hay una tendencia hacia organismos más grandes en cuanto a edad (Fig. 16)

De febrero a mayo, se observó una tendencia contraria a los cambios mensuales en la estructura de tallas y edad al observado de octubre a enero, una disminución de organismos de tallas mayores a 365 mm LF y con mayor edad, esta disminución en talla y edad coincide con la presencia en la zona de ejemplares con gónadas maduras, la cual se intensifica en los meses siguientes, sin embargo los peces con gónadas en desarrollo siguen predominado (Fig. 15). En general para la zona 1 se observó que la relación macho/hembra fue de 1:1.

Para la zona 2, no se aprecia tendencia alguna en la estructura de tallas y edad desde noviembre a enero, y la madurez muestra organismos con gónadas en desarrollo. A partir de abril hasta agosto, se observa un patrón bien definido en la estructura de tallas hacia organismos mas grandes (>365 mm LF) y más viejos en edad (hasta 8 años) y se detectan los primeros indicios de desove. Esas características se intensifican en mayo y junio y posiblemente en julio. Para agosto la actividad reproductiva disminuye y para septiembre la presencia de organismos con gónadas en posdesove (estadio 5) ya es importante sugiriendo el fin de la reproducción e inicio de la migración hacia la zona 1 (Fig. 16). En general para la zona 2 la relación macho-hembra fue de 0.5:1.

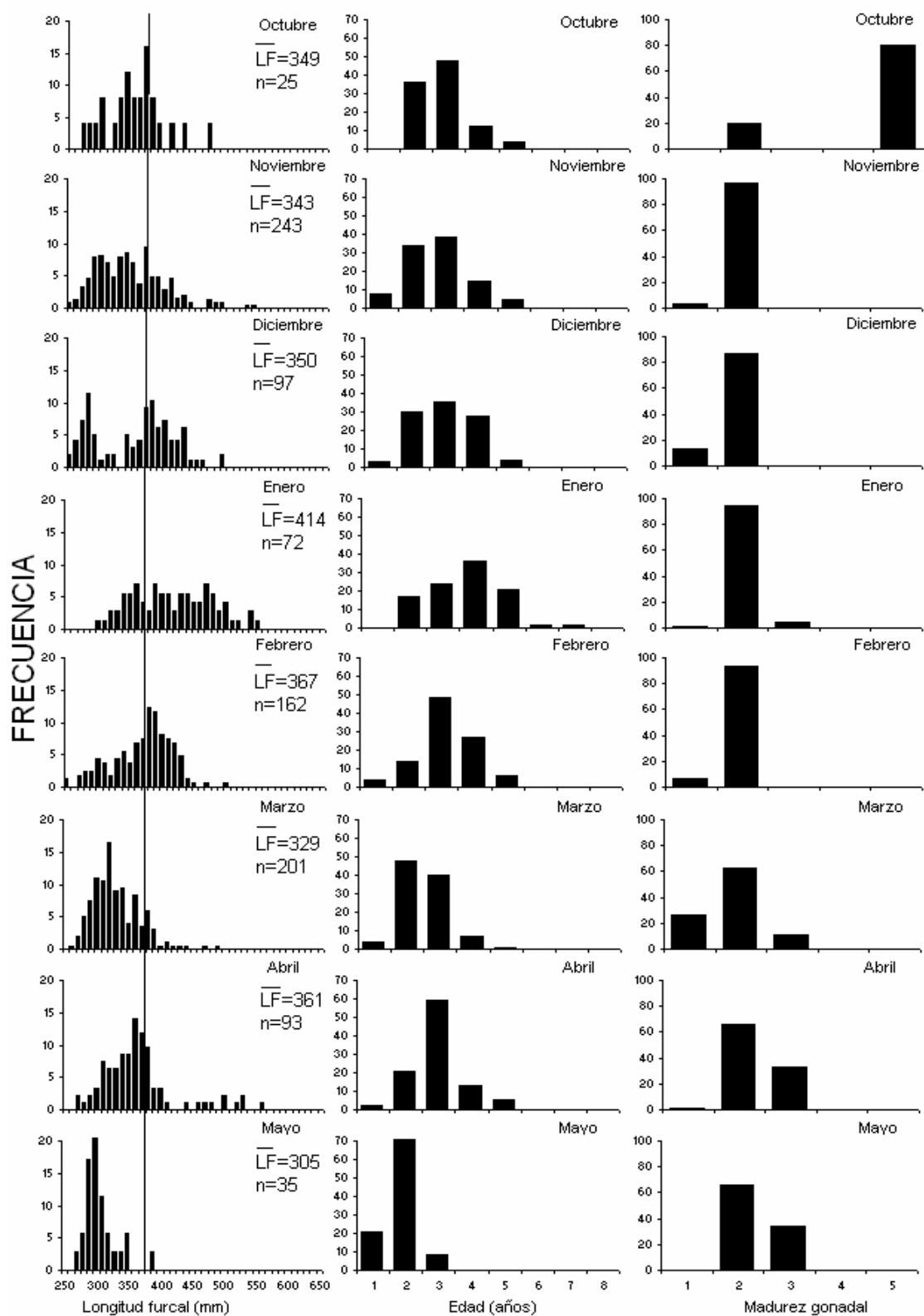


Figura 15.- Distribución de tallas, edad y madurez gonadal por mes de la sierra del golfo en la zona 1. La línea vertical en la longitud furcal representa la L_{50} para ambos sexos.

