



Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología

Universidad Nacional Autónoma de México



Análisis de la edad y el crecimiento de la sarangola *Microlepidotus brevipinnis* (Steindachner, 1869, Pisces: Haemulidae) mediante el estudio de las escamas y los otolitos, en Melaque, Jalisco.

T E S I S

que para obtener el grado académico de:

Maestra en Ciencias

(Biología en Marina)

p r e s e n t a

Karla Margarita Granados Flores

Director de Tesis: Dr. Manuel Gallardo Cabello

Comité Tutorial: Dra. Elaine Espino Barr
Dra. María Adela Monreal Gómez
Dr. Isaías Hazarmabeth Salgado Ugarte
Dra. Ana Laura Ibáñez Aguirre

México D. F. 2009.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas

Tesis Digitales

Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



AGRADECIMIENTOS

Dr. Manuel Gallardo Cabello, por haberme dejado ser parte de su equipo trabajo y por la dirección de la tesis.

Dra. Elaine Espino Barr, de quien recibí apoyo al haberme proporcionado las muestras y mantuvo un constante interés durante el desarrollo de la tesis.

Dra. Adela Monreal Gómez por el interés, apoyo, compromiso y acertados comentarios en los exámenes tutorales y en la revisión de la tesis.

Dr. Isaías H. Salgado Ugarte por sus enseñanzas académicas durante los cursos, asesoría y sugerencias realizadas en la elaboración de esta tesis.

Dra. Ana Laura Ibáñez Aguirre por sus atinados comentarios y sugerencias que sin lugar a dudas enriquecieron y elevaron el valor del trabajo.

Al Centro de Investigaciones Pesqueras (CRIP-Manzanillo) perteneciente al Instituto Nacional de Pesca (INAPESCA) específicamente al equipo de personas que integran el Programa de Pesca Ribereña: Dra. Elaine Espino, M. C. Esther Gpe. Cabral Solís, Ing. Pesq. Arturo García Boa y M. C. Marcos Puente Gómez, por haberme proporcionado el material e información para la realización de esta tesis.

Al Posgrado de Ciencias del Mar y Limnología conformado por la Dra. Gloria Vilaclara y las Lics.: Chantal Ruiz, Gaby Almaraz, Lupita Godoy y la M en C. Diana Juárez, gracias por todo su invaluable apoyo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por proporcionarme una beca durante mis estudios de maestría.

Al departamento de Hidrología de la Secretaría de Marina (SEMAR) por facilitarme los datos de temperatura del área de estudio, con especial énfasis agradezco a la Teniente Elvia por su trato amable y su buena disposición en ayudarme.

Al Dr. Martín López Hernández técnico académico responsable del laboratorio de Limnología del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología por su gran apoyo durante mis estudios de la maestría y en la elaboración de la presente tesis.

Al M. en C. Mario Alejandro Gómez Ponce por la minuciosa revisión del documento y sus acertados comentarios.

Al Biólogo Claudio Manuel Padilla González por su apoyo técnico durante mis estudios de maestría y durante mi estancia en el laboratorio de Dinámica de Poblaciones de Peces.

Así también:

Quiero resaltar el gran apoyo otorgado por mi familia en todo este tiempo, gracias a mis tías, tíos, primas y primos, ustedes saben quienes son. Les estoy eternamente agradecida por tanto aprendizaje, experiencia, regaños, risas, críticas y motivaciones que me han ayudado en determinadas etapas de mi vida.

A mi gran equipo de trabajo: Claudio, Julio, Alex y al Doc Martín que han sido mi luz en momentos donde la oscuridad no me dejaba ver el camino, gracias por tantas alegrías, gratos momentos, ilusiones, tristezas, favores, abrazos que me han dado consuelo etc., he tenido la dicha de haber compartido tantos momentos que les estoy eternamente agradecida por todo lo que me han brindado.

A mis grandes amigas que aunque ya no tenemos la posibilidad de vernos tan seguido, siempre están ahí para escucharme, apoyarme, aconsejarme y brindarme un hombro en donde llorar, gracias Adrianiux Montes, Sandra Alvarado, Simone da Silva, Sandra Espinosa y a la familia Bustamante Rodríguez (mi nueva sobrina Nori y sus papis Jenny y Alex).

Al triunfador equipo de acondicionamiento físico aeróbico de la UNAM del frontón cerrado turno vespertino encabezado por mi gran amigo a quien admiro y respeto Roberto, que me han dado muchas satisfacciones, alegrías, triunfos, motivaciones, intenso trabajo aeróbico.

Al maravilloso grupo de salsa a cargo del profesor Martin Alonso, una persona muy especial y valiosa de la que me llevo estupendas vivencias y recuerdos, gracias Negro y gracias a la bendita salsa.

Muy en particular a Lucy, Gaby, Vero, Fernando, Javier, Hugo y Angie por tantos momentos tan divertidos, pero muy en especial a Andy quien ha estado conmigo siempre apoyándome en todo momento, sacrificando muchas cosas para verme feliz, a la persona más pura, transparente y dulce que conozco.

A Dios que me ha puesto en este camino y me ha dado la maravillosa oportunidad de haber conocido a todas estas personas tan especiales para mí y que han enriquecido cada momento de mi vida, también por haberme nombrado unos ángeles maravillosos que están siempre al lado mío protegiéndome y guiándome, enseñándome a valorar lo que realmente es importante: El amor, la libertad, la amistad, la verdad, la pureza y por supuesto todo esto sin perder la ternura jamás..... LOS AMO....POR SIEMPRE.....

CONTENIDO

• RESUMEN.....	1
I. INTRODUCCIÓN.....	2
II. HIPÓTESIS.....	4
III. OBJETIVOS.....	4
General.....	4
Particular.....	4
IV. ANTECEDENTES.....	5
V. DIAGNOSIS.....	6
VI. ÁREA DE ESTUDIO.....	8
VII. METODOLOGÍA.....	11
7.1 Trabajo de Campo.....	11
Colecta.....	11
7.2 Trabajo de Laboratorio.....	13
7.2.1 Escamas.....	14
7.2.2 Otolitos.....	15
7.3 Trabajo de Gabinete.....	16
7.3.1 Análisis biométrico.....	16
7.3.2 Determinación de la edad.....	17
Métodos indirectos.....	17

	Métodos directos.....	19
	Escamas.....	19
	Validación de los anillos de crecimiento.....	20
	Otolitos.....	20
	Tiempo de formación de los anillos de crecimiento.....	21
7.3.3	Crecimiento en longitud y peso.....	21
7.3.4	Edad límite o longevidad.....	23
7.3.5	Proporción sexual e índices biológicos	23
	Proporción sexual.....	23
	Índice gonadosomático, hepatosomático y factor de condición.....	23
7.3.6	Precipitación pluvial y temperatura superficial del mar.....	24
VIII	RESULTADOS.....	25
8.1	Análisis biométrico.....	25
	Estructura de tallas de la población.....	25
8.2	Determinación de la edad.....	28
8.2.1	Métodos indirectos.....	28
	Método de Petersen.....	28
	Estimadores de Densidad por Kernel (EDK's) y Bhattacharya.....	31
	Comparación entre métodos indirectos.....	39
8.2.2	Métodos directos.....	40
	Escamas	
	Descripción de la escama.....	40
	Crecimiento de la escama.....	41
	Identificación de anillos de crecimiento.....	43
	Periodicidad de anillos de crecimiento.....	47
	Otolitos	
	Descripción de la sagitta.....	48
	Crecimiento del otolito.....	49

	Identificación de bandas de crecimiento.....	52
	Periodicidad de las bandas de crecimiento.....	55
8.3	Estimación de crecimiento.....	56
8.3.1	Estimación de los parámetros del crecimiento en longitud de la ecuación de von Bertalanffy.....	56
	Escamas.....	56
	Otolitos.....	56
8.3.2	Comparación entre métodos.....	56
8.3.3	Crecimiento en peso.....	57
8.3.4	Diferencias del crecimiento entre sexos.....	60
8.3.5	Edad Límite o longevidad.....	61
8.3.6	Relación edad-longitud y crecimiento para otros miembros de la familia Haemulidae.....	61
8.4	Aspectos reproductivos.....	63
	Proporción sexual.....	63
	Periodo reproductivo e Índice Gonadosomático (IGS).....	65
8.5	Índices morfofisiológicos (IHS y Factor de Condición).....	66
8.6	Precipitación pluvial y temperatura superficial del mar.....	68
IX	DISCUSIÓN.....	75
9.1	Estructura de tallas de la población.....	75
9.2	Análisis biométrico.....	75
9.3	Determinación de la edad.....	76
9.4	Periodicidad de anillos y bandas de crecimiento.....	79
9.5	Estimación de crecimiento.....	79
9.6	Índices morfofisiológicos y factor de condición relacionados a la Precipitación pluvial y a la temperatura superficial del agua.....	81
X	CONCLUSIONES.....	84

XI	LITERATURA CITADA.....	88
----	------------------------	----

XII	ANEXOS.....	95
-----	-------------	----



RESUMEN

La sarangola o ronco rayado (*Microlepidotus brevipinnis*) es una de las especies más importantes en la pesca ribereña después del huachinango y el pargo, se comercializa de forma local y regional (2ª clase). Existe muy poca información acerca de esta especie, por lo cual, en el presente estudio se determinó la edad y el crecimiento mediante las escamas y los otolitos en la costa de Melaque, Jalisco. Se realizaron muestreos mensuales durante el periodo de enero del 2005 a junio del 2006. Se colectaron a 1050 organismos, se les tomaron medidas morfométricas y biológicas como son: sexo, estado de madurez gonádica, peso del hígado y de las gónadas y se extrajeron las escamas y los otolitos de 353 organismos.

Se observa que el intervalo de tallas comprende de los 125 a los 430 mm de longitud total y un peso de los 24 a los 2194 g. La talla de organismos capturada con mayor frecuencia fue de 300 mm de longitud total.

La ecuación de la relación talla-peso para la especie $P_t = 0.000011L_t^{3.042}$, indica un crecimiento isométrico. Las regresiones obtenidas entre la longitud de las estructuras duras (escamas y otolitos) con respecto a la longitud del pez, muestran que dichas estructuras reflejan el crecimiento somático del pez de manera proporcional lo que expone a las escamas y a los otolitos como buenas indicadoras de la determinación de la edad.

Mediante el análisis de frecuencias de tallas por el Método de Petersen se estimaron 4 grupos modales y se observó que los organismos ingresan a la pesquería a una talla de 220 mm de longitud total en el mes de abril. Los estimadores de densidad por kernel caracterizaron de mejor manera a la población pues identificaron 7 grupos modales.

Por su parte los métodos directos identificaron 13 anillos de crecimiento, sin embargo los otolitos resultaron ser las estructuras que reflejan con mayor precisión la edad de los organismos. El análisis del incremento marginal (IM) en las escamas y el estudio de la orla en los otolitos, muestra que la formación de los anillos en las escamas y las bandas opacas y hialinas en los otolitos es de 6 meses. El periodo reproductivo determinado para esta especie corresponde de diciembre a marzo.

Los parámetros de crecimiento obtenidos por la lectura de escamas para la especie fueron: $L_{\infty} = 368.66$ mm, $k = 0.226$ (año⁻¹) y $t_0 = -0.724$. Los parámetros de crecimiento obtenidos mediante el análisis de otolitos para la especie fueron: $L_{\infty} = 388.68$ mm, $k = 0.207$ (año⁻¹) y $t_0 = -0.718$. Para las hembras: $L_{\infty} = 489.05$ mm, $k = 0.082$ (año⁻¹) y $t_0 = -4.251$, en los machos: $L_{\infty} = 381.81$ mm, $k = 0.197$ (año⁻¹) y $t_0 = -1.122$ por medio del análisis de las sagittae. A los 13.75 años la sarangola ha alcanzado el 95% de su longitud infinita, por sexos: las hembras la alcanzan a los 32 años y los machos a los 14 años.

La proporción sexual a nivel mensual mostró valores de 1:1 hembras y machos respectivamente. El factor de condición muestra que en el periodo de mayo a octubre los organismos se encontraron con mayor peso asociado a una mayor disponibilidad de alimento en el medio. Por su parte, el IHS presentó los valores más altos en el periodo de mayo a junio y decrecen de diciembre a enero cuando los valores del IGS fueron los más altos, lo que indica que entre estos índices existe una relación inversa.

Mediante la relación de la temperatura y la precipitación se observó que la sarangola desova cuando hay una mayor disponibilidad del alimento por efecto de las lluvias en la región y cuando la temperatura del agua es más baja por la influencia de la corriente de California.



I. INTRODUCCIÓN

Determinar acertadamente la edad de animales acuáticos es una de las tareas más importantes en la biología pesquera y en general en el estudio de las pesquerías (Ehrhardt, 1981). En todos los estudios biológicos de peces, moluscos y crustáceos se debe recurrir a esta evaluación para cualquier determinación en materia pesquera, a tal grado que, en muchos trabajos de investigación el objetivo primordial es la obtención de este parámetro. A su vez, es importante porque mediante la asignación de edad se define la longevidad de las especies, se identifican las clases anuales que componen el efectivo de la captura, se determina la edad de primera madurez y de reclutamiento. Con la información de tallas y pesos se formula el crecimiento y pueden calcularse las ganancias de biomasa utilizable bajo esquemas de producción. Con esta información puede determinarse la composición de edades de cada clase de talla y a partir de ello estimar las tasas de mortalidad (Holden y Raitt, 1975; Gómez-Márquez, 1994).

Los métodos para determinar la edad de los peces pueden dividirse en directos e indirectos. Los métodos directos están basados en la interpretación de las capas depositadas en las partes calcáreas del pez, las cuales están relacionadas con la observación directa de las discontinuidades del crecimiento como producto de cambios en el metabolismo de los individuos y su correlación con el tiempo en que ocurrieron (Ehrhardt, 1981), mientras que los métodos indirectos se basan en el análisis de frecuencias de tallas de una población de peces, aunque estos métodos normalmente ayudan a confirmar otros procedimientos, particularmente aquéllos que involucran la interpretación de la edad a partir de estructuras calcificadas (Pauly, 1983; Weatherley *et al.*, 1987; Sparre y Venema, 1989; Lai *et al.*, 1979).

Estas partes duras están presentes desde que el organismo nace, y conforme pasa el tiempo aumenta el material de que está compuesto, por ejemplo, el otolito (parte del oído interno) se compone de material inorgánico, principalmente carbonato de calcio en forma de cristales de aragonita, que se depositan continuamente a lo largo de la vida del pez. En estas partes duras se “marcan” los cambios que sufre el organismo debido a las diversas etapas y circunstancias por las que pasa el pez debido a cambios estacionales con sus consecuentes cambios en los factores ambientales, los periodos de crecimiento o de mayor alimentación, migraciones, reproducción, etc. Por ello es posible estudiar estas partes duras y darles un seguimiento para obtener información acerca de la historia de vida del pez (Lagler *et al.*, 1977, Espino-Barr *et al.*, 2006). Por su parte, el estudio del crecimiento de los peces significa básicamente determinar el tamaño



corporal en función de la edad, quehacer muy importante desde el punto de vista productivo y por consiguiente económico para los pescadores y acuicultores. Como toda industria dependiente de un recurso tiene sus altibajos subordinados a causas diversas relacionadas con irregularidades en el mercado y variaciones naturales del medio ambiente que se manifiestan en las condiciones físicas del mar, tales como alteraciones en la circulación costera de las corrientes marinas y cambios en la temperatura del agua de mar (Gallegos *et al.*, 2006).

Elementos como la temperatura, salinidad, oxígeno, disponibilidad de alimento, etc., al llegar a cierto punto actúan como factores limitantes que evitan que la población crezca indefinidamente, lo que provoca que cada población alcance un tamaño, que debe ser proporcional a lo que el medio ambiente puede soportar. Para evitar que un máximo poblacional sea sobrepasado se producen diversos fenómenos compensatorios que en definitiva se reflejan en una disminución del crecimiento o del reclutamiento o en un aumento de la mortalidad natural (Sparre y Venema, 1989). Cualquier cambio en alguna de estas condiciones óptimas bajo las cuales pueden desarrollarse mejor las poblaciones de peces, sea la temperatura, la salinidad, la cantidad de oxígeno, la dirección e intensidad de los vientos y las corrientes, la cantidad y calidad del material orgánico en suspensión, la estructura del terreno, etc., pueden alterar positiva o negativamente el tamaño y el balance dinámico de las poblaciones (Csirke, 1989).

Desafortunadamente para el Pacífico Mexicano escasea mucha de la información de los ciclos de vida de los recursos que se están explotando y muchas de estas especies pertenecen a la pesca ribereña en la que la separación de organismos se basa en especies “objetivo y acompañante”, siendo este último grupo el que carece de mayor información biológica básica y por ende de una regulación pesquera, por lo que la finalidad de este trabajo es contribuir con un estudio que contemple los parámetros básicos de una pesquería como lo son la edad y crecimiento de la sarangola *Microlepidotus brevipinnis* que sirvan como base para estudios posteriores que permitan la generación de propuestas para el desarrollo de un manejo y explotación adecuada del recurso que favorezcan su sustentabilidad.



II. HIPÓTESIS

El análisis de las escamas y los otolitos (sagittae) pertenecientes a un mismo organismo proporcionan la misma información referente al número de anillos de crecimiento.

III. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar la edad y el crecimiento de la sarangola (*Microlepidotus brevipinnis*) en la costa de Melaque, Jalisco.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Descripción de las relaciones morfométricas entre las escamas, los otolitos y la longitud total del pez.
- Descripción morfológica de la escama y del otolito de la sarangola.
- Determinar los grupos de edad que componen a la población de la sarangola por medio de métodos indirectos: Petersen, Bhattacharya, Estimadores de densidad por kernel (EDK's).
- Identificación del número de anillos de crecimiento formados en escamas y otolitos para determinar la edad.
- Determinar la relación talla-peso de la población de la sarangola.
- Obtener los valores de los parámetros de crecimiento de la ecuación de von Bertalanffy: L_{∞} , k y t_0 para ambos sexos.
- Analizar la proporción sexual de la población de sarangola a lo largo del tiempo.
- Analizar la variación de los índices Gonadosomático (IGS), Hepatosomático (IHS) y Factor de Condición (FC) en relación al tiempo.
- Analizar los cambios biológicos de la especie (IGS, IHS y FC) de acuerdo a la variación temporal de la temperatura del agua y lluvias en el área de estudio.



IV. ANTECEDENTES

Se cuenta con muy poca información referente a las especies de peces que componen la pesca ribereña en las costas de Jalisco y específicamente, en el caso de la sarangola *Microlepidotus brevipinnis* la información es muy escasa, por lo que es importante generar información que permita contribuir al conocimiento de la especie.

Cruz-Romero *et al.*, (1993) analizaron algunos aspectos biológicos de cinco especies de la familia Haemulidae en Manzanillo, Colima, obteniendo los parámetros de la ecuación de von Bertalanffy para cada una de las especies y algunas descripciones biológicas, entre las que destaca las de la sarangola o ronco rayado. Sin embargo en este trabajo los autores la clasifican erróneamente como *Orthopristis reddingi* (Espino-Barr, *com pers.*).

Godínez-Domínguez *et al.*, (2000) durante un estudio de redes agalleras experimentales en la zona costera del Pacífico Central Mexicano durante un evento de “El Niño-La Niña”, reportan que la especie *Microlepidotus brevipinnis* fue la más abundante con un 29% del total y se registró en todos los meses de muestreo. Catalogan a la sarangola como una especie dominante, permanente y con una mayor abundancia durante el periodo de “La Niña”, denotando así una afinidad por la Corriente de California (de enero a mayo) que tiene influencia durante este episodio.

Espino-Barr *et al.*, (2004) realizan un catálogo de especies marinas con valor comercial en el estado de Jalisco en el que describen la ficha de la sarangola incluyendo datos sobre el nombre científico y común, distribución geográfica, estructura de clases de talla, volúmenes anuales de captura, tipos de pesca empleados y su categoría comercial.



V. DIAGNOSIS DE LA FAMILIA HAEMULIDAE (burros, roncadores, curracas, bocayates)

Los roncacos son una familia de peces de tamaño pequeño a mediano que se localizan ampliamente en mares tropicales y templados. Este grupo contiene cerca de 17 ó 18 géneros y aproximadamente 120 especies, de los cuales 29 especies en 9 géneros se encuentran en el Pacífico Este Tropical. Físicamente se asemejan a los pargos (Lutjanidae), pero se diferencian por tener una boca más pequeña, los dientes de las mandíbulas son cónicos y pequeños y 9 caninos poco desarrollados (Allen y Robertson, 1994).

Tienen una aleta dorsal simple, a excepción de *Xenocys* con dos dorsales, *Xenichthys* y *Xenistius* con la aleta dividida. Los radios de las aletas dorsal y anal son de número variable, mientras que el número de espinas dorsales se encuentra en el intervalo de IX a XIV (carácter útil para identificar un género en particular). Su nombre común se deriva de su hábito al emitir un sonido de ronquido que resulta del rechinar los dientes superiores e inferiores de la mandíbula, este sonido además se amplifica por la vejiga natatoria. Estos peces son de hábitos nocturnos, durante el día se refugian en los arrecifes en grandes agregaciones y en cuanto cae la tarde se dispersan para alimentarse. Aunque hay varias especies que habitan estuarios y las partes bajas de los ríos. La dieta de los roncacos se basa en una amplia variedad de invertebrados bentónicos, los juveniles se alimentan principalmente del plancton (Fischer *et al.*, 1995; Nelson *et al.*, 2004).

Su carne es considerada de buena calidad. Muchas de estas especies tienen características distintivas que son fáciles de reconocer, excepto las especies de *Pomadasys* que frecuentemente son similares en apariencia. Esta familia fue formalmente conocida como *Pomadasyidae* (Allen y Robertson, 1994).

Microlepidotus brevipinnis (Steindachner, 1869)

Nombres comunes: Shortfin grunt, ronco rayado, sarangola.

Caracteres: Aleta dorsal XIII, 16-17; aleta anal III, 12-13; escamas de la línea lateral: 60-62; 16 branquiespinas en la parte inferior del primer arco branquial; de cuerpo alto y delgado (espigado, esbelto); aletas dorsal y anal cubiertas por pequeñas escamas, de color gris a plateado con manchas cafés en cada escama de la parte trasera que dan la impresión de ser bandas oblicuas oscuras (Fischer *et al.*, 1995). Aletas dorsal y anal de color amarillento oscuro, aletas pectoral y pélvica amarillentas, mientras que la aleta caudal es de color café (Fig. 5.1). Se distribuyen desde el Golfo de California hasta Perú, los juveniles forman cardúmenes en zonas arenosas usualmente a los 5-30 m de profundidad, sin embargo también se les encuentra a una profundidad



de 40 cm. Esta especie ha sido colocada por otros autores dentro del género *Orthopristis* (Cruz-Romero *et al.*, 1993; Allen y Robertson, 1994).



Figura 5.1. *Microlepidotus brevipinnis* (Steindachner, 1869) "sarangola" (Tomado de Fishbase.org).

UBICACIÓN TAXONÓMICA

Se utilizó la clasificación taxonómica propuesta por el ITIS (Integrated Taxonomic Information System, 2008).

Reino	Animalia
Phylum	Chordata
Subphylum	Vertebrata
Superclase	Osteichthyes
Clase	Actinopterygii
Subclase	Neopterygii
Infraclass	Teleostei
Superorden	Acanthopterygii
Orden	Perciformes
Suborden	Percoidei
Familia	Haemulidae
Género	<i>Microlepidotus</i>
Especie	<i>brevipinnis</i> (Steindachner, 1869)



VI. AREA DE ESTUDIO

La zona de estudio forma parte de la Costa Sur-occidental del Pacífico Mexicano (Vidal, 2005). Melaque se localiza en la Costa Sur del estado de Jalisco dentro de la Bahía de Navidad (Fig. 6.1), a unos 300 kilómetros del sureste de Guadalajara, a 215 kilómetros de Puerto Vallarta y a 70 kilómetros del Puerto de Manzanillo. La ubicación geográfica de San Patricio Melaque corresponde a las siguientes coordenadas: 19°13'25.08" N y 104°42'24.89".



Figura 6.1. Mapa de localización de la región de Melaque en la costa de Jalisco que pertenece a la costa suroccidental del Pacífico mexicano.

Al norte donde inicia la Bahía de Navidad se encuentra Punta Melaque entre las coordenadas 19° 11' y 19° 14' de latitud Norte y los 104° 40' y 104° 43' de longitud Oeste. En la parte central de la bahía se localiza la laguna costera "El Tule". La Bahía de Navidad termina en lineal litoral que protege al puerto del mismo nombre. Al sur, se ubica la Albufera de Navidad, laguna que recibe las descargas del río Cihuatlán.



La línea de costa de Jalisco es irregular y presenta cuatro accidentes geográficos importantes, constituidos por: Bahía de Banderas, Bahía de Chamela, Bahía de Tenacatita y Bahía de Navidad; el resto de la línea costera está formada por playas relativamente extensas y poco protegidas. Esta zona presenta sedimentos blandos, integrados fundamentalmente por limos arenosos que contienen cantidades variables de materia orgánica (Aguilar-Palomino *et al.*, 1996). El talud continental es muy abrupto y su cercanía con la línea litoral representa un punto de convergencias con influencias neríticas y oceánicas múltiples (Calderón-Riveroll y Ness 1987; Filonov *et al.*, 2000).

Su oceanografía sólo ha sido descrita con base en la temporalidad de los grandes procesos de circulación superficial por Wyrтки (1965), este autor destaca que para la región del Océano Pacífico oriental, el patrón de corrientes predominante establece tres pautas típicas de circulación: la primera, con influencia de la Corriente de California se caracteriza por una masa de agua fría durante los meses febrero a abril, esta región se encuentra bajo la influencia de la Corriente de California, así como de la corriente superficial que sale del Golfo de California (Badan, 1997) y se dirige hacia el sur con una velocidad de 15 cm/seg (Meyer *et al.*, 2006), la segunda es una etapa de transición donde convergen la Corriente de California y la Contracorriente Norecuatorial (Badan, 1997) se detecta en primavera y también se le conoce como la zona de convergencia intertropical que da origen a corrientes con una velocidad de 20 cm/seg que fluyen hacia el Norte (Meyer *et al.*, 2006); y la tercera es un periodo con influencia de la Contracorriente Norecuatorial, regida por los vientos dominantes que fluye del sureste, se caracteriza por una masa de agua típicamente tropical durante los meses que van de agosto a enero. La dinámica de las aguas en la región de estudio se determina por un flujo promedio con dirección noroeste en los meses de verano y en dirección contraria en invierno (De la Lanza, 1991; Badan, 1997), y por una marea barotrópica que origina en la laguna de Barra de Navidad oscilaciones de nivel del mar con un máximo de 1.2 m. El régimen de mareas en Bahía de Navidad es mixto con dos pleamares y dos bajamares diarias (De la Lanza, 1991).

Las masas de agua en la región de estudio se relacionan con la estructura tropical oriental del Océano Pacífico: la capa superficial (hasta una profundidad aproximada de 50–75 m), está ocupada por agua con alta temperatura y salinidad. Esta agua se extiende hasta la capa de las aguas subsuperficiales (75–200 m) con salinidad máxima de 34.70–34.80 ups, el origen de éstas está relacionado con la sumersión de aguas superficiales más saladas a consecuencia de la evaporación que se presenta durante todo el año. Por debajo de la capa subsuperficial de máxima salinidad se sitúa la capa intermedia de baja salinidad (300–800 m), con valores de 34.60 ups. Entre los niveles de 900 y 3500 m se encuentra la masa de agua profunda cuyos índices de temperatura y salinidad tienen un núcleo de 3°C y 34.60 ups, respectivamente. Todo el volumen de agua



restante por debajo de los 3500 m está ocupado por la masa de agua de fondo, con valores de 1.4°C y 34.80 ups (Hydrology of the Pacific Ocean, 1968; Atlas of the Oceans: Pacific Ocean, 1974).

La región de estudio en verano y otoño sufre la influencia de ciclones y tormentas tropicales. De junio a diciembre la capa subsuperficial de la región de estudio se hace menos salobre, en los meses de verano debido a la intensa precipitación y en otoño a la desembocadura del Río Cihuatlán y otros. En estos meses del año, desde la superficie hasta los niveles de 20 y 30 m se presenta una salinidad menor a los 34 ups. Como resultado, entre los niveles de 20 y 35 m se forma una capa con fuertes gradientes verticales de salinidad, hasta de 0.1 ups/m (Meyer *et al.*, 2006).

En los meses de primavera (abril y mayo), cuando la evaporación aún no es tan intensa debido a la baja temperatura del aire y a la ausencia de precipitaciones, la haloclina se acerca a la superficie y es en este periodo del año cuando el agua se encuentra más homogénea desde la superficie hasta los 150 m, con salinidad de 34.5–34.7 ups. La termoclina con altos gradientes verticales de temperatura (0.12–0.17° C/m en verano y 0.08–0.10° C/m en invierno) se encuentra desarrollada durante todo el año. Desde febrero hasta abril está en la superficie y en los meses restantes del año se encuentra más profunda, con un máximo de julio a septiembre. En agosto, la frontera inferior de la capa semihomogénea superior (isoterma de 23° C) se sitúa en los 13 m (Filonov *et al.*, 2000).

El clima que se presenta en la región es tropical sub-húmedo de tipo (Aw) con temperatura promedio del aire de 26.4° C (García, 1973). El mes más frío es febrero con 20.2° C y el más cálido es julio con 31.6° C. Las lluvias son torrenciales en los meses de mayo a noviembre con una precipitación máxima de 400 mm en septiembre y el promedio total anual es de 1200 mm. Los vientos dominantes provienen del Suroeste, aunque varían un poco en dirección e intensidad en invierno (Meyer *et al.*, 2006).

Los suelos más representativos de la región son los regosoles y leptosoles. En estas condiciones de clima y suelos se establece una vegetación dominante de selva baja caducifolia. Desde el punto de vista faunístico, por las características particulares de la costa Suroccidental del Pacífico Mexicano es considerada como parte de la provincia biogeográfica mexicana, formada con elementos de afinidad templada (Californiana), subtropical (Provincia de Cortez) y tropical (Panameña) (Briggs, 1974; Hendrickx, 1995; Mariscal-Romero *et al.*, 1998).

Esta costa está bañada por las aguas tropicales Ecuatoriales del Océano Pacífico, que se distingue por un oleaje de alta energía del orden de dos a tres metros de altura al generarse a unos 3 000 y 4 000 km del Océano Pacífico. Las aguas costeras del Océano Pacífico aledañas a México y en particular al estado de Jalisco son muy productivas.



VII. METODOLOGÍA

7.1 Trabajo de Campo

7.1.1 Colecta

El registro de los datos morfométricos, la disección y la extracción de los órganos y las estructuras duras fueron llevados a cabo por el personal del Programa de Pesca Ribereña del Centro Regional de Investigación Pesquera de Manzanillo (CRIP Manzanillo) que pertenece al Instituto Nacional de Pesca (INAPESCA). La colecta de los organismos se realizó durante el periodo de enero 2005 a junio 2006, a partir de la captura comercial, así como un muestreo biológico en la costa de Melaque en el estado de Jalisco. Para su explotación, la sarangola se obtiene mediante redes agalleras con las siguientes características: abertura de malla entre 3 (7.62 cm) y 3.5 pulgadas (8.89 cm), altura de 4.5 m y una longitud de 120 m (Rojo-Vázquez *et al.*, 2001). Para la captura de los organismos pequeños se empleó una red de tipo atarraya con las siguientes dimensiones: 1.52 m de radio y con abertura de malla de 1 pulgada (2.5 cm).

Se obtuvo una muestra de 1050 organismos de los que se registraron los siguientes datos biométricos: longitud total y patrón, altura máxima, peso total y eviscerado. Se determinó el sexo de 480 individuos ya que los otros 570 fueron eviscerados por los pescadores en alta mar. Se obtuvieron los otolitos y las escamas de 353 organismos (Fig. 7.1).

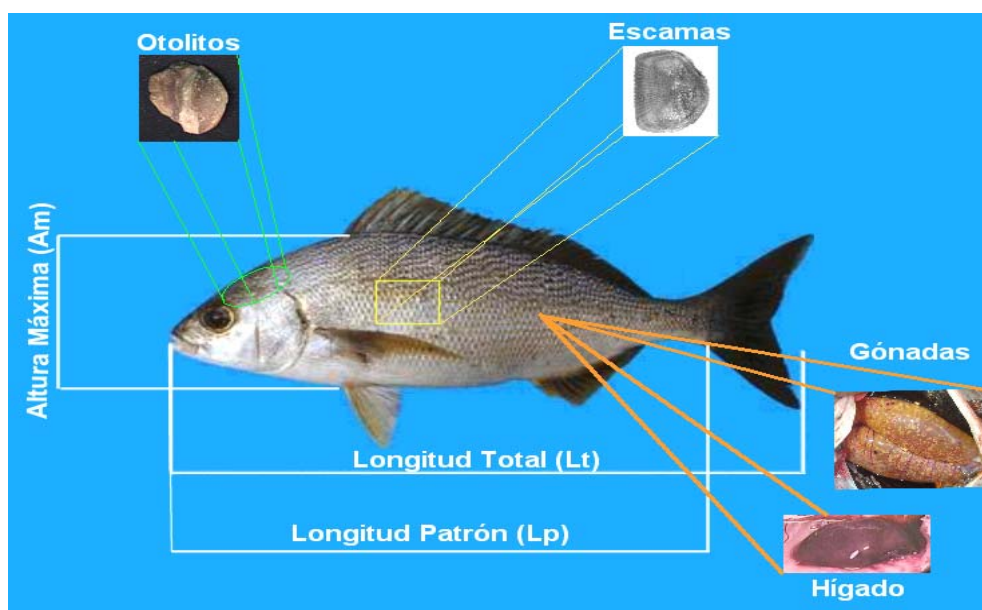


Figura 7.1. Procesamiento de las sarangolas: Biometría, extracción de estructuras duras y vísceras.



El registro de los datos morfométricos se realizó de la manera siguiente:

Longitud total (Lt): que comprendió desde el inicio de la boca hasta la punta de la aleta caudal.

Longitud patrón (Lp): que abarcó desde el inicio de la boca hasta la parte donde comienza la aleta caudal (pedúnculo caudal).

Altura máxima (Am): fue registrada como la parte más ancha del cuerpo, perpendicular al eje principal del cuerpo.

Peso entero (Pt): peso total de los organismos.

Peso eviscerado (Pe): peso del cuerpo excluyendo vísceras.

Sexo: se determinó para hembras y machos por disección.

Extracción de las gónadas e hígados (Fig. 7.2): se obtuvo el peso en fresco de cada órgano. En relación al tamaño (longitud y peso) y el color de la gónada se tomaron en cuenta seis estados de desarrollo gonádico con base en los criterios de Sokolov y Wong (1973); Holden y Raitt (1975); Finucane y Collins (1984) (Tabla 7.1).