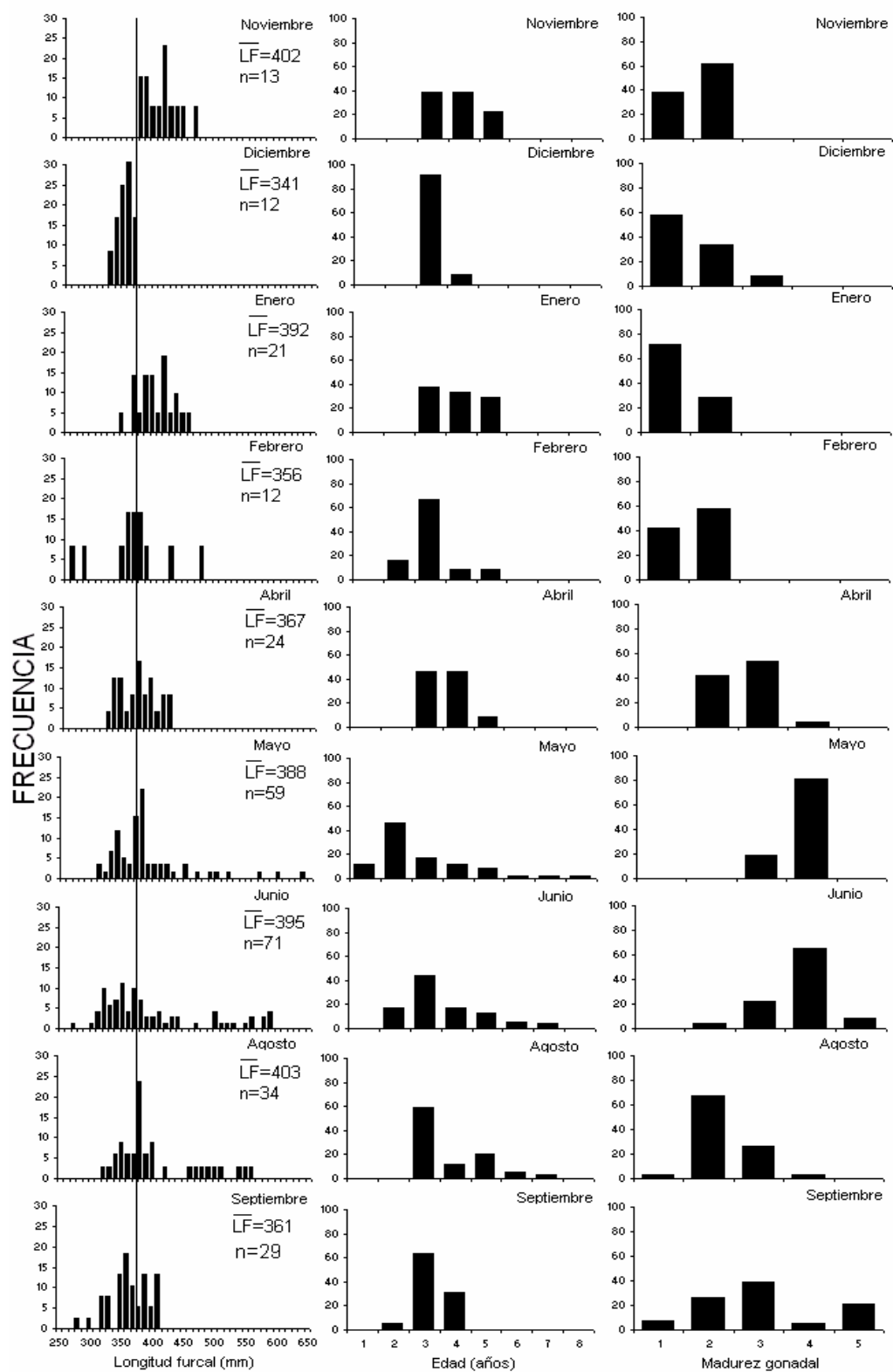


Figura 16.- Distribución de tallas, edad y madurez gonadal por mes de la sierra del golfo para la zona 2. La línea vertical en la longitud furcal representa la L₅₀ para ambos sexos.

De manera general, la dinámica de las estructuras de talla, edad y madurez gonadal de la sierra del golfo se puede resumir en un modelo conceptual que describa su patrón migratorio en el Golfo de California (Fig. 17). Una vez finalizado el desove en la zona norte del golfo, la sierra inicia la migración hacia el sur (septiembre-octubre), donde permanece hasta 8 meses desde octubre a mayo. En abril, cuando es evidente la presencia de ejemplares con gónadas maduras, se inicia la migración hacia el norte del golfo, lo que se refleja en una disminución en las capturas de esta especie y su posterior desaparición de esta zona.

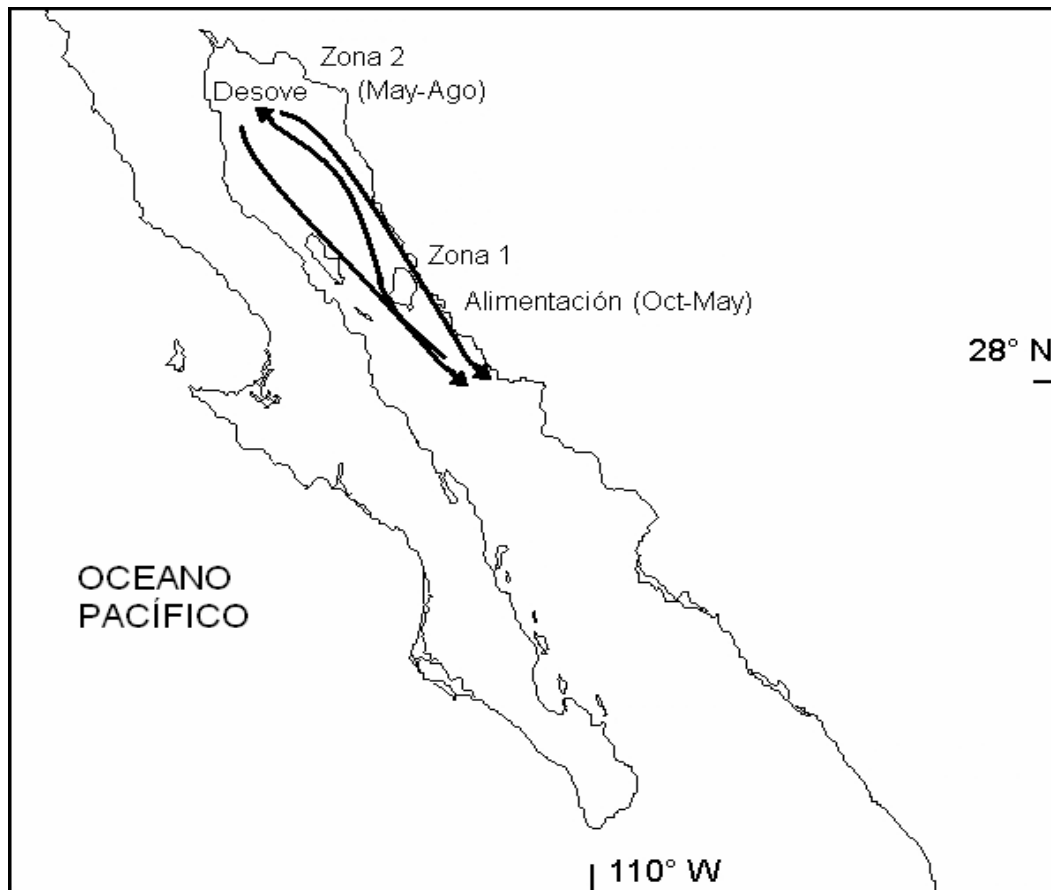


Figura 17.- Descripción esquemática del patrón de migración anual de la sierra del golfo en el golfo de California.

8.- DISCUSION

8.1.- Estructura de tallas

Las hembras presentan tallas más grandes que los machos, sin embargo, estadísticamente, el sexo no fue una fuente de variación en la talla. Estos resultados coinciden con lo reportado por Valdovinos-Jacobo (2004). Medina-Gómez (2004) no reporta diferencias significativas en talla por sexo, sin embargo, menciona que los machos son más grandes que las hembras para la región de Guaymas Son.

La talla mínima registrada de la sierra del golfo en el presente trabajo (250 mm LF) coincide con lo reportado en trabajos anteriores (Montemayor-López *et al.* 1999, Medina-Gómez 2004, Valdovinos-Jacobo 2004). Lo que indica que la sierra del golfo se recluta a la pesca a los 250 mm LF.

Para la sierra del Pacífico *S. sierra* en la costa de Mazatlán, Sin. y Nayarit, se reportan 250 mm LF como valores mínimos (Lizàrraga-Rodríguez 1984, Pérez-Ramos 1994, Cervantes-Escobar 2004). La coincidencia en la talla de primera captura para ambas especies de sierra, se debe al uso de los mismos artes de pesca. Redes con luz de malla de 2.5 a 3.5 son el arte de pesca para el recurso sierra en el Pacífico (Montemayor-López y Cisneros-Mata 2000).

Para especies del Golfo de México, las tallas mínimas registradas son de 330 mm LF (Johnson *et al.* 1983, Sturm y Salter 1989, Sutter *et al.* 1991, Trent *et al.* 1983, Schmidt *et al.* 1993, Medina-Quej y Domínguez-Viveros 1997). Estas

variaciones en la talla mínima de captura para las especies del Golfo de México y las especies del Pacífico son resultado de la luz de malla utilizada en las redes de captura. Mientras que en el Pacífico se carece de una norma que regule el arte de pesca; para el Golfo de México la luz de malla permitida para las redes son >3 pulgadas (Schultz-Ruiz *et al.* 2000).

8.2.- Relación Peso-Longitud

La relación entre el peso y la longitud mostró que la sierra del golfo presenta un crecimiento isométrico ($b=2.74$). Este valor es semejante al reportado en otros estudios para la especie: 2.63, 2.67 y 2.82 por Montemayor-López y Cisneros-Mata (2000), Medina-Gómez (2004) y Valdovinos-Jacobo (2004) respectivamente.

Las pequeñas variaciones en los valores del coeficiente son resultado de varias causas. Montemayor-López y Cisneros-Mata (2000) analizaron las temporadas de pesca 1997-1998 cuando el fenómeno “El Niño” estuvo presente, lo que sugiere poca disponibilidad de la sierra del golfo y un reducido intervalo de tallas, lo que pudo ocasionar un valor bajo del coeficiente b .

Medina-Gómez (2004) analizó la captura de la región de Guaymas durante el invierno cuando los organismos recién se están reclutando a la zona de pesca y vienen en una condición baja en grasa a causa del desove (Castro-Longoria *et al.* 2001) por lo que la condición en la que se encuentran los organismos repercute en el valor del coeficiente de alometría.

Valdovinos-Jacobo (2004) analiza la captura de sierra del golfo de Guaymas y San Felipe durante otoño-2001, invierno y primavera del 2002, y menciona que mientras en Guaymas la talla promedio disminuye conforme avanza la temporada de pesca, en San Felipe se incrementa debido a la presencia de hembras en avanzados estadios de madurez. Esto sugiere la presencia de organismos más pesados en esta región debido al desarrollo gonadal que impacta al coeficiente de alometría.

8.3.- Edad

La utilidad del otolito en estimar la edad y retrocalcular la longitud a edades anteriores fue validada satisfactoriamente. Se detectó una proporcionalidad significativa entre el crecimiento somático y del otolito.

Además, se encontraron evidencias directas de que la formación de las marcas de crecimiento contenidas en los otolitos de *S. concolor* es anual. Un porcentaje relativamente alto de otolitos con margen opaco (55%) en marzo-abril y valores mínimos del incremento marginal en el mismo período nos permiten suponer que en esos meses la sierra del golfo termina la formación de una marca de crecimiento.

Patrones similares se han encontrado en otras especies del mismo género, Johnson *et al.* (1983) encontraron que *S. cavalla* presenta una periodicidad anual en la formación de las marcas de crecimiento, mismo patrón reportan Schmidt *et al.* (1993) en *S. maculatus*; mientras que otros autores han reportado dos bandas

de crecimiento por año como es el caso de *S. commerson* en KwaZulu-Natal (Govender 1994) y en Australia (McPherson 1992) aunque este último reportó una sola banda para los grupos de edad 1,2 y 3. Por su parte, Chale-Matsau *et al.* (1999) descartan el método de validación del análisis del incremento marginal para *S. plurilineatus* porque contaron con pocos meses con información, sin embargo asumen que esta especie presenta una periodicidad anual.

8.4.- Crecimiento

La edad a la cual la sierra del golfo se está reclutando a la pesquería es al año de edad con una talla promedio de 250 mm LF. Trabajos anteriores reportaron una edad de 6 meses para una talla de 25 cm LE (Montemayor-López y Cisneros-Mata 2000).

Las diferencias en la edad de reclutamiento se deben fundamentalmente al método utilizado para asignar la edad. Montemayor-López y Cisneros-Mata (2000) se basaron en la frecuencia de tallas, mientras que nosotros utilizamos la información contenida en los otolitos. No obstante que es frecuente el uso de datos de frecuencia de tallas en el análisis del crecimiento en especies tropicales (Pauly 1983), la lectura de otolitos proporciona una estimación más fiable de la edad. Sin embargo, Medina-Quaj y Domínguez-Viveros (1997) no encontraron diferencias en la estimación del crecimiento con el análisis de la frecuencia de tallas utilizando el método de Sheperd y ajustando el modelo de von Bertalanffy a los datos de edad-talla para *S. maculatus* en Quintana Roo. Por lo que el uso de

tallas para la estimación del crecimiento puede ser útil cuando no se cuenta con lecturas directas de edad. Sin embargo se debe tener cuidado en la interpretación de los resultados.

Previo al presente trabajo se tiene un reporte de los parámetros de crecimiento para la sierra del golfo ($L_{\infty} = 716$ mm LE, $K = 0.36$ y $t_0 = -0.023$) (Montemayor-López y Cisneros-Mata 2000). Donde la longitud infinita fue estimada de acuerdo al método propuesto por Pauly (1983) y K y t_0 fueron tomados del trabajo de Espino *et al.* (1990) para *S. sierra*.