Figura 7.2. Extracción de vísceras de la sarangola: gónadas (izquierda), hígado (centro) y tracto digestivo (derecha).



Tabla 7.1. Descripción de las diferentes fases de madurez gonadal en peces, con criterios de Sokolov y Wong (1975); Holden y Raitt (1975); Finucane y Collins (1984).

FASE	ESTADO	APARIENCIA DEL OVARIO	DESCRIPCIÓN
I	Indefinido	Similares a una cinta.	No hay diferenciación entre ♀ y ♂. Las glándulas sexuales son filamentos muy finos.
II	Inmaduro	Delgadas, ya es posible identificar el sexo.	Inicia desarrollo de gónadas, los ovarios son rosáceos y translúcidos. Testículos en forma de cinta blanquecina. Óvulos no se observan a simple vista.
III	Inicia maduración	Ligeramente alargado; ½ de longitud de la cavidad abdominal.	Glándulas sexuales bien diferenciadas. Los ovarios son rosáceos-amarillos de aspecto granular. Óvulos pequeños y opacos. Testículos de forma triangular en porción anterior de color marfil.
IV	Maduro	Moderadamente alargado; 2/3 de la cavidad abdominal.	Desarrollo de glándulas muy avanzado. Ovarios color naranja rosáceo. Óvulos grandes transparentes. Testículos blanquecinos triangulares.
V	Desove	Muy grandes y turgentes. Ocupan toda la cavidad abdominal.	Ovarios color naranja brillante. Productos sexuales listos para ser expulsados y salen con leve presión. Venas bien desarrolladas irrigando toda la gónada. Testículos color blanco-perlado, sale esperma al presionar levemente.
VI	Después del desove (en reposo)	Alargados pero flácidos.	Producto ha sido expulsado. Glándulas sexuales flácidas, inflamadas, café-grisáceas. Óvulos residuales se reabsorben.

Extracción de estructuras duras (escamas y otolitos) (Fig. 7.1): las escamas se removieron de la zona que abarca la parte posterior de la aleta pectoral y por debajo de la línea lateral, éstas fueron guardadas en bolsitas de papel con su respectiva clave referente a los ejemplares de donde provenían las estructuras. Por otra parte, se cortaron las cabezas de los ejemplares y se guardaron en bolsas de plástico con etiquetas en la que se registró la fecha y el número de organismo al que le pertenecía, una vez en el laboratorio se extrajeron los otolitos (sagittae) mediante un corte transversal en la parte ventral del cráneo. Se removió el cerebro y se identificaron los canales semicirculares (derecho e izquierdo) y de las cámaras óticas se extrajeron dichas estructuras. Una vez extraídos se dejaron secar a temperatura ambiente y posteriormente se colocaron en tubos Eppendorf con sus respectivas etiquetas.

7.2 Trabajo de Laboratorio

El procesamiento de las escamas (limpieza, montaje y lectura), mediciones y análisis de los otolitos y el trabajo de gabinete fueron realizados en el laboratorio de Dinámica de Poblaciones de Peces del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICMyL) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).



7.2.1 Escamas

Se seleccionaron aquellas escamas que tuvieron un foco bien definido evitando aquellas escamas regeneradas y maltratadas. Primero se lavaron con agua y jabón (detergente en polvo) y con la ayuda de un cepillo de cerdas suaves se removió el tejido y materia orgánica adherida a las escamas. Se colocaron de 5 a 10 escamas (dependiendo del tamaño) entre portaobjetos sellados (Fig. 7.3). El análisis de las escamas montadas se realizó mediante un proyector de diapositivas marca Noris Trumpf Halogen 150, con un aumento total de la escama de 15.3 veces su tamaño (Fig. 7.4). Las lecturas de los anillos de crecimiento se llevaron a cabo por dos personas en tiempos diferentes registrando las siguientes medidas (Fig. 7.5):

- distancia del foco a cada uno de los anillos formados (r_1 , r_2 , etc).
- distancia del foco al margen anterior de la escama (R ó L_{esc}).
- ancho de la escama (de un borde lateral al otro) (A_{esc}).



Figura 7.3. Escamas montadas entre portaobjetos.



Figura 7.4. Escamas proyectadas sobre una superficie plana en la que se aumenta 15.3 veces su tamaño real.



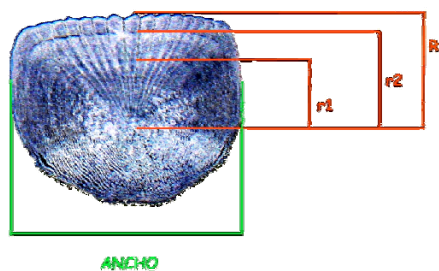


Figura 7.5. Mediciones consideradas en las escamas de la sarangola.

7.2.2 Otolitos

Para el análisis de los otolitos se consideraron a las sagittae por ser los otolitos más grandes. Con la ayuda de un microscopio estereoscópico marca SWIFT Power Master con luz transmitida se tomaron las siguientes mediciones en las sagittae (Fig. 7.6):

- longitud del rostrum (Lros).
- longitud del antirostrum (Lant).
- ancho del otolito (en sentido transversal) (Asag).

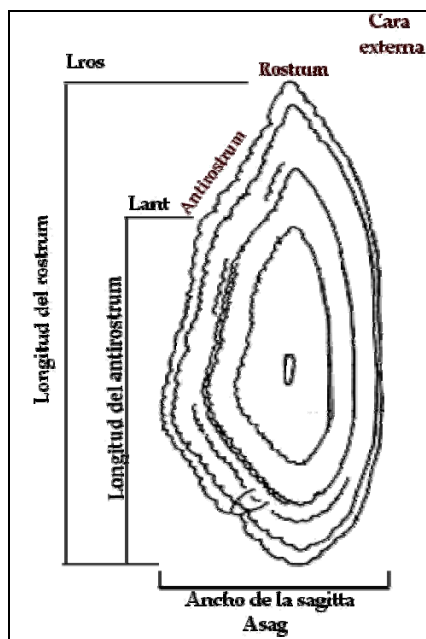


Figura 7.6. Mediciones realizadas en las sagittae de la sarangola.



7.3 Trabajo de Gabinete

7.3.1 Análisis biométrico

Para la obtención de las medidas morfométricas, se utilizó la fórmula $y = ax^b$, a través de las siguientes relaciones (Sparre y Venema, 1989):

- a) Relación entre la longitud patrón y la longitud total, donde:

$$L_p = a L_t^b$$

L_p = longitud patrón.
 a = ordenada al origen.
 L_t = longitud total.
 b = pendiente.

- b) Relación entre la longitud total y altura máxima, en la que:

$$A_m = a L_t^b$$

A_m = altura máxima.
 a = ordenada al origen.
 L_t = longitud total.
 b = pendiente.

- c) Relación entre el largo y ancho de las estructuras duras:

$$A_{esc} = a L_{esc}^b \text{ ó } A_{sag} = a L_{sag}^b$$

A_{esc} = ancho de la escama.
 a = ordenada al origen.
 L_{esc} = longitud de la escama.
 b = pendiente.
 A_{sag} = ancho de la sagitta.
 L_{sag} = longitud de la sagitta.

- d) La relación entre la longitud total y el crecimiento de las estructuras duras:

$$\begin{aligned} L_{esc} &= a L_t^b \\ L_{ros} &= a L_t^b \\ L_{ant} &= a L_t^b \end{aligned} \quad y$$

L_{esc} = longitud de la escama ó
 L_{ros} = longitud del rostrum en otolitos.
 L_{ant} = longitud del antirostrum.
 a = ordenada al origen.
 L_t = longitud total del pez.
 b = pendiente.

- e) La relación talla-peso de los organismos, siendo:

$$P_t = a L_t^b$$

P_t = peso total del organismo.
 a = ordenada al origen.
 L_t = longitud total.
 b = pendiente.



La constante “b” en este tipo de función es la potencia, sin embargo se hace referencia a la pendiente que proviene de una función lineal. El valor de la pendiente b indica el tipo de crecimiento que existe entre las variables, para el caso de a), b), c) y d). Mientras el valor de b se acerca a 1, se refiere a una isometría; si el valor es diferente de 1 es una alometría: >1 positivo y/o <1 negativo (Ricker, 1948).

En el caso de la relación talla y peso del organismo entre más cercano es el valor de b a 3, el crecimiento es isométrico, si es diferente de 3 el crecimiento es de tipo alométrico: >3 positivo y <3 negativo, por tratarse de la relación talla-peso en la que implica que “el peso es proporcional a su volumen y éste es frecuentemente proporcional al cubo de su talla” (Ricker, 1948; Ehrhardt, 1981).

Con la finalidad de comprobar que los valores de las pendientes (b) en los casos anteriores fueran estadísticamente iguales o diferentes de 1 (lineal) ó 3 (al cubo para el volumen) se establecieron las siguientes hipótesis:

$$\begin{array}{llll} \text{Ho: } \beta_1 = 1 & \text{ó} & \text{Ho: } \beta_1 = 3 & \text{donde: } \beta_1 = \text{valor de la pendiente en ecuaciones biométricas} \\ \text{Ha: } \beta_1 \neq 1 & \text{ó} & \text{Ha: } \beta_1 \neq 3 & \text{El 1 ó el 3 es el valor de la pendiente especificado.} \end{array}$$

Para un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ para una hipótesis bilateral y con base en los grados de libertad se obtuvieron los valores de tablas de la distribución t. Posteriormente se compararon con los resultados obtenidos por el estadístico de contraste (Guerra *et. al*, 2005):

$$t = \frac{b - \beta_{10}}{\frac{s_{y/x}}{\sqrt{n - 2}}}$$

donde:

t= valor en la distribución t-Student.

b= valor de la pendiente en las relaciones biométricas (de la muestra).

β_{10} = valor de la pendiente especificada (1 ó 3, según sea el caso).

$s_{y/z}$ = desviación estándar de la muestra.

n= tamaño de la muestra.

7.3.2 Determinación de la edad

MÉTODOS INDIRECTOS

Para analizar los datos de la frecuencia de tallas y obtener los grupos modales representativos en la población de sarangola, se utilizaron los siguientes métodos indirectos:



El método de Petersen (1892) emplea histogramas donde se grafica la frecuencia del número de peces a diferentes tallas y se identifican a los grupos modales, los cuales indican las distintas clases de edad o cohortes. Resulta relativamente sencillo definir una cohorte y seguirla durante la primera parte de su vida al trazar las modas correspondientes en los histogramas, sin embargo conforme se aproximan a su talla máxima se presenta un solapamiento de las modas representando a grupos de individuos con tallas similares pero de edades diferentes, por lo tanto, la separación de los grupos modales resulta difícil. Para la construcción de los histogramas se consideraron a 817 organismos y se calculó la amplitud del intervalo mediante el empleo de la expresión recomendada para el número de líneas en los diagramas de tallo y hoja (Salgado-Ugarte, 1992):

$$L = \lceil 10X \log_{10} n \rceil \text{ y } R/L \text{ (amplitud del intervalo)} \quad \text{donde:}$$

L= número de intervalos.

n= número de datos.

R= recorrido (la diferencia del valor máximo y mínimo).

Se empleó el método de Bhattacharya (1967), en su versión computarizada para el programa Stata 9.0 (Salgado-Ugarte *et al.*, 1994), que estima componentes gaussianos en distribuciones mezcladas. Este método considera el logaritmo de las frecuencias de tallas como una función cuadrática del punto medio de la clase y grafica estas diferencias logarítmicas, si los componentes de la distribución están bien separados el gráfico exhibe segmentos lineales con pendiente negativa representando a cada componente y se determinan de manera visual. En la obtención gráfica de las líneas rectas que representan los componentes de la curva de Gauss, Bhattacharya (1967) presenta una serie de fórmulas derivadas de la regresión de los puntos seleccionados para estimar en cada componente la longitud media, la desviación estándar y la frecuencia o proporción (Sparre y Venema, 1989; Gulland y Rosenberg, 1992, Salgado-Ugarte *et al.*, 2005).

Por su parte los EDK's son estimadores de densidad (frecuencia del intervalo dividida por el producto del número total de observaciones con la amplitud de clase), atribuidos a Rosenblatt (1956), los cuales tratan de mejorar algunos inconvenientes que presentan los histogramas como: 1) la posición del origen de los intervalos en la construcción del histograma, ya que un cambio en el origen cambia el número de modas presentes, los EDK's desaparecen este efecto, 2) La amplitud y el número de intervalos que determinan la suavidad de la distribución, ya que si se utilizan pocos intervalos se elimina información importante y al contrario, si se generan numerosas clases originan estimaciones ruidosas, por lo que los EDK's permiten que el número o amplitud de intervalo óptimos sea diferente para cada muestra, 3) la discontinuidad en los



histogramas, pues en cada intervalo se infiere una densidad constante en cada clase (con una función cuadrada) mientras que los EDK's calculan la densidad local en cada punto de los datos (con una función de variación gradual como la gaussiana) y 4) en los histogramas se mantiene una amplitud fija del intervalo, por lo que si las clases son lo suficientemente angostas donde la densidad es alta, tienen un buen registro en esta zona de la distribución, sin embargo cuando la densidad es baja el tamaño de la amplitud resulta demasiado angosto generando ruido, por su parte, existen estimadores de densidad por kernel que utilizan amplitudes fijas de banda como de banda variable para evitar este problema (Jones, 1990), los cuales proporcionan detalles donde se concentran las observaciones y eliminan fluctuaciones ruidosas donde los datos son escasos (Salgado-Ugarte *et al.*, 2005).

Para la elaboración de los gráficos de los estimadores de densidad por kernel gaussiano (EDK's) se empleó el programa estadístico Stata 9.0 mediante los comandos proporcionados por Salgado-Ugarte *et al.*, (2005).

El número de modas en un estimador de densidad es una característica de los datos, sin embargo depende de la amplitud del intervalo. Hay varias formas de seleccionar apropiadamente un ancho de clase para los EDK's, sin embargo en el presente trabajo se utilizó la mitad del valor de la amplitud de banda óptima propuesta por Silverman (1986) debido a que proporcionó una mejor caracterización de los grupos modales que conforman a la población de la sarangola (Salgado-Ugarte, com. pers.).

MÉTODOS DIRECTOS

Escamas

Las escamas son estas estructuras que funcionan como apéndices especiales para la protección de la piel y presentan una parte anterior y posterior. La parte posterior normalmente se encuentra desgastada por la abrasión con el ambiente, mientras que la porción anterior al estar protegida se observan más claramente los anillos, estrías y su estructura en general (Ehrardth, 1981; Rojo, 1988).

La zona central denominada como foco es la primera en desarrollarse en la dermis. Una vez que se formó el foco unos ejes circulares se depositan de forma bien definida y avanzan desde el borde anterior por secuencias progresivas del crecimiento y se manifiestan hacia la superficie expuesta de la escama, en forma de líneas concéntricas. Entre estos ejes se forman anillos o bandas uniformemente espaciadas que se proyectan periódicamente desde el margen anterior hasta la superficie de la escama (Lagler, 1977). Estas marcas son el registro de cambios que sufre el organismo debido, a las diversas etapas que vive el pez: cambios estacionales con los consecuentes cambios de factores ambientales, los periodos de crecimiento, de disponibilidad del alimento, las migraciones, la reproducción, etc. (Espino-Barr *et al.*, 2006).



Validación de los anillos de crecimiento

Con la finalidad de determinar el periodo y la frecuencia de formación de los anillos de crecimiento en las escamas se analizó el incremento marginal que básicamente se refiere a la distancia existente entre el último anillo formado y el margen de la escama. Teóricamente este incremento debe ir aumentando de mes en mes hasta que empieza a aparecer un engrosamiento en el borde reflejando la aparición del nuevo anillo (Espino-Barr *et al.*, 2006).

Otolitos

Los otolitos constituyen una parte muy importante del oído interno de los peces óseos. Son estructuras calcáreas depositadas en el líquido endolinfático del laberinto, las cuales se encuentran alojadas en dos cavidades adyacentes del neurocráneo: las cápsulas óticas (Lagler *et al.*, 1977).

Se reconocen tres pares de otolitos: la sagitta en la cavidad del sacculus, el lapillus en la cavidad del utriculus y el asteriscus en la cavidad de la lagena. De estas tres estructuras, la sagitta es la más utilizada para la determinación de la edad. Una de las caras del otolito presenta una depresión que la atraviesa en el sentido de su eje mayor: el surco acústico correspondiente a la zona del otolito que está en contacto con un gran número de células ciliadas que constituyen la porción sensorial ó mácula (Lagler *et al.*, 1977).

Los otolitos aparecen tempranamente en la vida del pez. Inicialmente se forma un núcleo alrededor del cual se depositan capas de sustancia calcárea y denotan series de bandas concéntricas hialinas y opacas. Las capas concéntricas están unidas entre sí por fibras sólidas de disposición radial entre las cuales se depositan cristales minerales de carbonato de calcio (Dannevig, 1956; Degens *et al.*, 1969; Panella, 1971). Campana y Neilson (1985) mencionan que esta zona translúcida o hialina está constituida en su mayor parte por carbonato de calcio en forma de cristales de aragonita (Mugiya *et al.*, 1981) aunque ocasionalmente está presente la vaterita, otra forma mineral del carbonato de calcio, mientras que en la zona opaca predomina una matriz de proteína conocida como otolina, que se caracteriza por una alta abundancia de ácidos amino acídicos. Debido a lo anterior radica la diferencia en opacidad de las bandas que aparecen en los otolitos, por la cantidad de carbonato de calcio y proteína depositada, en relación a diferentes condiciones fisiológicas vinculadas por lo general a aspectos ambientales (Degens *et al.*, 1969; Panella, 1971). La zona hialina contiene gran cantidad de cristales de carbonato de calcio mientras que en la zona opaca se encuentra poca cantidad. Por ello, cuando la cantidad depositada es poca, los cristales de carbonato de calcio son pequeños y el espacio existente entre los mismos es llenado por proteínas, lo que aumenta la opacidad. De este modo, los otolitos



aumentan su tamaño añadiendo zonas alternadas de diferente opacidad (Degens *et al.*, 1969; Panella, 1971; Leta y Keim, 1982).