Los parámetros de crecimiento encontrados en el presente trabajo son $L_{\infty} = 677$ mm LF, $K = 0.23$ y $t_0 = -0.26$ para sexos combinados. Estos valores son inferiores a los reportados anteriormente. Estas diferencias se deben a la metodología empleada.

Los parámetros de crecimiento para la sierra del golfo y otras especies del mismo genero se caracterizan por presentar valores de K altos (Tabla 3), ya que estas especies son de rápido crecimiento y corta vida (Govender 1994, McPherson 1992, Chale-Matsau 1999), aunque se ha reportado para *S. cavalla* hasta 20 años (Noble *et al.* 1992) y *S. maculatus* hasta 11 años (Schmidt *et al.* 1993). Sin embargo, existen diferencias en la longitud asintótica, donde las especies del Golfo de México presentan valores más grandes en la L_{∞} (Tabla 2). Estas diferencias pueden estar asociadas a los intervalos de longitud analizados y al nivel de explotación a la cual se encuentran sujetas las especies.

Tabla 3.- Parámetros del modelo de von Bertalanffy para varias especies del genero *Scomberomorus*.

Autor	L_{∞} (mm LF)	K	t_0
Machos			
Este estudio (<i>S. concolor</i>)	755	0.18	-0.34
Beaumariage (1973) (<i>S. cavalla</i>)	903	0.35	-2.50
Nomura y Rodríguez (1967) (<i>S. cavalla</i>)	1160	0.18	-0.22
Johnson <i>et al.</i> (1983) (<i>S. cavalla</i>)	965	0.28	-1.17
Schmidt <i>et al.</i> (1993) (<i>S. maculatus</i>)	528	0.31	-2.31
Hembras			
Este estudio (<i>S. concolor</i>)	649	0.25	-0.22
Beaumariage (1973) (<i>S. cavalla</i>)	1243	0.21	-2.40
Nomura y Rodríguez (1967) (<i>S. cavalla</i>)	1370	0.21	-2.40
Johnson <i>et al.</i> (1983) (<i>S. cavalla</i>)	1529	0.14	-2.08
Schmidt <i>et al.</i> (1993) (<i>S. maculatus</i>)	723	0.24	-1.80
Sexos combinados			
Este estudio (<i>S. concolor</i>)	677	0.23	-0.26
Schmidt <i>et al.</i> (1993) (<i>S. maculatus</i>)	760	0.18	-2.44
Chale-Matsau <i>et al.</i> (1999) (<i>S. plurilineatus</i>)	935	0.58	-0.99

8.5.- Madurez

El desarrollo gonadal de la sierra del golfo *S. concolor*, indica que la reproducción de esta especie se realiza desde abril y se extiende hasta septiembre. Esto es apoyado por la colecta de larvas de *Scomberomorus* spp en junio frente a San Felipe (Moser *et al.* 1973). No obstante, que no se identificó la especie de las larvas, no existen reportes para el alto golfo de *S. sierra* (Klawe 1966).

El pico de ejemplares con gónadas maduras que se detecta en los meses de mayo y junio, es similar a lo reportado en trabajos anteriores donde se muestra que la sierra del golfo presenta gónadas maduras para los meses de marzo a mayo en la región Guaymas Son., para abandonar esta zona una vez que se inicia el proceso de maduración (Montemayor-López y Cisneros-Mata 2000, Castro-Longoria *et al.* 2001, Medina-Gómez 2004, Valdovinos-Jacobo 2004)

Montemayor-López y Cisneros-Mata (2000) deducen 2 pulsos reproductivos uno en mayo y el otro en septiembre. El primer pulso de desove coincide con los resultados del presente trabajo, pero creemos que el segundo que señalan no corresponde a un segundo pulso de desove ya que nuestros resultados muestran para septiembre ejemplares desovados. Este segundo pulso reproductivo que señalan, es a causa de la presencia de organismos de tallas pequeños con gónadas en desarrollo al final de la temporada de pesca al sur de Sonora.

En los estudios de dinámica poblacional sobre recursos pesqueros explotados, el conocimiento de la talla masiva de madurez (L_{50}) de la población juega un papel fundamental, ya que a través de la misma se puede interpretar o hacer inferencia de los efectos de la intensidad de la pesca y de las artes de pesca utilizadas. En este estudio la L_{50} determinada para la sierra del golfo fue de 365 mm LF que corresponde a una edad de 3 años, y es el primer reporte que se tiene para la especie.

Para otras especies del genero, Finucane y Collins (1984) comentan que los machos de *S. regalis* maduran a tallas mayores de 335 mm LF, mientras que las hembras maduran a tallas mayores de 370 mm LF. Sturm y Salter (1989)

reporta una talla de madurez de 585 mm LF para *S. cavalla* y que pertenecen a edades de 1-2 años. Finucane y Collins (1986) reporta diferentes tallas de madurez para *S. maculatus* en el Golfo de México (machos >350 mm y hembras >500 mm LF) variando un poco con las reportadas para la especie en la costa del Atlántico (machos >400 y hembras >425 mm LF). Otro estudio realizado por Schmidt *et al.* (1993) encontró que para el grupo migratorio de *S. maculatus* en el Atlántico la L_{50} fue de 360 mm LF y que son organismos mayores de 1 año.

8.6.- Mortalidad

La tasa de mortalidad natural (M) estimada en este trabajo fue de 0.55, la tasa de mortalidad total (Z) varió desde 1.5 para machos, 1.1 para hembras y 1.3 para sexos combinados, mientras que la tasa de explotación varió desde 0.49 en machos, 0.33 para hembras y 0.42 para sexos combinados. La diferencia en la tasa de mortalidad total entre sexos se debe principalmente al número de datos empleado para realizar el análisis, ya que solo se tenía 1 macho de edad 6 y de edad 7 lo que ocasionó una tasa de mortalidad alta.

Montemayor-López y Cisneros-Mata (2000) reportan una tasa de mortalidad natural de 0.63, valores de mortalidad total de 1.73 y 1.48 para las temporadas 1997-98 y 1998-99 respectivamente y asume una tasa de explotación del 20%. Las diferencias en la tasa de mortalidad natural radican en la metodología empleada, en este trabajo para su cálculo se utilizó la formula de Rikhter y Efanov

(Sparre *et al.* 1989) mientras que ellos utilizaron la ecuación empírica de Pauly (1980).

En lo referente a la tasa de mortalidad total, en este trabajo se calculó utilizando la curva de captura linealizada basada en edad, mientras que estos autores asumen una tasa de explotación del 20% y a partir del valor de q (coeficiente de capturabilidad) y del esfuerzo de pesca hacen el cálculo de Z . Creemos que los resultados presentados en este trabajo son mas exactos para conocer el estado actual de la especie ya que se emplearon estimaciones directas de edad, técnica que generalmente es mas aceptada que al utilizar datos de frecuencia de tallas.

Respecto a la tasa de explotación, Montemayor-López y Cisneros-Mata (2000) asumieron una tasa constante y clasifican a este recurso como de aprovechamiento máximo con riesgo. En este trabajo la tasa de explotación encontrada (0.42) nos hace clasificar a este recurso como próximo a su estado de aprovechamiento máximo.

En lo que respecta al genero *Scomberomorus*, Beaumariage (1973) estimó una mortalidad natural de 0.54 para *S. cavalla*, por su parte Johnson *et al.* (1983) la estimaron en 0.37 indicando que las diferencias se deben a la metodología utilizada por ambos autores. Chale-Matsau *et al.* (1999) estimaron valores de M para *S. plurilineatus* de 0.27 utilizando parámetros basados en longitud y de 0.45 utilizando parámetros basados en edad. Esto nos indica que los valores de mortalidad natural estimados para las especies del género son similares cuando se utilizan metodologías similares (claves edad-talla).

8.7.- Desplazamientos estacionales de la sierra del golfo

Al observar las estructuras de talla, de edad y de la madurez gonadal por zona, fue posible identificar un patrón de desplazamientos de norte-sur-norte. Las variaciones en las estructuras en la zona 1 representarían la componente sur del patrón de cambios, mientras que las variaciones en la zona 2 corresponderían a la componente norte.

Organismos con gónadas en posdesove al principio de la temporada de pesca en la zona 1 (octubre) indican que ha tenido lugar un evento reproductivo para la sierra del golfo. En esta zona, los organismos permanecen hasta 8 meses. Montemayor-López *et al.* (1999) y Montemayor-López y Cisneros-Mata (2000) comentan que la sierra del golfo se alimenta de eufausidos, pero principalmente de sardina y anchoveta. Razón por la cual consideramos que la sierra del golfo utiliza esta zona para la alimentación, ya que durante el invierno esta zona se caracteriza por la presencia de sardina (Wong 1973, Sokolov 1973, Hammann *et al.* 1988, Hammann *et al.* 1998) y anchoveta (Cotero-Altamirano y Green-Ruíz 1997). Además de que la captura comercial de sardina se realiza desde noviembre a marzo (Lluch-Belda *et al.* 1986), periodo que coincide con la presencia de la sierra del golfo en esta zona.

Estas altas concentraciones de sardina y anchoveta en la parte central del Golfo de California se deben a que durante invierno-primavera existen eventos de surgencias en esta zona provocadas por los vientos del noroeste, ocasionando una

disminución este-oeste de la temperatura, lo que provoca que las aguas adyacentes a las costas de Sonora y Sinaloa sean las más frías (17° C) (Cano-Pérez 1991).

La presencia de ejemplares de sierra del golfo con gónadas maduras (abril) en la región de Guaymas esta relacionada a los cambios en las condiciones oceanográficas. Cuando el agua se calienta en la parte central del Golfo de California, disminuyen las surgencias y el patrón de vientos se invierte (finales de primavera y principios de verano) (Cano-Pérez 1991), cuando se inicia la migración hacia el norte de la sierra del golfo, este mismo patrón presenta la sardina (Lluch-Belda *et al.* 1986).

Durante la migración de la sierra del golfo hacia el norte, que inicia de abril-mayo, no se registran capturas de sierra al norte de Isla Tiburón lo que sugiere que el regreso hacia la zona de desove se realice fuera de la costa. Además, el canal de ballenas esta caracterizado por presentar un flujo turbulento la mayor parte del año que impide el flujo intermareal (Álvarez *et al.* 1984, Badan-Dangon *et al.* 1985, Gutiérrez-González *et al.* 2002), mismo fenómeno presenta el canal entre Isla Tiburón y el macizo continental lo que ocasiona que la comunicación entre la zona norte y sur del Golfo de California se realice a través del canal entre Isla Ángel de la Guarda e Isla Tiburón la mayor parte del año excepto en octubre-noviembre (Gutiérrez-González *et al.* 2002). Estas condiciones oceanográficas ocasionan que la migración de la sierra del golfo hacia el norte sea oceánica en lugar de costera para evitar emplear parte de la energía que canalizan al proceso de maduración de las gónadas.

El incremento en la talla promedio, así como en la estructura de edad y avanzados estadios de madurez en la zona 2 en los meses de mayo-junio, nos hace considerar a esta zona como de desove y de crianza. Aunque se desconocen la mayoría de los aspectos biológicos sobre las larvas de la sierra del golfo. Se sabe de la presencia de larvas de sardina crinada y sierra para esta zona en los meses cálidos (Moser *et al.* 1973) y juveniles (130 mm LT) durante invierno (Fitch y Flechsig 1949). Debida quizá a la variación estacional en la concentración de pigmentos con máximos en invierno y mínimos en verano para esta zona (Santamaría-del-Ángel *et al.* 1994).

Concentraciones y tamaños adecuados del alimento para las larvas son las características que definen la selección de los sitios de desove, lo que impacta en gran medida la supervivencia larval (Lasker 1975). Las larvas de escombridos, se consideran precoces, esto es que una vez que se ha absorbido el saco vitelino, presentan una boca y un sistema digestivo bien desarrollado, estas estrategias de crecimiento les permiten a las larvas de sierra alimentarse de las larvas de otros peces ya que son netamente piscívoras (Tanaka *et al.* 1996). Por lo que las larvas y juveniles de sardina posiblemente sean la fuente de alimento de las larvas y juveniles de la sierra del golfo.

Una vez finalizado el desove de sierra del golfo (septiembre-octubre), se observa un grupo principal que se mueve por la costa este hacia la zona de Guaymas y esta integrado tanto por adultos como por juveniles (2 y 3 años de edad) y otro grupo de peces que realizaría la migración por la costa oeste. Esto ultimo es especulativo ya que no tenemos información para la región al sur de San

Felipe, creemos que este grupo se une en la zona de alimentación con el grupo principal.

Creemos que esos cambios en talla, edad y madurez gonadal, describen los desplazamientos estacionales de la sierra del golfo en el golfo de California. La migración hacia el sur, vinculada a organismos en promedio de tallas pequeñas, menor edad y estadios inmaduros, podría estar relacionada con la alimentación. Mientras que la migración hacia el norte, representada en promedio por organismos de mayor talla, más edad y avanzados estadios de madurez gonadal, estaría relacionada con la reproducción.