Tiempo de formación de los anillos de crecimiento.

Si se relacionan las bandas de los otolitos con el crecimiento del pez, se observa que las zonas opacas están asociadas con períodos de crecimiento rápido y que las zonas hialinas corresponden a períodos de crecimiento lento. Por lo tanto, luego de un año, es posible notar que se ha agregado una zona opaca y una zona hialina a las ya existentes en el otolito. Si se establece que la formación de ambas zonas corresponde a un modelo de tiempo definido, es posible entonces determinar la edad de un pez, una zona opaca seguida de una hialina al cabo de un año significa un crecimiento anual (Leta y Keim, 1982).

Para comprobar lo anterior, se observaron los bordes en estas estructuras y se obtuvo el porcentaje de otolitos con borde opaco y hialino respectivamente a nivel mensual para determinar el periodo de formación de las bandas de crecimiento.

7.3.3 Crecimiento en longitud y peso

Para el análisis de poblaciones conviene representar el crecimiento de los peces en forma de una expresión matemática. El requisito básico es obtener una expresión mediante la cual se obtenga el tamaño (en longitud o en peso) de un pez a una edad determinada cualquiera, esa expresión debe estar de acuerdo con los datos observados sobre tamaños o pesos a ciertas edades (Gulland, 1971).

La ecuación deducida por von Bertalanffy se basa en hipótesis fisiológicas que consideran al crecimiento en longitud y peso como resultado de la diferencia entre factores anabólicos y catabólicos, que a su vez son proporcionales a la superficie (s) y al peso (w) respectivamente (Gulland, 1971). Esta ecuación expresa la longitud como función de la edad del pez:

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

donde:

L_t = longitud del pez a la edad "t".

L_{∞} = longitud asintótica o longitud máxima que el pez puede alcanzar.

k = coeficiente de crecimiento.

t = edad.

t_0 = representa la edad que supuestamente debe tener el pez para que su longitud sea igual a cero.



El peso de un pez es aproximadamente proporcional al cubo de su longitud, de manera que la ecuación es modificada (Gulland, 1971):

$$P_t = P_{\infty} (1 - e^{-K(t-t_0)})^3$$

donde:

P_t = peso del pez a la edad "t".

P_{∞} = peso asintótico o peso máximo que el pez puede alcanzar.

Las otras variables ya fueron descritas en la ecuación de crecimiento en longitud.

Para la obtención de los parámetros de la ecuación de von Bertalanffy (1938): L_{∞} , k y t_0 se utilizaron los siguientes métodos:

- Gráfico de Ford (1933)-Walford (1946). Este método consiste en graficar las longitudes medias a la edad t (L_t) contra las longitudes medias a un año después (L_{t+1}). Se obtiene una gráfica que genera una línea recta, donde ésta es cortada por una línea de 45° (pendiente igual a 1) se define el valor de L_{∞} . Desde el punto de vista analítico, al graficar L_t VS L_{t+1} se obtiene una ecuación lineal, de la cual se sustituyen los valores de a (ordenada al origen) y b (pendiente) en las siguientes ecuaciones para la estimación de L_{∞} y k .

$$L_{\infty} = \frac{a}{1 - e^{-k}} \quad k = -\ln b$$

- Gráfico de Gulland (1964). Este método está basado en el gráfico de Ford-Walford y se basa en el uso de un intervalo de tiempo constante Δt . Grafica L_t contra ΔL (es igual a $L_{t+1} - L_t$). Con el valor de la ordenada al origen y la pendiente se sustituyen en:

$$L_{\infty} = \frac{a}{1 - e^{-k}}, \quad k = -\ln(b + 1) \quad t_0 = t + \frac{1}{k} \ln \left(\frac{L_{\infty} - L_t}{L_{\infty}} \right)$$

- Así también, las constantes L_{∞} , k y t_0 de la ecuación de von Bertalanffy (1938) fueron ajustados por regresión no lineal mediante el algoritmo de iteración convergente de Newton mediante el programa Solver del Excel (Microsoft, 1992).



7.3.4. Edad límite o longevidad

Taylor (1957) la define como la edad en la cual los organismos han alcanzado el 95% de su longitud infinita (L_{∞}) y se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$A_{0.95} = \frac{-\ln(1 - 0.95)}{k} + t_0$$

donde:

$A_{0.95}$ = longevidad.

k = coeficiente de crecimiento.

t_0 = edad del pez cuando su longitud es igual a 0.

7.3.4 Proporción sexual e índices biológicos

Proporción sexual

Con el objetivo de conocer si la población de hembras y machos provienen de una distribución uniforme, es decir, que mantienen proporciones iguales en cada uno de los meses de muestreo, se realizó la prueba estadística chi-cuadrada (Zar, 1996).

Se establecieron como hipótesis:

H_0 : las hembras y los machos de la población de sarangola se encuentran en la misma proporción.

H_a : Hembras y machos no se encuentran a la misma proporción.

Los valores críticos obtenidos se basaron en un nivel de confianza del 95% y de los grados de libertad.

El estadístico de prueba utilizado para la toma de decisión fue:

$$\chi^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

donde:

χ^2 = Valor de chi-cuadrada.

Σ = sumatoria del cociente obtenido de las frecuencias O_i y E_i .

O_i = Frecuencia absoluta observada o empírica.

E_i = Frecuencia absoluta esperada.

Índice gonadosomático, hepatosomático y factor de condición

Los indicadores morfofisiológicos se basan en análisis biológicos para conocer el bienestar de los peces, ya que reflejan el peso relativo de órganos y tejidos en relación con el peso del cuerpo y mantienen una estrecha relación con el metabolismo del pez.



Una forma para determinar la época o periodo de la reproducción de los peces es mediante el índice gonadosomático (IGS) que se utiliza durante el seguimiento del ciclo reproductivo en un año a intervalos mensuales. Este índice asume que el ovario incrementa de tamaño conforme aumenta el desarrollo y compara la masa de la gónada con la masa total del organismo (King, 1995; Salgado-Ugarte, *et al.*, 2005):

$$\text{IGS} = (\text{Peso de la gónada (g)} / \text{Peso total (PT)}) * 100$$

Por su parte el índice hepatosomático (IHS) está relacionado al IGS ya que brinda inferencia del estado de desarrollo del hígado indicando el almacenamiento de ácidos grasos durante ciertas etapas de vida de los peces.

$$\text{IHS} = (\text{Peso del hígado (g)} / \text{Peso total (g)}) * 100$$

La forma más sencilla de conocer el estado corporal de un pez es mediante el análisis del factor de condición (FC) que está basado en la relación que guarda el peso con respecto a la talla del organismo y brinda información acerca del estado fisiológico, características fenotípicas y de fases reproductivas (Rodríguez, 1992). En este trabajo se utilizó el factor de condición de Fulton (Ricker, 1975) por considerar el peso total:

$$\text{FC} = (\text{Peso total (PT)} / \text{Longitud total}^3 \text{ (cm)}) * 100$$

7.3.5 PRECIPITACIÓN PLUVIAL Y TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR

Se proporcionaron datos de temperatura superficial del agua próxima al área de estudio por el departamento de hidrografía de la Secretaría de Marina (SEMAR), para conocer la variación espacio-temporal de este parámetro se realizaron mapas de contornos mensuales con isolíneas de temperatura mediante el uso del paquete Golden Software Surfer® versión 8. Se consideraron los valores promedio entre los meses del 2005 y parte del 2006 de la estación más alejada del sistema de bahías Santiago-Manzanillo para identificar periodos con temperaturas diferentes.

Los datos de precipitación pluvial proporcionados por el CRIP-Manzanillo (INAPESCA) se graficaron a nivel mensual con la finalidad de conocer su variación y relacionarlos con los cambios biológicos mensuales que presentó la especie referente a los índices biológicos.



VIII. RESULTADOS

8.1 ANÁLISIS BIOMÉTRICO

Estructura de tallas de la población

En la tabla 8.1.1, se muestran los valores mínimos, máximos y promedios en longitud y peso de los organismos, se observa que el intervalo de tallas comprendió de los 125 a los 430 mm de longitud total y un peso de los 24 a los 1177.06 g.

Tabla 8.1.1 Valores mínimos, máximos y promedios considerados en la biometría de los organismos a nivel global.
n= 1050 organismos.

Medida	Longitud Patrón (mm)	Longitud Total (mm)	Altura máxima (mm)	Peso eviscerado (g)	Peso Total (g)
Mínimo	904.0	125.0	34.0	20	24
Máximo	335.0	430.0	140.0	1038	1177.06
Promedio	223.6	301.7	83.80	323.62	366.82

En la figura 8-1 se observa el intervalo de tallas de las sarangolas colectadas a partir de la muestra de la captura comercial, es importante mencionar que el intervalo de tallas sobre el cual opera el arte de pesca comprende a organismos entre los 220 mm siendo los más pequeños, mientras que los más grandes alcanzan tallas de 430 mm. La talla promedio de los organismos capturados comercialmente corresponde a los 300 mm, es decir son sobre los cuales recae la pesquería y su frecuencia es mayor. Durante el muestreo biológico se capturaron organismos con tallas entre los 125 y los 150 mm de longitud total.

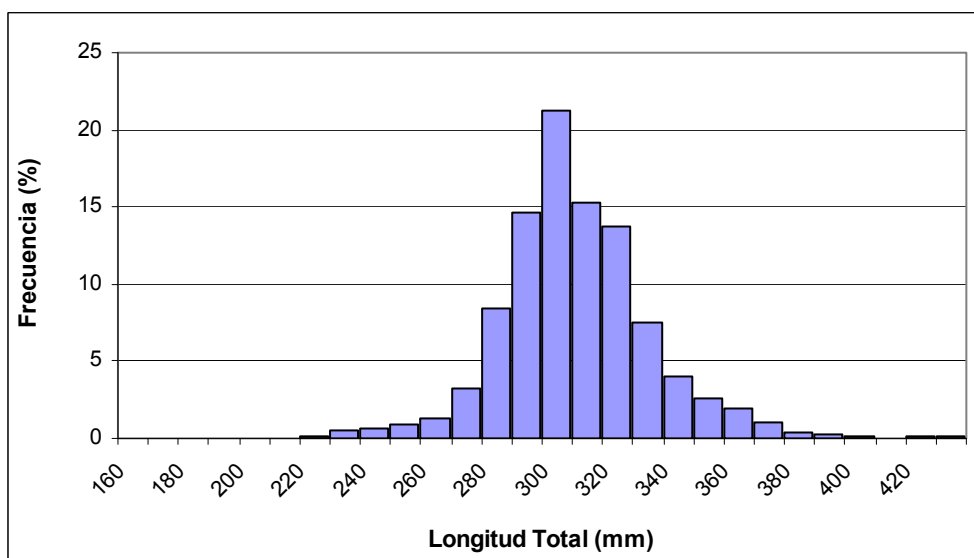


Figura 8-1. Estructura de tallas de la población de la sarangola procedente de la captura comercial en el periodo de enero del 2005 a junio del 2006.

En la tabla 8.1.2, se muestra la relación potencial entre la longitud total y la longitud patrón a nivel de la población de sarangola, por sexos separados y para organismos que no se diferenciaron sexualmente. Se observa una gran proporcionalidad entre las variables dada por el valor de la pendiente con tendencia a 1,



reflejándose más esta condición a nivel especie y en el caso de los organismos indeterminados. Los valores correspondientes a las pendientes de las hembras y los machos presentaron una tendencia a 1, sin embargo, estadísticamente no mostraron diferencias significativas con respecto a este valor de acuerdo con la prueba t-Student para la pendiente ($p < 0.05$), en la que se plantearon como hipótesis:

$$H_0: \beta_1 = 1$$

$$H_a: \beta_1 \neq 1$$

Tabla 8.1.2. Valores de la longitud total y la longitud patrón a nivel de especie, hembra, machos e indeterminados

	Especie	Hembras	Machos	Indeterminados
a	0.746	1.358	1.149	0.758
b	1.000	0.895	0.924	0.995
r²	0.962	0.747	0.764	0.997
t calculada		-0.37	-0.34	-0.004
t tablas t_{0.95}		1.98	1.97	2.04
Decisión		Se acepta H ₀	Se acepta H ₀	Se acepta H ₀
n	1050	236	213	31

En la tabla 8.1.3, se muestra la relación entre la longitud total y la altura máxima de los organismos, en la que se observa que el valor de la pendiente a nivel especie e indeterminados describió una alta proporcionalidad entre las variables ya que el valor de sus pendientes fue de 1, es decir, los organismos tendieron a crecer en longitud y en altura en proporción directa. Es importante subrayar que los valores de las pendientes en las tres mediciones lineales (Longitud total y estándar, y altura máxima) no mostraron diferencias significativas según la prueba t-Student. Aunque los valores para sexos separados fueron más bajos, no se mostró un crecimiento desigual entre las diferentes categorías.

Tabla 8.1.3. Relación longitud total (Lt) y altura máxima (Am) en la población de sarangola a nivel de especie, hembras, machos e indeterminados.

	Especie	Hembras	Machos	Indeterminados
a	0.230	0.426	0.406	0.228
b	1.042	0.933	0.941	1.045
r²	0.691	0.727	0.695	0.989
t calculada	0.132	-0.24	-0.268	0.038
t tablas t_{0.95}	1.96	1.98	1.97	2.04
Decisión	Se acepta H ₀	Se acepta H ₀	Se acepta H ₀	Se acepta H ₀
n	1050	236	213	31

La relación entre la longitud total y el peso total se presenta en la tabla 8.1.4, se observa que en la población y en los organismos indeterminados se presentó un crecimiento isométrico ($b=3$) y por sexos la tendencia es a la isometría, lo cual se corroboró con la prueba t-Student mediante el planteamiento de las hipótesis:

$$H_0: \beta_1 = 3$$

$$H_a: \beta_1 \neq 3$$

La prueba estadística indica que no hay diferencias significativas entre las pendientes para ambos sexos, por lo que se afirma la proporcionalidad directa entre la talla y el peso de los organismos.



Tabla 8.1.4. Relación longitud total (Lt) y peso total (Pt) en la población de sarangola a nivel de especie, hembras, machos e indeterminados.

	Especie	Hembras	Machos	Indeterminados
a	0.000011	0.00013	0.000037	0.0000084
b	3.042	2.608	2.837	3.085
r²	0.9798	0.821	0.912	0.994
t	0.132	-1.40	-0.74	0.073
t tablas t_{0.95}	1.96	1.98	1.97	2.04
Decisión	Se acepta Ho	Se acepta Ho	Se acepta Ho	Se acepta Ho
n	1050	236	213	31

Respecto a la relación entre la longitud total y el peso eviscerado, los valores de la regresión potencial se presentan en la tabla 8.1.5, para la especie y organismos indeterminados se describe un crecimiento isométrico. En el caso de hembras y machos los valores de sus pendientes indicaron una alometría negativa, en la que se nota una diferencia en la proporción de las variables pues se presentó un mayor crecimiento dirigido a la longitud a diferencia del peso. Así también, lo anterior se comprobó con la prueba t-student confirmando el crecimiento alométrico negativo para ambos sexos.

Tabla 8.1.5. Relación longitud total (Lt) y peso eviscerado (Pe) en la población de sarangola a nivel de especie, hembras, machos e indeterminados.

	Especie	Hembras	Machos	Indeterminados
a	0.000016	0.000316	0.000358	0.00001
b	2.954	2.429	2.405	3.027
r²	0.997	0.810	0.896	0.993
t	-0.14	-2.04	-2.7	0.023
t tablas t_{0.95}	1.96	1.98	1.97	2.04
Decisión	Se acepta Ho	Se rechaza Ho	Se rechaza Ho	Se acepta Ho
n	1050	236	213	31



8.2 DETERMINACIÓN DE LA EDAD

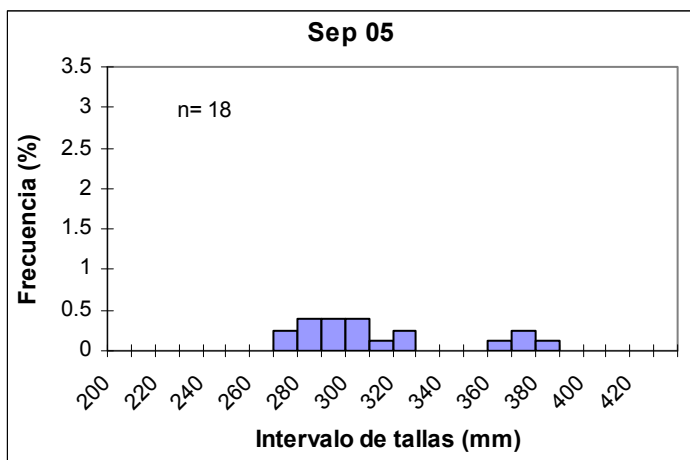
8.2.1 MÉTODOS INDIRECTOS

a) Método de Petersen (1892)

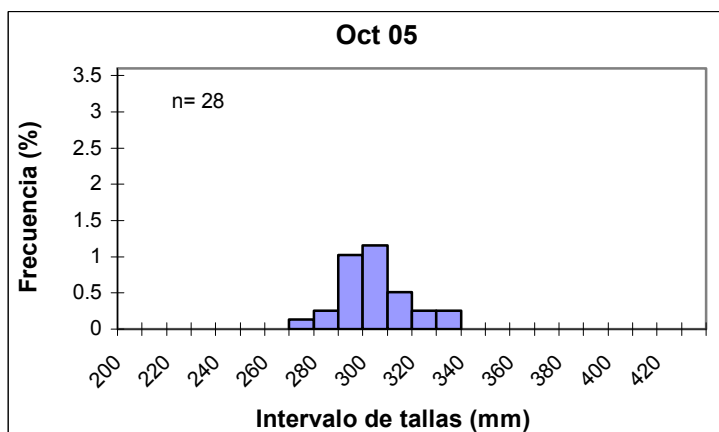
El tamaño del intervalo que se utilizó para la elaboración de los histogramas fue de 10 mm, de acuerdo a la expresión de Salgado (1992). Este método se efectuó en 671 organismos que provenían de la captura comercial.