Los resultados encontrados en este trabajo, sugieren una revisión del estatus de la sierra del golfo como especie amenazada. Esto debido a que Fitch y Flechsig (1949) señalaron que la presencia de la sierra del golfo en aguas de California se debió a un periodo anómalo de temperaturas calidas (posiblemente a causa de un fenómeno El Niño), mencionan además la presencia de otras especies de afinidad tropical así como su posterior desaparición hacia 1900. Creemos que esta desaparición fue debido a que una vez que se restablecieron las condiciones oceanográficas para esta región no hubo condiciones óptimas para el desarrollo de los organismos de sierra del golfo que permanecieron en esta región.

9.- CONCLUSIONES

La estructura de tallas de *S. concolor* en el Golfo de California fue de 250 a 640 mm LF.

No existen diferencias significativas en la talla ni el peso entre machos y hembras.

La sierra del golfo presenta un patrón anual de formación de las marcas de crecimiento. La banda hialina se forma en los meses de invierno, mientras que en verano se forma la banda opaca.

Los valores estimados de los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy son: 677, 0.23 y -0.26 (L_{∞} , K y t_0 respectivamente).

La tasa de explotación para la sierra del golfo fue de 0.42, lo que nos indica que la población se encuentra en un estado próximo de máximo aprovechamiento.

Se encontraron ejemplares inmaduros y con gónadas en desarrollo en los meses de octubre a marzo, posteriormente de abril a junio los organismos se encontraban en maduración y sexualmente maduros.

El desove masivo de esta especie se realiza en los meses de mayo a julio en el norte del Golfo de California.

La talla masiva de maduración para *S. concolor* fue de 365 mm LF para sexos combinados y corresponde a una edad de 3 años.

La sierra del golfo presenta un patrón de migración norte-sur, sur-norte, donde los movimientos hacia el sur están relacionados a la alimentación, mientras que los desplazamientos hacia el norte se relacionan con el desove.

10.- RECOMENDACIONES

Debido a que este recurso se aproxima a un estado de explotación de aprovechamiento máximo, se debe evitar el incremento en el esfuerzo de pesca ejercida sobre la misma a fin de evitar llevar a esta pesquería a un posible riesgo.

Aumentar el tamaño de la luz de malla empleada en la captura de la sierra del golfo entre 3 y 3.5 pulgadas y prohibir el uso de mallas inferiores a estas con la finalidad de que se capturen organismos mayores a 365 mm LF y permitir el desove de los organismos recién reclutados al stock desovante.

Continuar con los estudios sobre larvas y juveniles en el interior del golfo de California para definir con exactitud las áreas de desove de esta especie.

Continuar con estudios sobre la dinámica poblacional de esta especie a fin de evitar un potencial colapso de su pesquería, debido a la reducida área de distribución de la especie.

11.- BIBLIOGRAFIA

- Álvarez, L.G., A. Badan-Dangon and J.M. Robles. 1984. Lagrangian observations of near surface currents in Canal de Ballenas. *CalCOFI Rep.* 25: pags.
- Anónimo, 2003. Anuario Estadísticos de Pesca. 2003. SEMARNAP, México. Pags.
- Araya, M. y L. Cubillos. 2002. El análisis retrospectivo del crecimiento en peces y sus problemas asociados. *Gayana (Concepc.)*, 66(2): 161-179.
- Badan-Dangon, A., J. Koblinsky and T. Baumgartner. 1985. Spring and summer in the Gulf of California: Observations of surface thermal patterns. *Oceanol. Acta.* 8: 13-22.
- Beaumariage, D.S. 1973. Age, growth and reproduction of king mackerel, *Scomberomorus cavalla*, in Florida. *Fl. Mar. Res. Publ.* 1: 45 pp.
- Cano-Pérez, F.A., 1991. Oceanógrafa física del Golfo de California. p. 453-514. *En: De la lanza-Espino. Oceanografía de Mares Mexicanos.* A.G.T. Editor, S.A. Primera edición.
- Castro-Longoria, R., L.M. Yépiz y G. Montemayor-López. 2001. Resultados preliminares de: Análisis de la reproducción de las especies de sierra *Scomberomorus concolor* y *S. sierra* de la pesquería artesanal de la costa del Estado de Sonora. Informe UNISON-INP.
- Cervantes-Escobar, A. 2004 Variación estacional de la estructura de tallas y madurez gonadal de el sierra del pacífico *Scomberomorus sierra* en la costa

este del Golfo de California, México. Tesis Profesional. Universidad Autónoma de Sinaloa. Facultad de Ciencias del Mar. 35 pp.

Collette, B.B. and 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 known to date. FAO Fish. Synop. 125. Vol. 2 137 pp.

Chale-Matsau, J.R., A. Govender and L.E. Beckley. 1999. Age and Growth of the queen mackerel from KwaZulu-Natal, South Africa. Fish. Res. 44 121-127.

Cotero-Altamirano C.E. and Y. Green-Ruiz. 1997. Spawning biomass of the northern anchovy (*Engraulis mordax*) in the Gulf of California *CalCOFI Rep.* 38: **pages**.

Cushing, D.H. 1977. Fisheries Biology: a study in population dynamics. Wisconsin Univ. Press, 200 p.

Diario Oficial de la Federación (DOF). 2004. Acuerdo mediante el cual se aprueba la actualización de la Carta Nacional Pesquera y su anexo. 15 de Marzo de 2004.

Duncan K.W. 1980. On the back-calculations of fish lengths: modifications and extensions to the Fraser-Lee equation. J. Fish Biol. 16: 725-730.

Espino, E., M. Cruz y A. García. 1990. Biología pesquera de tres especies de la familia Scombridae en el litoral de Colima, México, 65-74. *En*: M. Dailey &H.

Bertsch (eds.) Mem. VIII Simposium Internacional de Biología Marina.
Universidad Autónoma de Baja California; Ensenada, B.C.

Finucane, J.H., and L.A. Collins. 1984. Reproductive biology of cero, *Scomberomorus regalis*, from the coastal waters of south Florida. North. Gulf Sci. 7: 101-107.

Finucane, J.H. and L.A. Collins. 1986. Reproduction of Spanish mackerel *Scomberomorus maculatus*, from the southeastern United States. North. Gulf Sci. 8: 97-106.

Fischer, W., F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K.E. Carpenter and V. Niem. 1995 Guía FAO para la Identificación de Especies para lo Fines de la Pesca. Pacífico Centro-Oriental. 3 Vols. FAO, Rome.

Fitch, E.J. and A.O. Flehsig. 1949. A brief account of the Monterey Spanish Mackerel (*Scomberomorus concolor*). Cal. Fish and Game 35(4):275-280.