Como se observa en la figura 8-2.1, los meses mejor representados por la presencia de organismos de diversas tallas fueron: enero y el periodo comprendido entre marzo-abril (06), sin embargo, se seleccionó el mes de abril por presentar el espectro de tallas más amplio (al encontrarse a los organismos más pequeños y más grandes), lo cual indica que se incorporaron nuevos organismos a la pesquería con tallas de 220 mm de longitud total, por esta razón se considera al mes de abril como el mes de reclutamiento al arte. Con lo anterior se identificaron cuatro grupos modales para este mes.

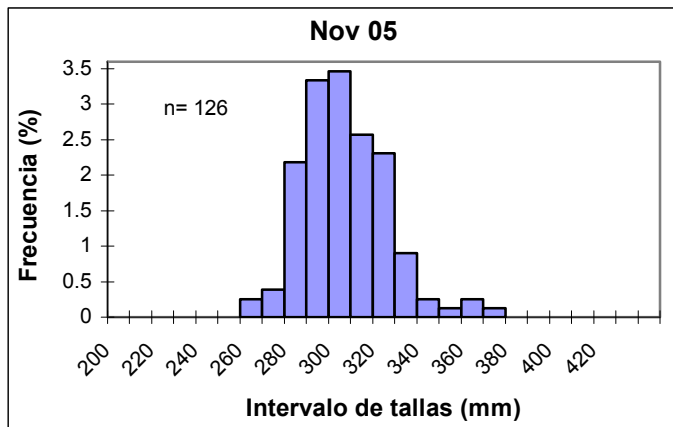
En la figura 8-2.1 se observan las modas que conforman a la población de sarangola mensualmente, cómo se desplazan a lo largo del tiempo y las tallas correspondientes a cada grupo modal.



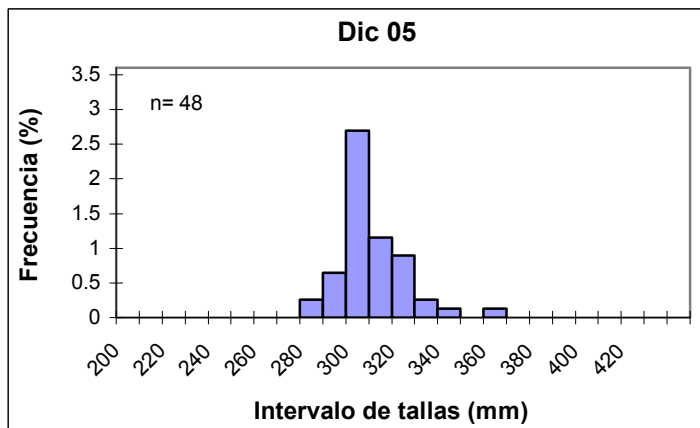
No. de moda	Talla (mm)
1	280
2	320
3	370



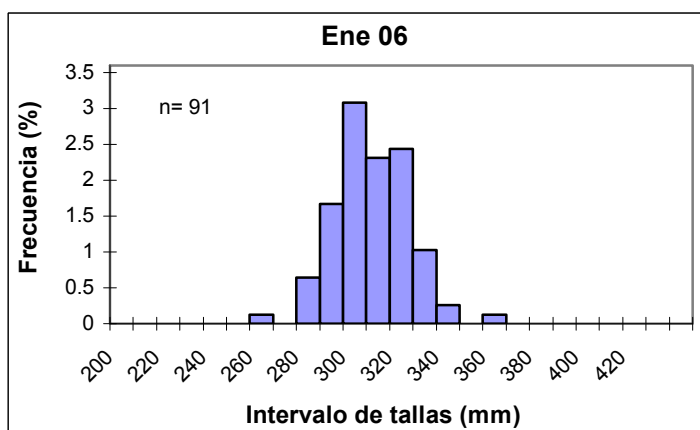
No. de moda	Talla (mm)
1	300



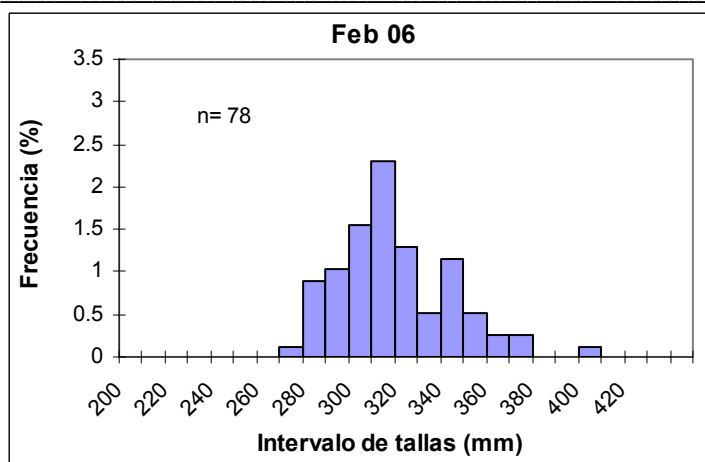
No. de moda	Talla (mm)
1	300
2	360



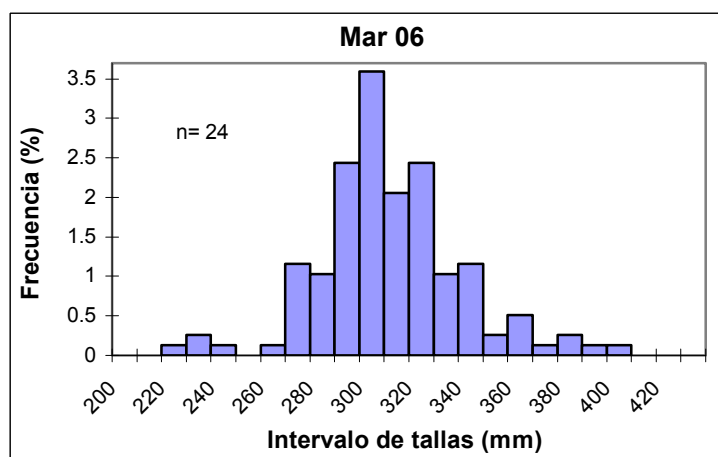
No. de moda	Talla (mm)
1	300
2	360



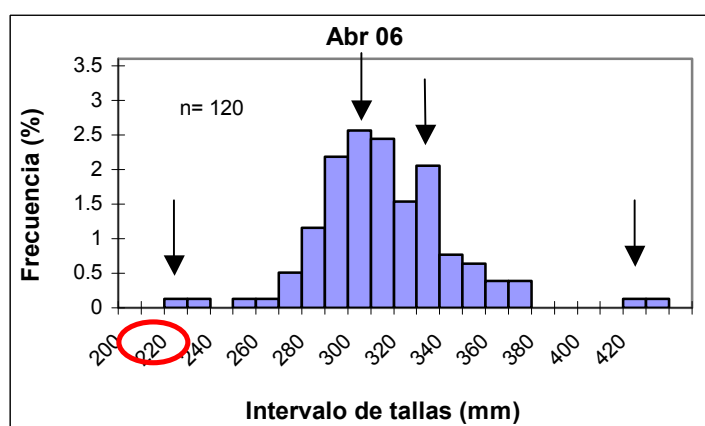
No. de moda	Talla (mm)
1	260
2	300
3	320
4	360



No. de moda	Talla (mm)
1	310
2	340
3	400

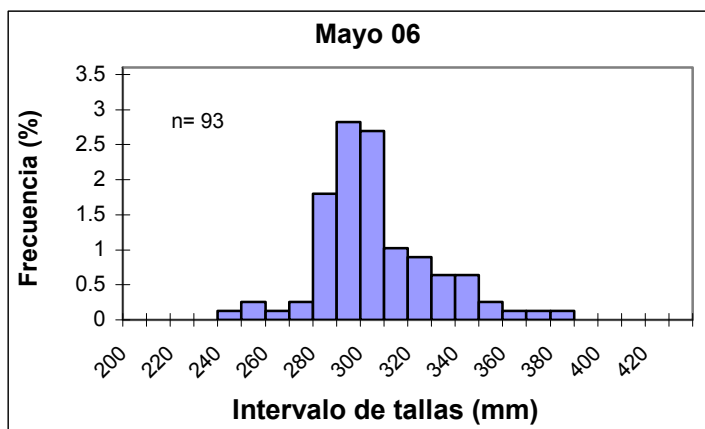


No. de moda	Talla (mm)
1	230
2	270
3	300
4	320
5	340
6	360
7	380

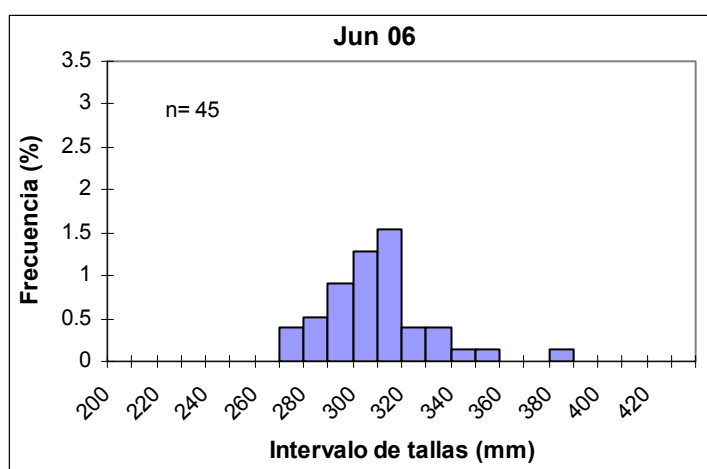


No. de moda	Talla (mm)
1	220
2	300
3	330
4	420

*El círculo rojo indica el reclutamiento detectado en este mes



No. de moda	Talla (mm)
1	250
2	290



No. de moda	Talla (mm)
1	310
2	380

Figura 8-2.1. Histograma de frecuencias de tallas mensual en el periodo comprendido de septiembre del 2005 a junio del 2006.

En la tabla 8.2.1 se muestran los grupos modales determinados por el método de Petersen y la talla correspondiente a cada uno de ellos para el mes de abril del 2006.

Tabla 8.2.1. Tallas correspondientes a cada moda obtenidas mediante el método de Petersen en el mes de abril del 2006.

	Abril 06
No. de moda	Talla (mm)
1	220
2	300
3	330
4	420

b) Estimadores de Densidad por Kernel

En la tabla 8.2.2 se presentan las amplitudes de banda del valor de la mitad del óptimo sugeridas por Silverman para cada mes.



Tabla 8.2.2. Amplitudes de banda óptimas propuestas por Silverman

Año	2005					2006				
Mes	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Mitad del óptimo de Silverman	0.84	0.235	0.25	0.235	0.24	0.445	0.385	0.51	0.335	0.31

Con la selección de las amplitudes de banda para cada mes, se generaron los estimadores de densidad por kernel gaussiano (EDK), que posteriormente fueron transformados en frecuencias suavizadas y se obtuvieron distribuciones multimodales.

En la figura 8-2.2 se presentan los EDK's mensuales, como se muestra, el número de modas fue variable en cada mes. Es importante aclarar que se consideraron a los organismos provenientes de la captura comercial, razón por la cual el intervalo de tallas de organismos fue de 220 a 430 mm de longitud total.

El mes de septiembre presentó el menor número de modas (4), mientras que los meses con el mayor número de modas fueron: noviembre representado con 12 y, enero, marzo y mayo con 10 modas.

Así también se observa que en todos los meses de muestreo se denota una moda principal alrededor de los 290 y 300 mm, lo cual indica una mayor abundancia de organismos de estas tallas en las capturas.

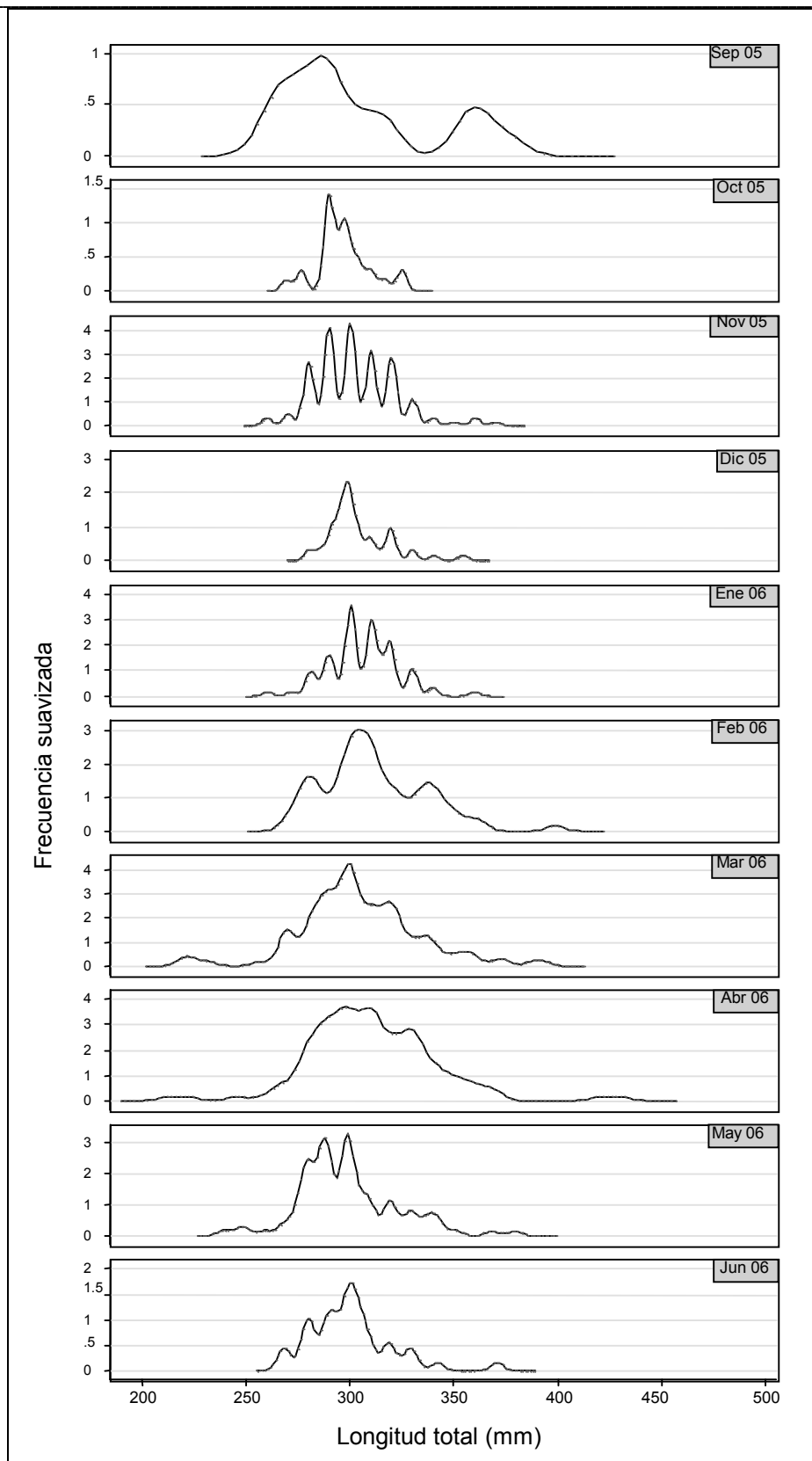
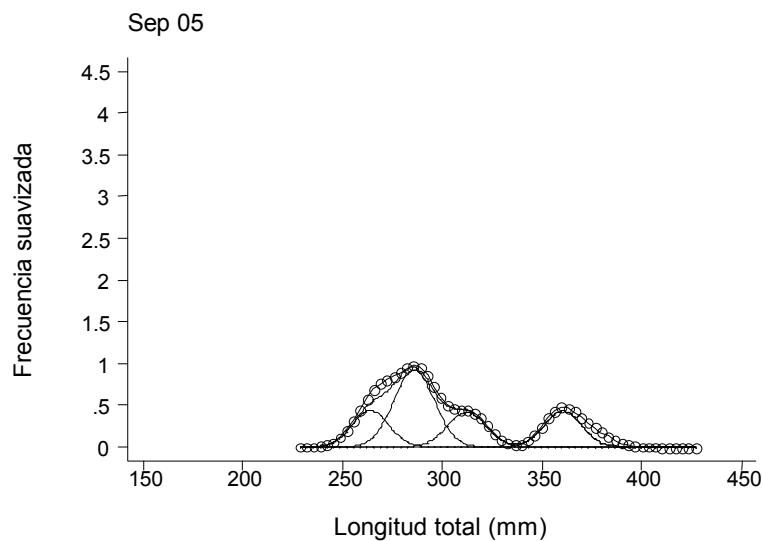


Figura 8-2.2. Estimadores de densidad por kernel (EDK's) a nivel mensual.