Govender, A. 1994. Growth of the king mackerel (*Scomberomorus commerson*) off the coast of Natal, South Africa- from length and age data. Fish. Res. 20: 63-79.

Gutiérrez-González, O.Q., S. Guido, L.M. Moschetto y A.F. Pares-Sierra. 2002. Circulación lagrangiana en el Golfo de California. *En*: III Reunión Nacional de Ciencias de la Tierra, del 04 al 08 de noviembre. Puerto Vallarta, Jalisco. Unión Geofísica Mexicana.

- Hammann, M.G., T.R. Baugartner and A. Badan-Dangon. 1988. Coupling of the Pacific Sardine (*Sardinops sagax caeruleus*) life cycle with the gulf of California Pelagic Environmental. *CalCOFI Rep.* 29: **pages**
- Hammann, M.G. M.O. Nevarez-Martínez and Y. Green-Ruiz. 1998. Spawning habitat of the Pacific Sardine (*Sardinops sagax*) in the Gulf of California: egg and larval Distributions 1956-1957 and 1971-1991. *CalCOFI Rep.* 39: **pages**.
- Hilton-Taylor, C. 2000. 2000 IUCN red list of threatened species. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 61 p.
- Johnson, A.G., W.A. Fable, Jr., M.L. Williams and L.E. Barger. 1983. Age, Growth and Mortality of King Mackerel *Scomberomorus cavalla*, from the Southeastern United States. *Fish. Bull.* 81(1): 97-106.
- Klawe W.L. 1966. Notes on occurrence of Young and Spawning of *Scomberomorus sierra* in the Eastern Pacific Ocean. *Pac. Sci.* 20 (4): 445-451.
- Klawe W.L. 1986. Carta dirigida a Susumo Kato del Nacional Marine Fisheries Service. Ref: 671-153.
- Lasker, R. 1975. Field criteria for survival of anchovy larvae: the relationship between inshore chlorophyll maximum layers and successful first feeding. *Fish. Bull.* 73: 453-462.

- Lizárraga-Rodríguez, H. 1984. Contribución al conocimiento de la pesquería de la sierra *S. sierra* en la costa del estado de Nayarit. Tesis Profesional. Universidad Autónoma de Sinaloa. Escuela de Ciencias del Mar U.A.S.
- Lluch-Belda, D., F.G. Magallon and R.H. Schwartzlose. 1986. Large Fluctuations in the sardine fishery in the Gulf of California: possible causes. CalCOFI Rep.27: **pags**
- McPherson, G.R. 1992. Age and growth of the narrow barred Spanish mackerel (*Scomberomorus commerson* Lacepede, 1800) in north-eastern Queensland water. Aust. J. Mar. Freshwater Res. 43 (5): 1269-1282.
- Medina-Gómez, S. 2004 Variación estacional de la estructura de tallas y madurez gonadal de *Scomberomorus sierra* y *Scomberomorus concolor* en la costa este del Golfo de California, México. Tesis Profesional. Universidad Autónoma de Sinaloa. Facultad de Ciencias del Mar. 37 pp.
- Medina-Quej, A. y M. Domínguez-Viveros. 1997. Edad y Crecimiento de *Scomberomorus maculatus* (Scombriformes:Scombridae) en Quintana Roo, México. Rev. Biol. Trop. 45 (3): 1155-1161.
- Mellink, E., J. Domínguez and J. Luevano. 2001. Diet of Eastern Pacific Brown Boobies *Sula leucogaster brewsteri* on Isla San Jorge, north-eastern Gulf of California, and an April comparison with diets in the middle Gulf of California. Mar. Ornith. 29:23-28.

Montemayor-López, G., M.A. Cisneros-Mata, A. Morga-López, R. Castro-Longoria y R. Molina-Ocampo. 1999. Investigación para el manejo del recurso “sierra” en el área de la costa de Sonora. *Resúmenes VII Congreso Nacional y I Simposium Internacional sobre el Mar de Cortés, Hermosillo, Son. 25-28 mayo 1999.*

Montemayor-López, G. y M.A. Cisneros-Mata. 2000. Breviario de la pesquería de sierra del golfo de California. *En: Instituto Nacional de la Pesca. Sustentabilidad y pesca responsable en México; Evaluación y manejo. 1997-1998 / Instituto Nacional de Pesca. – México: INP; Secretaria de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca.*

Moser, H.G., H.E. Ahlstrom, D. Kramer and E.G. Stevens. 1973. Distribution and abundance of fish eggs and larvae in the Gulf of California. *CalCOFI Rep.* 17: **pags.**

Noble, E.B., L.P. Mercer, R.W. Gregory. 1992. Migration, age and growth, and reproductive biology of king mackerel (*Scomberomorus cavalla*) in North Carolina. North Carolina Department of Environment Health, and Natural Resources. *Mar. Fish. Res.* 259, 1-71.

Nomura, H. and M.S.S. Rodriguez. 1967. Biological notes on king mackerel, *Scomberomorus cavalla* (Cuvier), from northeastern Brazil. *Arquivos do Estação de biologia marinha do Universidade Federal do Ceará.* 7(1):79-85.

- Pauly, D. 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stocks. J. Cons. CIEM, 39 (2): 175-92.
- Pauly, D. 1983. Algunos métodos simples para la evaluación de recursos pesqueros tropicales. FAO. Doc. Tec. Pesca (234): 49 p.
- Pérez-Ramos, V. H. 1994. Maduración sexual, hábitos alimenticios, estructura poblacional, variación temporal del esfuerzo y captura de la pesquería de el sierra del pacífico (*S. sierra*) en la bahía de Mazatlán Sinaloa durante el periodo 1988-1989. Tesis profesional. Universidad Autónoma de Sinaloa. Facultad de Ciencias del Mar. U.A.S.
- Quiñónez-Velázquez, C. y G. Montemayor-López. 2002. Biología y dinámica poblacional de *Scomberomorus concolor* en el Golfo de California. *En*: Memorias del I Foro Científico de Pesca Ribereña. Guaymas, Son. del 17 al 18 de Octubre de 2002.
- Santamaría-del-Ángel, E., S. Álvarez-Borrego and F. Muller-Karger. 1994. Gulf of California biogeographic regions based on coastal zone color scanner imagery. J. Geoph. Res. 99: 7411-7421.
- Schultz-Ruiz, L., J.I. Fernández-Méndez y C.M. Rodríguez-Mourino. 2000. Breviario de la pesquería de sierra y peto del golfo de México. *En*: Instituto Nacional de la Pesca. Sustentabilidad y pesca responsable en México;

Evaluación y manejo. 1997-1998 / Instituto Nacional de Pesca. – México: INP; Secretaria de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca.

Schmidt, D., J. M. R. Collins and D. M. Wyanski. 1993. Age, Growth, and Spawning of Spanish Mackerel *Scomberomorus maculatus*, from the Atlantic Coast of the Southeastern United States. Fish. Bull. 91: 526-533.

Sokolov, V.A. 1973. Investigaciones biológico pesqueras de los peces pelágicos del Golfo de California. CalCOFI Rep. 17: **pags**

Sparre, P., E. Ursin and S.C. Venema. 1989. Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1 – Manual FAO. Fish. Tech. Paper. 306/1. 337 p.

Sturm, M.G. de L. and P. Salter. 1989. Age, growth, and reproduction of king mackerel *Scomberomorus cavalla* in Trinidad waters. Fish. Bul. 88: 361-370.

Sutter, F.C., R.O. Williams and M.F. Godcharles. 1991. Movements patterns and Stock Affinities of King Mackerel in the Southeastern United States. Fish. Bull. 89: 315-324.

Tanaka, M., T. Kaji, Y. Nakamura and Y. Takahashi. 1996. Developmental strategy of scombrid larvae: High growth potential related to food habits and precocious digestive system development, p. 125-139. In Y. Watanabe, Y. Yamashita and Y. Oozeki (Eds.), Survival Strategies in Early Life Stages of Marine Resources. A. A. Balkema, Rotterdam.

Trent, L., R.O. Williams, R.G. Taylor, C.H. Saloman and C.H. Manooch III. 1983. Size, Sex Ratio and Recruitment in Various Fisheries of King Mackerel,

Scomberomorus cavalla, in the Southeastern United States. Fish. Bull. 81(4): 709-721.

Valdovinos-Jacobo, L.A. 2004. Variación estacional en la estructura de tallas y la relación longitud-peso de el sierra del golfo *Scomberomorus concolor* en el golfo de California, México. Tesis Profesional. Universidad Autónoma de Sinaloa. Facultad de Ciencias del Mar. 34 pp.

Wong, M. 1973. Biología de la sardina del golfo de California. CalCOFI Rep. 17: pags.

Xue-shen, S., H. Gui-fen and C. Hsiao-wei. 1966. A description of the morphological characters of the eggs and larvae of the blue spotted mackerel *Scomberomorus niphonius* (Cuvier & Valenciennes). Oceanol. Limnol. Sin 8:1-12

12.- APÉNDICES

Apéndice 1

Definición de los estadios de madurez gonadal para ambos sexos, adaptado de la escala macroscópica definida por Finucane y Collins (1984) para *Scomberomorus regalis*.

ESTADIO	Observación macroscópica	
	Apariencia de la gónada	Características de óvulos individuales
0 (indeterminado)	En forma de cinta o listón, difícil distinguir el sexo	No visible
I (Inmaduro o en reposo)	Delgado, fácil distinción del sexo.	No visible
II (Inicio de la maduración o en desarrollo)	Ligeramente agrandado	Escasamente visible
III (Maduro)	Moderadamente agrandado	Fácilmente visible
IV (Desove)	Agrandado y turgente	Fácilmente visible (fácil desprendimiento de los folículos, o sueltos en lumen).
V (Post-desove)	Agrandado pero flácido (algo similar a las fases II y III)	Poco visible

Apéndice 2

Máximos, mínimos, promedios y desviación estándar (s) de la longitud furcal (LF) en mm para la sierra del golfo capturada de enero-2000 hasta abril-2003.

Mes	Sitio de pesca	n	LF (Máx.)	LF (Mín.)	LF Promedio	(s)
Ene-00	Bahía Kino	10	500	390	434	32
Feb-00	Isla Pájaros	10	325	270	290	20
Mar-00	Isla Pájaros	66	465	265	324	35
Abr-00	San Carlos	39	495	295	352	35
May-00	Bahía Kino	3	345	325	337	10
Jun-00	Santa Clara	34	585	270	370	89
Sep-00	Puerto Libertad	9	410	350	390	18
Nov-00	Miramar Guaymas Cardonal	169	535	245	339	51
Dic-00	San Carlos	48	490	250	329	71
Mar-01	Isla Pájaros	49	440	270	328	39
May-01	Santa Clara	18	570	325	380	61
Nov-01	Miramar	25	422	330	370	23
Nov-01	San Felipe	13	460	363	402	29
Dic-01	San Felipe	12	357	313	341	13
Dic-01	Miramar	49	489	260	369	42
Ene-02	Ensenada Grande (al sur del Choyudo)	32	545	345	458	49
Ene-02	San Felipe	21	447	334	392	29
Feb-02	San Felipe	12	462	260	356	54
Feb-02	Choyudo San Carlos	112	495	250	368	46
Mar-02	Cochorit	86	485	255	332	37
Abr-02	Bahía Kino Isla Pájaros	30	555	270	368	83
Abr-02	San Felipe	24	418	320	367	30
May-02	San Felipe	41	633	310	392	69
May-02	Cochorit	32	390	270	302	21
Jun-02	Santa Clara	37	590	345	418	72
Ago-02	San Felipe	34	560	320	403	66
Sep-02	San Felipe	29	408	275	352	31
Oct-02	Sahuimaro (al sur de Bahía Kino)	25	470	270	349	46
Nov-02	Bahía Kino Miramar	49	525	260	340	61
Ene-03	Bahía Kino	30	425	295	360	35
Feb-03	Bahía Kino	40	465	310	383	27
Abr-03	Cardonal	24	475	305	368	43

Apéndice 3

Clave edad-longitud furcal (mm) en porcentaje de la sierra del golfo para sexos combinados.

Intervalo	Edad en años								n
	1	2	3	4	5	6	7	8	
250	100								5
260	33	67							9
270	42	58							19
280	30	70							33
290	17	83							41
300	5.1	93	2						59
310	2.2	69	29						44
320		50	50						48
330		46	54						48
340		35	63	1.7					60
350		23	77						56
360		13	73	13	1.4				71
370		19	58	23					84
380		8	69	23					82
390		3	68	25	3.4				59
400		8	38	54					37
410		2	18	62	18				45
420			21	54	25				24
430			16	60	24				25
440			9	82	9.1				11
450				100					7
460			17	17	67				6
470			8	58	33				12
480			13	38	50				8
490				44	56				9
500			25	25	50				8
510				33	67				3
520				25	75				4
530					100				3
540				25	50	25			4
550				33	33		33		3
560					100				2
570						100			1
580						100			1
590						50	50		2
600							100		1
610									0
620									0
630									0
640								100	1