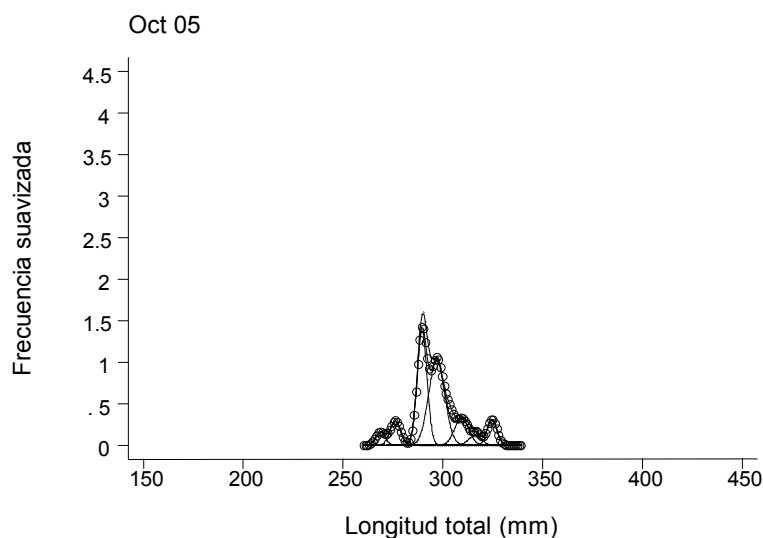
Los estimadores de densidad por kernel se aplicaron conjuntamente con una versión computarizada del método de Bhattacharya (1967) para la identificación y caracterización de componentes gaussianos (las



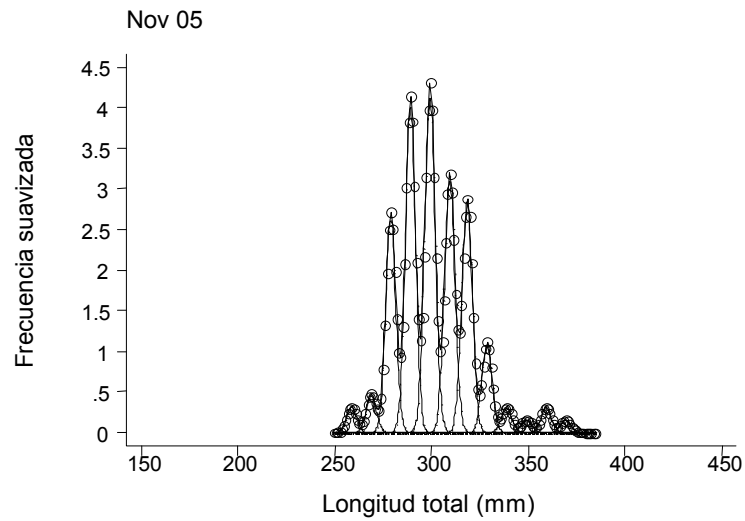
modas) en distribuciones mezcladas. Al generar cada componente gaussiano se determinó la talla para cada moda en las distribuciones correspondientes a cada mes (Fig. 8-2.3). Al igual que en el método de Petersen (1892), se seleccionó el mes de abril por contener a la muestra más representativa de la población con la finalidad de comparar entre los métodos, por esta razón, al obtener el EDK de abril se anexa enseguida en la figura 8-2.3a el gráfico de Bhattacharya para las frecuencias suavizadas de dicho mes, donde se exhiben a los 7 componentes gaussianos determinados por segmentos lineales con pendiente negativa mismos que proporcionan la media y desviación estándar de cada componente.



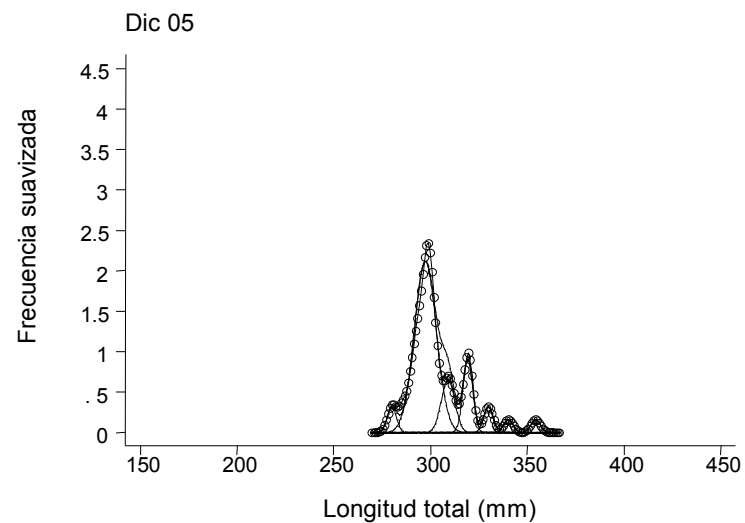
No. de moda	Talla (mm)	Desv. estándar
1	264	0.916
2	286	1.015
3	312	0.97
4	360	0.926



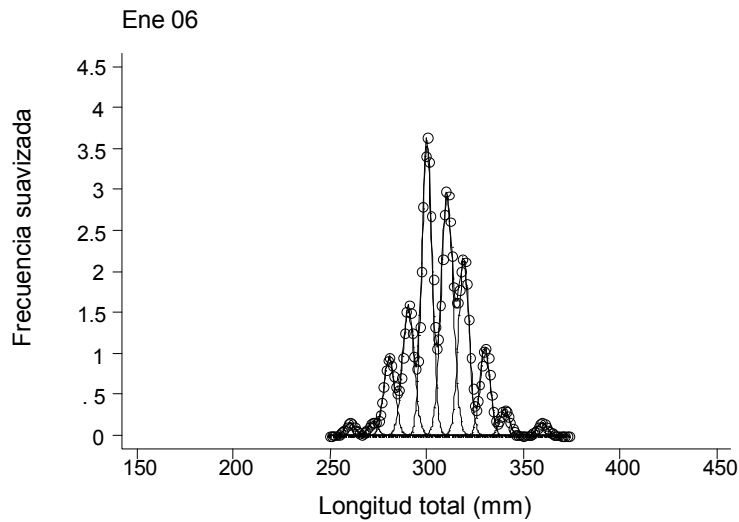
No. de moda	Talla (mm)	Desv. estándar
1	269	0.235
2	276	0.259
3	290	0.241
4	297	0.401
5	309	0.349
6	316	0.319
7	325	0.240



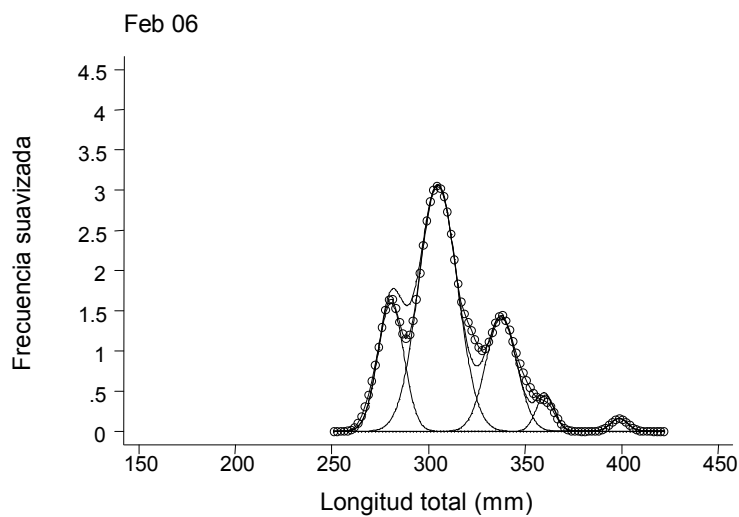
No. de moda	Talla (mm)	Desv. estándar
1	259	0.254
2	269	0.264
3	279	0.258
4	289	0.258
5	299	0.275
6	309	0.27
7	318	0.27
8	329	0.258
9	339	0.267
10	349	0.26
11	359	0.257
12	369	0.254



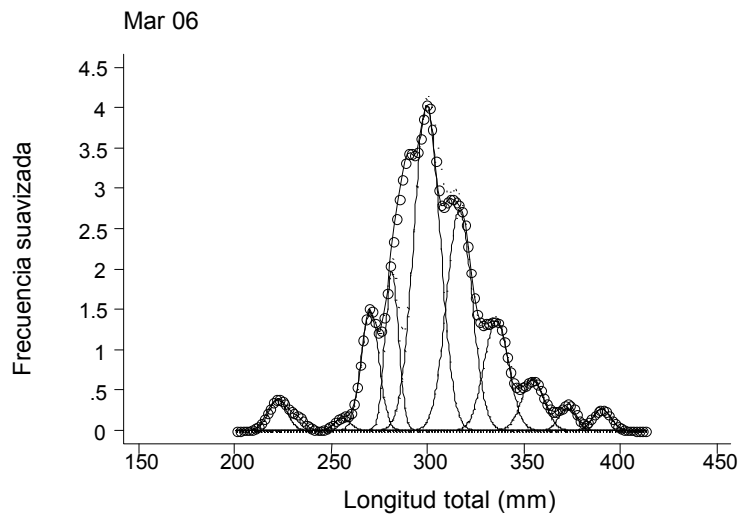
No. de moda	Talla (mm)	Desv. estándar
1	280	0.235
2	297	0.565
3	309	0.344
4	319	0.246
5	330	0.236
6	340	0.235
7	354	0.235



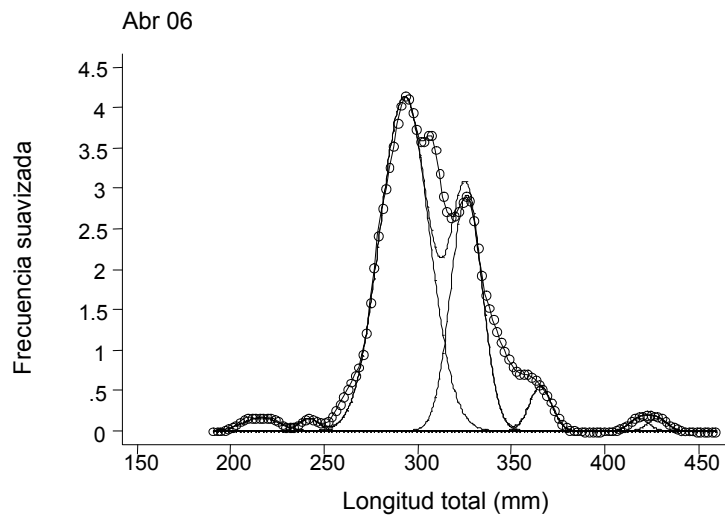
No. de moda	Talla (mm)	Desv. estándar
1	260	0.243
2	272	0.253
3	280	0.282
4	290	0.307
5	300	0.26
6	310	0.305
7	319	0.272
8	330	0.258
9	340	0.244
10	359	0.243



No. de moda	Talla (mm)	Desv. Estándar
1	280	0.666
2	305	0.995
3	337	0.803
4	360	0.471
5	399	0.445



No. de moda	Talla (mm)	Desv. Estándar
1	222	0.478
2	256	0.400
3	270	0.462
4	281	0.343
5	299	0.678
6	316	0.662
7	335	0.637
8	354	0.584
9	372	0.448
10	390	0.465



No. de moda	Talla (mm)	Desv. Estándar
1	216	0.972
2	242	0.538
3	293	1.301
4	326	0.84
5	365	0.587
6	418	0.515
7	428	0.518

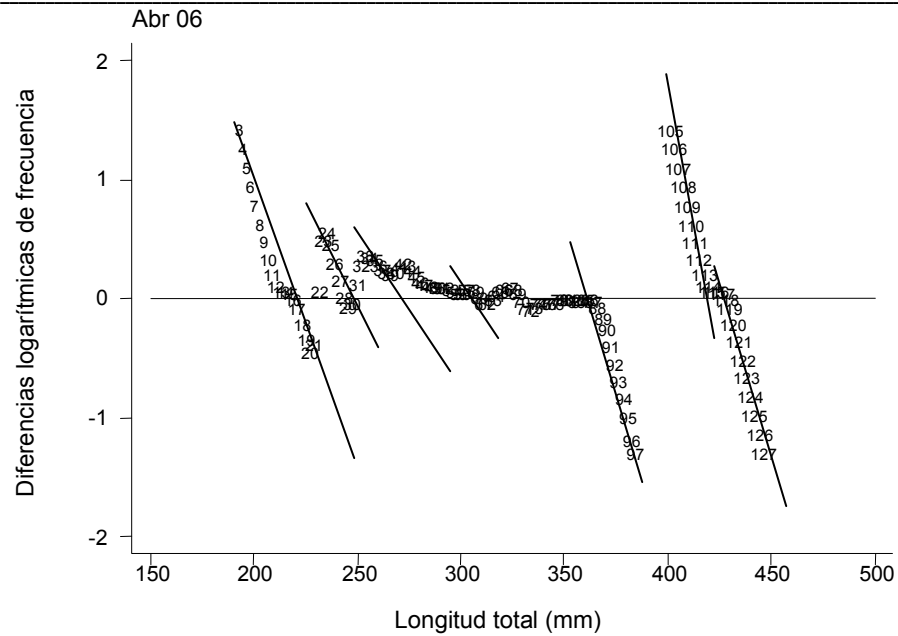
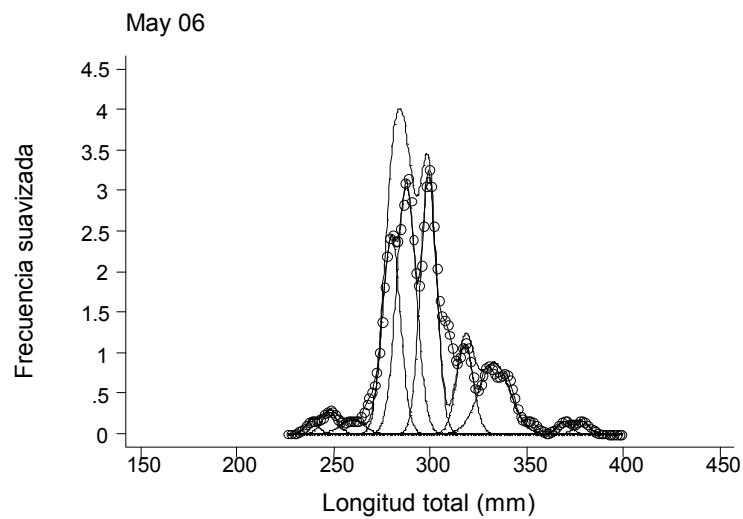


Figura 8-2.3a. Gráfico de Bhattacharya. Segmentos lineales representan las pendientes negativas consideradas para la talla a cada moda.



No. de moda	Talla (mm)	Desv. Estándar
1	238	0.337
2	248	0.410
3	259	0.603
4	280	0.458
5	287	0.510
6	299	0.423
7	318	0.443
8	333	0.795
9	369	0.349
10	378	0.340

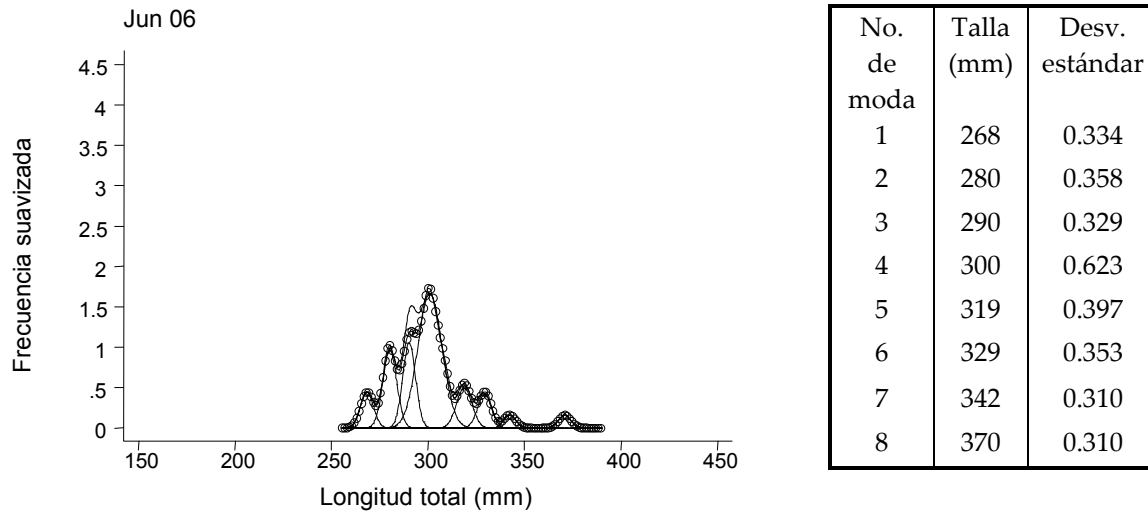


Figura 8-2.3. Estimadores de densidad por kernel y componentes gaussianos obtenidos del método de Bhattacharya a nivel mensual.

Al analizar los componentes gaussianos a partir del método de Bhattacharya (1967) para el mes de abril se observó que la primera moda estuvo representada por organismos con una talla de alrededor de 216 mm, mientras que la última moda para este mes que corresponde a la moda 7 estuvo formada por organismos de 428 mm de longitud total. Por su parte el grueso de la población estuvo conformado por organismos que pertenecen a las modas 3, 4 y 5 que registran tallas entre los 293, 326 y 365 mm, respectivamente.

Comparación entre los métodos indirectos

La diferencia más notable entre los métodos indirectos es la variación del número de grupos modales detectados. El método de Petersen (1892) identificó menor cantidad de modas en los meses de muestreo, en el mes de octubre registró una moda y para el mes de marzo indicó el mayor número de modas con 7. En contraste, los EDK's en conjunto con el Bhattacharya (1967) identificaron al menos 4 modas en el mes de septiembre y hasta 12 modas en noviembre.

Para llevar a cabo la comparación entre el método de Petersen (1892) y Estimadores de Densidad (EDK's) (1956) junto con el Bhattacharya (1967), se determinaron las tallas correspondientes a cada grupo modal en el mes de abril (2006) y se presentan en la tabla 8.2.3.

Nuevamente en este caso se observa que los EDK's y el Bhattacharya estimaron mayor número de grupos modales para el mes de abril al detectar 7 modas, mientras que los histogramas de Petersen no reflejaron a



todos los grupos modales pues sólo indica la presencia de 4 modas que componen a la población. Sin embargo, se observa una similitud en las tallas determinadas para cada grupo. Así también es importante aclarar que la diferencia en la identificación de las modas radica en parte en que las clases de tallas más pequeñas y las más grandes están integradas por pocos individuos, es decir, el tamaño de la muestra es pequeño, razón por la cual estos grupos de edad no están bien representados.

Tabla 8.2.3. Valoración de los métodos indirectos empleados en el mes de abril (06).

No. de moda	Método de Petersen (mm)	Estimadores de Densidad (EDK's) y Bhattacharya (mm)
1	220	216
2		242
3	300	293
4	330	326
5		365
6	420	418
7		428

8.2.2 MÉTODOS DIRECTOS

Escamas

a) Descripción de la escama

Las escamas de la sarangola son de tipo ctenoide, firmes y de forma ligeramente cuadrangular. La parte posterior presenta ctenii o dientes y corresponde a la parte expuesta de la escama, mientras que el borde anterior es la parte que se encuentra protegida en la epidermis y presenta pequeños lóbulos delimitados por una serie de radios que convergen en el foco. Los radios oscilaron entre 7 y 12. Las escamas presentaron un foco bien definido ligeramente desplazado al borde posterior. Los anillos de crecimiento se identificaron como líneas dobles continuas y concéntricas, una línea translúcida bordeada en ambos lados por una opaca. Al momento de analizar la escama en general, los anillos de crecimiento aparentaron ser escamas de tamaño gradual (de pequeñas a grandes) que se sobrelapaban una tras otra hasta conformar toda la escama (Fig. 8-2.4). Se apreció una disminución en la distancia entre anillo y anillo de crecimiento.

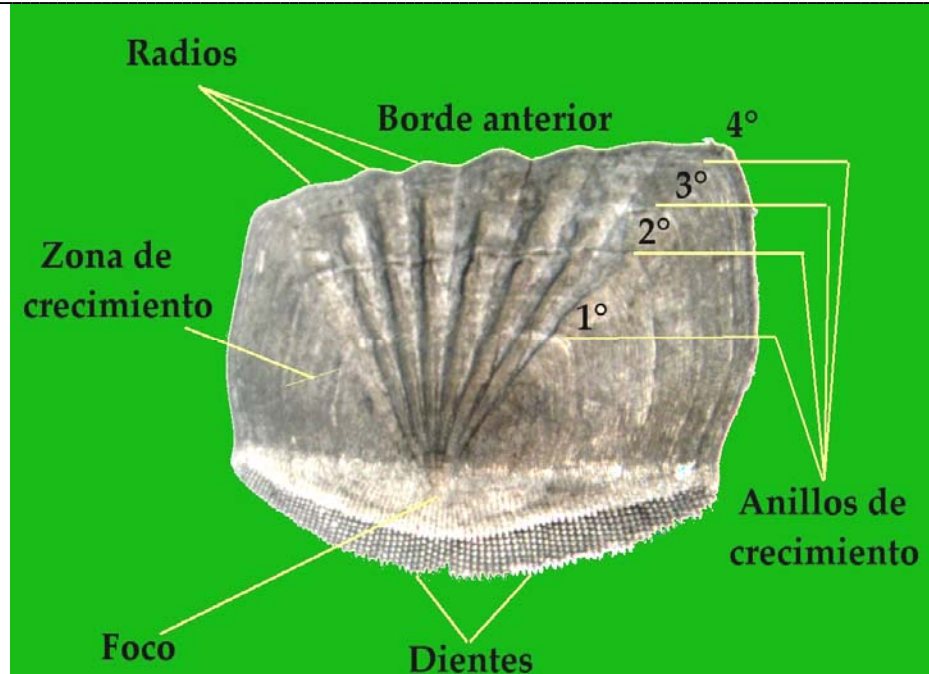


Figura 8-2.4. Esquema general de las escamas de la sarangola *Microlepidotus brevipinnis*.

b) Crecimiento de la escama

En la figura 8-2.5, se observa la relación entre el largo y el ancho de la escama indicando que crecen de manera diferencial ($b=0.85$) en la que se da un mayor crecimiento en longitud que en el ancho de la escama, razón por la cual mantienen una forma ligeramente cuadrangular.

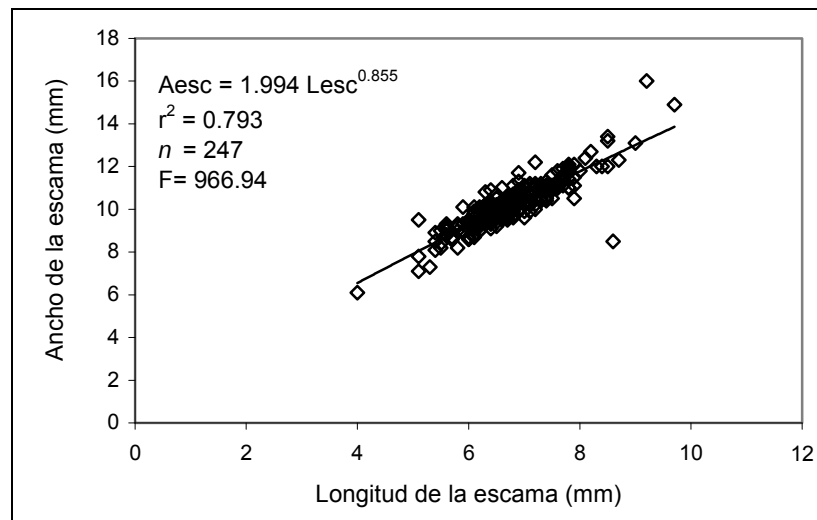


Figura 8-2.5. Relación entre la longitud y el ancho de la escama.

Aesc= ancho de la escama Lesc= longitud de la escama

Para conocer si la escama es una estructura que refleja el crecimiento del organismo de manera proporcional, al aplicar la regresión potencial se obtuvo un valor alométrico de $b=0.97$ (Fig. 8-2.6), y de acuerdo con la



prueba estadística t-Student no hay diferencia significativa entre este valor de la pendiente y 1. El valor de tablas: $t_{0.05(246)/2} = 1.96$ y el valor calculado $t = -0.144$ indican que se acepta H_0 , donde $b=1$. Lo anterior expresa una tendencia a la isometría en la que las dos variables cambian de manera directamente proporcional, reflejando así la confiabilidad del uso de las escamas en la determinación de la edad.

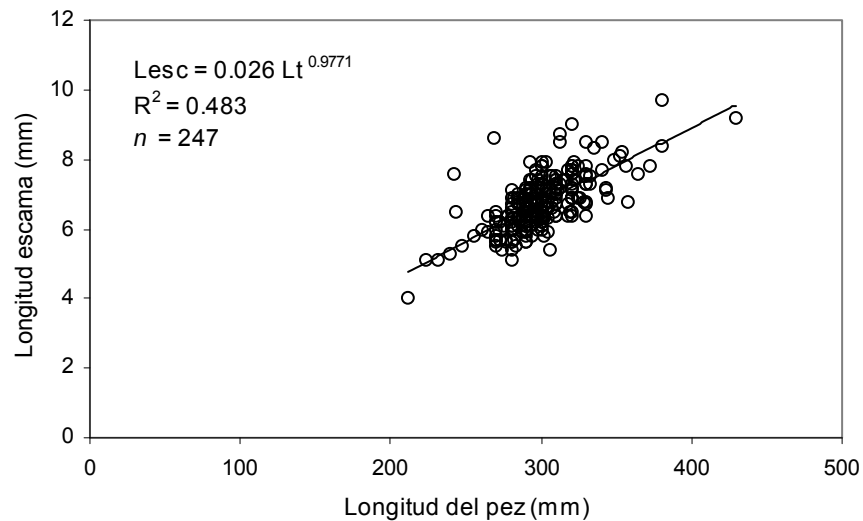


Figura 8-2.6. Relación entre la longitud total del pez con respecto a la longitud de la escama.
Lt= longitud total Lesc= Longitud o largo de la escama

Con los valores de las ecuaciones en las relaciones entre el crecimiento de la escama y el crecimiento somático del organismo, en la tabla 8.2.4, se muestra el tamaño de la escama en longitud y ancho con respecto a la talla del organismo.



Tabla 8.2.4. Longitud y ancho de la escama con respecto al tamaño en longitud de la sarangola.

Longitud total (mm)	Longitud de la escama (mm)	Ancho de la escama (mm)
60	1.41	2.69
80	1.88	3.42
100	2.34	4.12
120	2.79	4.80
140	3.25	5.46
160	3.70	6.11
180	4.15	6.74
200	4.60	7.36
220	5.05	7.97
240	5.50	8.57
260	5.95	9.16
280	6.40	9.75
300	6.84	10.32
320	7.29	10.90
340	7.73	11.46
360	8.17	12.02
380	8.62	12.58
400	9.06	13.13
420	9.50	13.67
440	9.95	14.22
460	10.38	14.75

c) Identificación de anillos de crecimiento

Se analizaron 286 escamas, de las cuales el 85% fueron legibles e idóneas para las mediciones y las lecturas, sin embargo el 15% restante correspondió a escamas regeneradas por lo que se desecharon, así también las escamas de 14 organismos se eliminaron como resultado del desacuerdo de las lecturas entre los lectores. Se observaron de 1 a 13 anillos de crecimiento. Por otra parte la distancia entre anillo y anillo disminuyó a partir del foco. En la tabla 8.2.5 se presenta por clases de talla, la frecuencia de los organismos por el número de anillos formados en sus escamas.

Nota: La N= 1921 se refiere al número acumulado de la frecuencia de organismos para cada edad, no corresponde al número de organismos analizados.



Tabla 8.2.5. Distribución de la edad-longitud a partir de escamas de la sarangola *Microlepidotus brevipinnis*.

Longitud (mm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	n	%
0														0	0.00
20	35	2												37	1.93
40	9	35	8	1										53	2.76
60	86	3	4	1										94	4.89
80	142	14												156	8.12
100	14	82	7											103	5.36
120		106	16	3										125	6.51
140		40	75	4	1									120	6.25
160		2	90	35	3	1								131	6.82
180			53	72	12	3	1							141	7.34
200			7	74	52	4	2	1						140	7.29
220				48	67	24	1	1						141	7.34
240				12	70	60	19	2	2					165	8.59
260					26	76	39	13	1	1				156	8.12
280					6	53	74	26	8	2	2			171	8.90
300					2	4	39	41	16	4	1	2	1	110	5.73
320						1	1	14	19	11	2		1	49	2.55
340							1	3	5	5	4			18	0.94
360										3	2	2		7	0.36
380											1		1	2	0.10
400												1		1	0.05
420													1	1	0.05
N	286	284	260	250	239	226	177	101	51	26	12	5	4	1921	100

Mediante la lectura de escamas se determinaron 13 grupos de edad para la población. Es importante destacar que la diferenciación sexual entre hembras y machos se detectó a partir del grupo de edad 4 (tabla 8.2.6), los organismos más jóvenes aún no se diferenciaban sexualmente. Mientras que los organismos más viejos (grupos de edad 12 y 13) no se sexaron debido a que al momento de llegar a la playa estos peces llegaban eviscerados.



Tabla 8.2.6. Tallas correspondientes a cada grupo de edad mediante lectura de escamas.

ESCAMAS			
Grupo de edad (No de anillos)	Población Longitud total (mm)	Hembras Longitud total (mm)	Machos Longitud total (mm)
1	125.00		
2	138.80		
3	220.00	220.00	220.00
4	243.80	231.33	252.40
5	281.50	283.33	281.00
6	285.60	286.26	285.32
7	295.20	294.30	296.26
8	307.10	308.08	306.41
9	315.60	311.77	319.38
10	331.10	333.00	328.33
11	346.40	346.50	346.33
12	354.00		
13	360.50		

En la figura 8-2.7, se muestran los valores mínimos, máximos y mediana de la longitud total de los organismos por el número de anillos presentes en las escamas a nivel de la población.

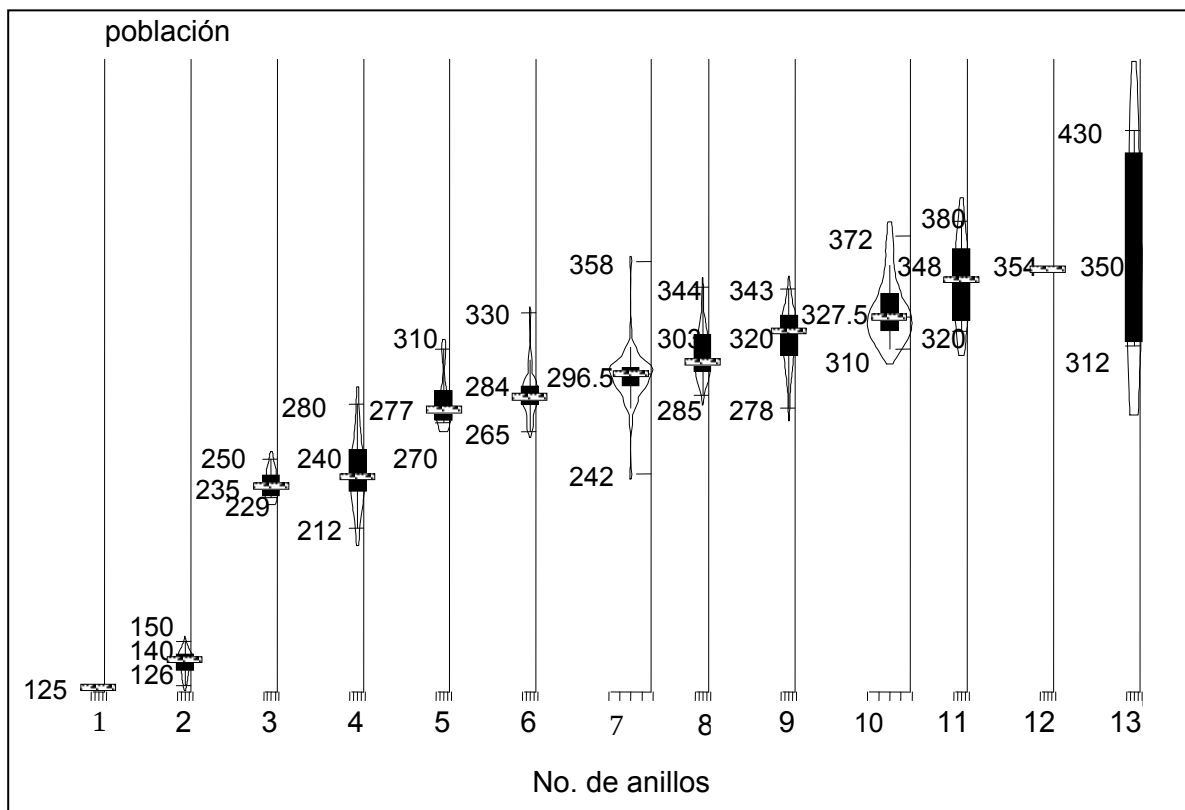
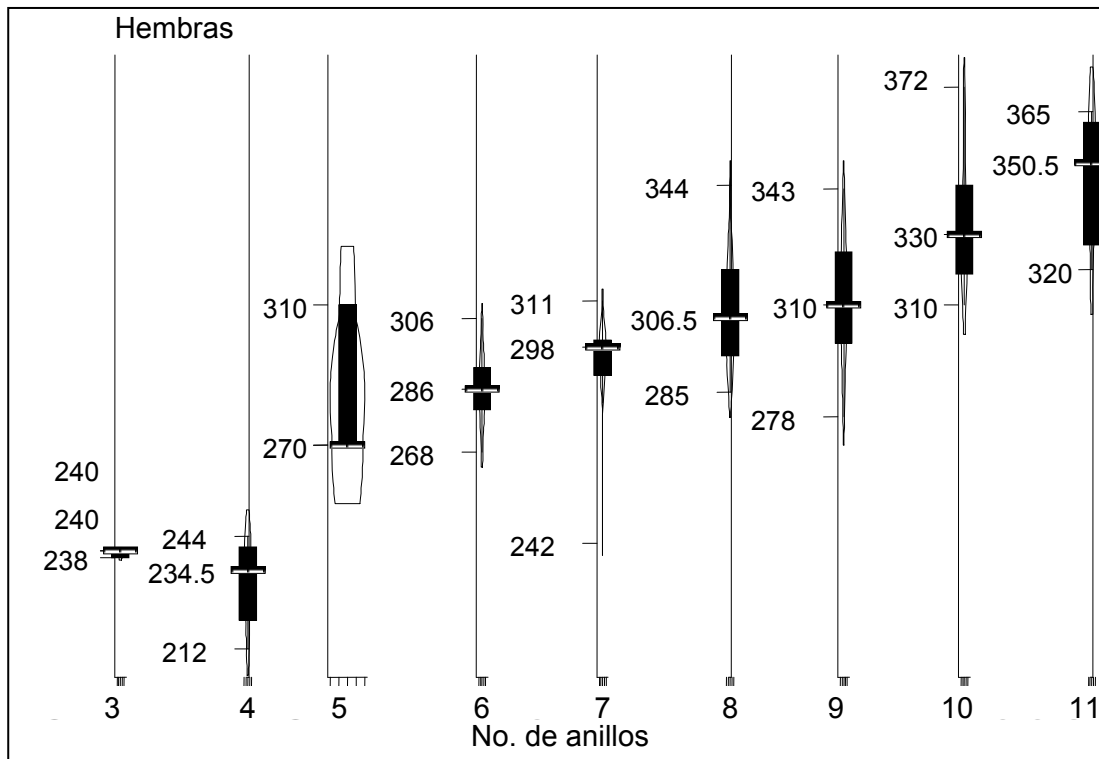


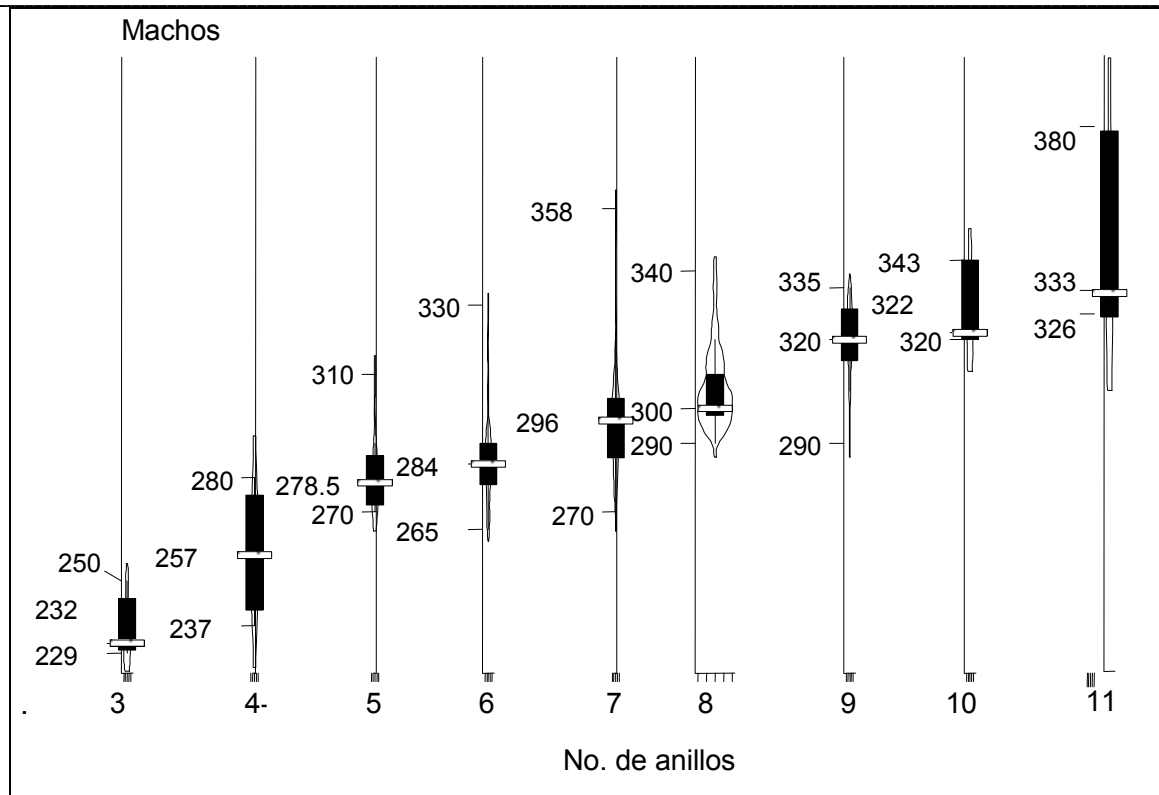
Figura 8-2.7. Longitudes mínimas, máximas y medianas para escamas con 1 a 12 anillos de crecimiento. El valor inferior en cada grupo indica el mínimo, el del centro representa a la mediana y el superior el valor máximo.



Al analizar a la población por sexos separados, se observa claramente que ambos grupos presentan la misma cantidad de anillos de crecimiento en sus escamas al identificarse de 3 a 11, destacando una mayor concentración de organismos que presentaron en sus escamas de 6 a 9 anillos de crecimiento (Fig. 8-2.8).



A)



B)

Figura 8-2.8. Gráfica de violines representando longitudes mínimas, máximas y medianas por número de anillos de crecimiento en escamas para A) hembras y B) machos.

d) Periodicidad de anillos de crecimiento

Los valores se agruparon mensualmente y en la figura 8-2.9 se presenta el análisis del incremento marginal representada por una gráfica de caja y bigotes, la línea que atraviesa a la caja representa el valor de la mediana, mientras que los bigotes superior e inferior indican los valores adyacentes dentro de las cotas superior e inferior respectivamente. Se observa que hay una mayor dispersión de los datos en los meses comprendidos de marzo a junio, por su parte, los valores de la mediana que indicaron un menor incremento marginal correspondieron a los meses de febrero, marzo y junio del 2006. Los meses que presentaron un mayor incremento marginal fueron octubre y diciembre del 2005 y mayo del 2006. Se consideró la tendencia de los valores de la mediana determinando que el menor valor del incremento marginal indicó la formación reciente del anillo, por lo anterior se considera la formación anual de los anillos de crecimiento de la sarangola *Microlepidotus brevipinnis* en el mes de junio.

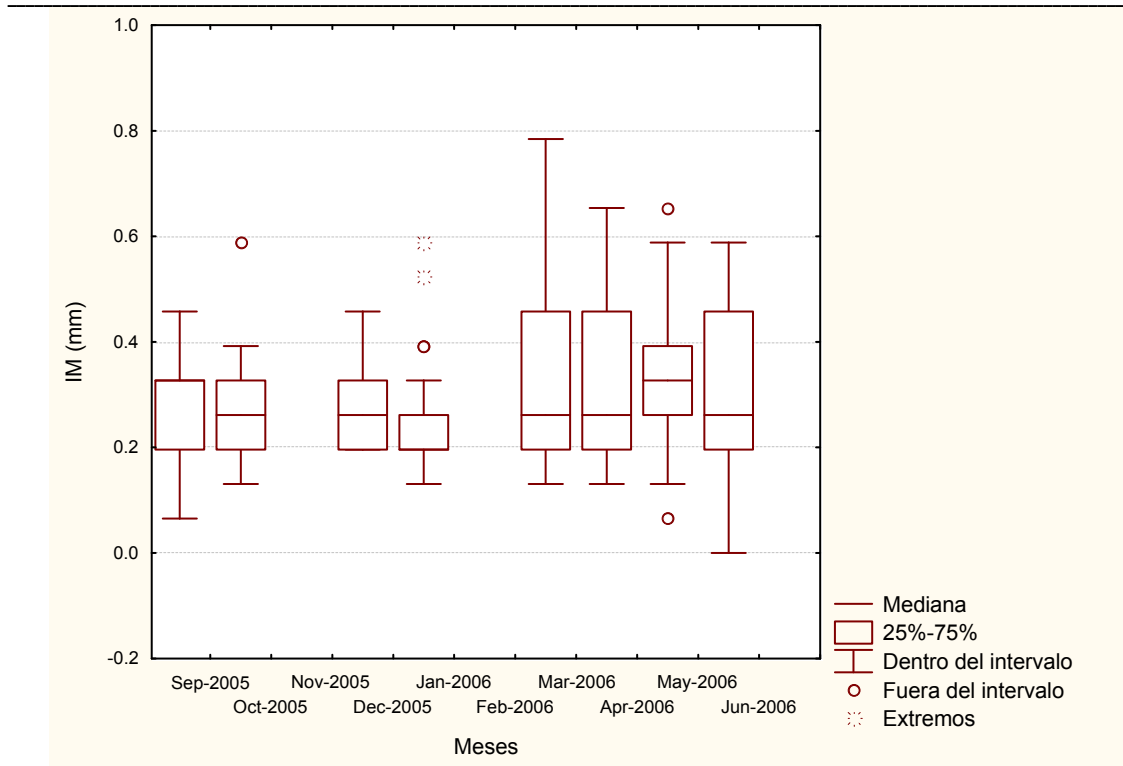


Figura 8-2.9. Análisis de Incremento Marginal (IM) en las escamas de la sarangola.

Otolitos (sagittae)

a) Descripción de la sagitta

En este trabajo se estudiaron las sagittae de la sarangola, la sagitta más pequeña midió alrededor de 4.8 mm y la más grande alcanzó los 10.3 mm. Morfológicamente son estructuras ovaladas, por lo que la parte central es la más ancha. Las sagittae presentan dos caras, la cara interna se caracterizó por la presencia de un espacio tubular que recorre el largo de la estructura y corresponde al canal acústico, mientras que la cara externa es la parte cóncava de la estructura. En la sagitta se observó en la parte anterior al rostrum, definido por su forma redondeada y separado del antirostrum por una excisura mayor (la cual varió de un espécimen al otro) pues en algunos casos el rostrum creció hacia el margen dorsal y se fusionó con el antirostrum, lo que ocasionó que en ciertos casos la presencia de esta excisura no fuera muy notoria. El núcleo se encontró en la parte central de la estructura y presentó una coloración oscura. Por su parte los anillos de crecimiento se caracterizaron como una banda opaca y una hialina que se formaron de manera excéntrica alrededor del núcleo (Fig. 8-2.10).

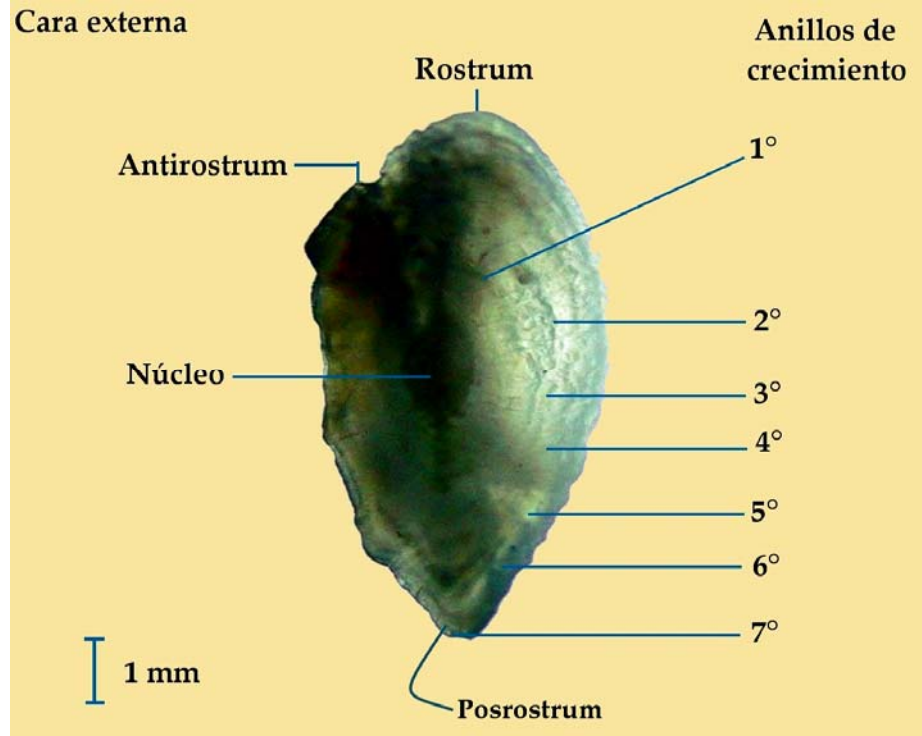


Figura 8-2.10. Esquema general de las sagittae de la sarangola *Microlepidotus brevipinnis*.

b) Crecimiento del otolito

En la relación entre la longitud del rostrum y la longitud del antirostrum (Fig. 8-2.11) se observa que hubo una proporcionalidad directa en el crecimiento de estas variables, representado por el valor de la pendiente $b=1$ que corresponde a un crecimiento isométrico.

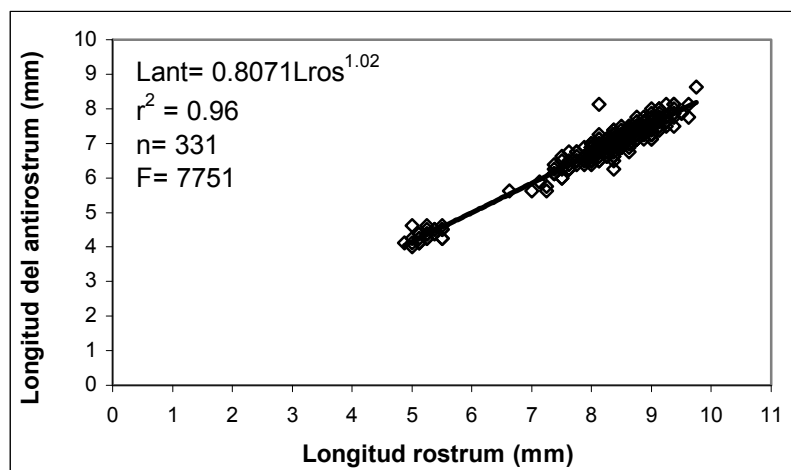


Figura 8-2.11. Relación entre la longitud del rostrum y el antirostrum de la sagitta.
Lros= Longitud del rostrum Lant= Longitud del antirostrum.

En la relación entre el largo y el ancho (Fig. 8-2.12), se obtuvo un valor de la pendiente de $b= 0.63$ que



corresponde a un crecimiento alométrico negativo, lo que revela que el crecimiento en ancho es menor al crecimiento en longitud de la sagitta.

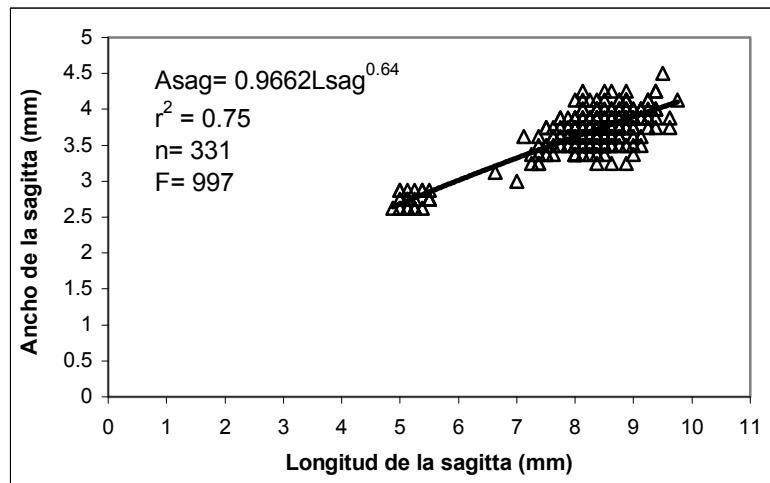


Figura 8-2.12. Relación entre la longitud y el ancho de la sagitta.
Asag= ancho de la sagitta Lsag= longitud de la sagitta.

La regresión entre la longitud de las sagittae y la talla del pez mostró un valor alométrico de $b=0.6$ (Fig. 8-2.13), sin embargo los valores altos de F y el coeficiente de determinación ($r^2=0.9$) indican que si existe una proporcionalidad entre dichas variables. Por esta razón, la sagitta es una estructura que refleja el crecimiento del organismo, por lo que es adecuada para realizar la determinación de la edad.

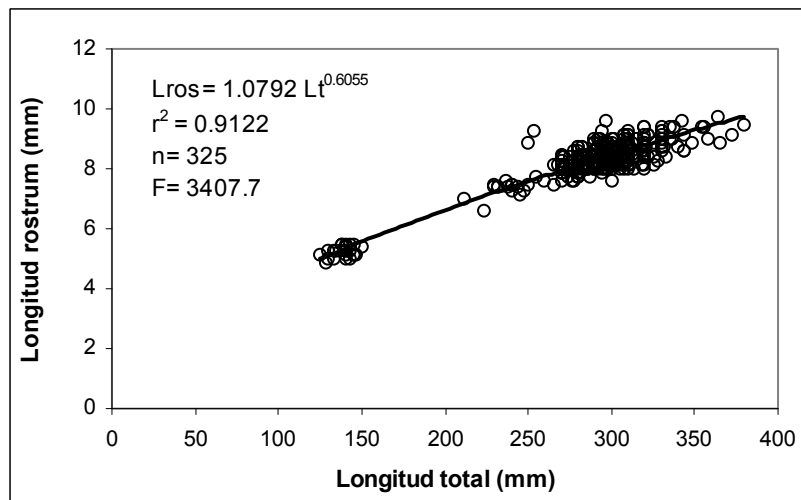


Figura 8-2.13. Relación entre la longitud total del pez con respecto a la longitud de la sagitta.
Lt= longitud total Lros= Longitud del rostrum (longitud de la sagitta).

En la figura 8-2.14, se muestra la relación entre la longitud del antirostrum con respecto a la longitud del pez, igualmente que el caso anterior el valor de la pendiente fue de $b=0.6$ pero el valor de F (2249.6) indicó una



proporcionalidad entre dichas variables.

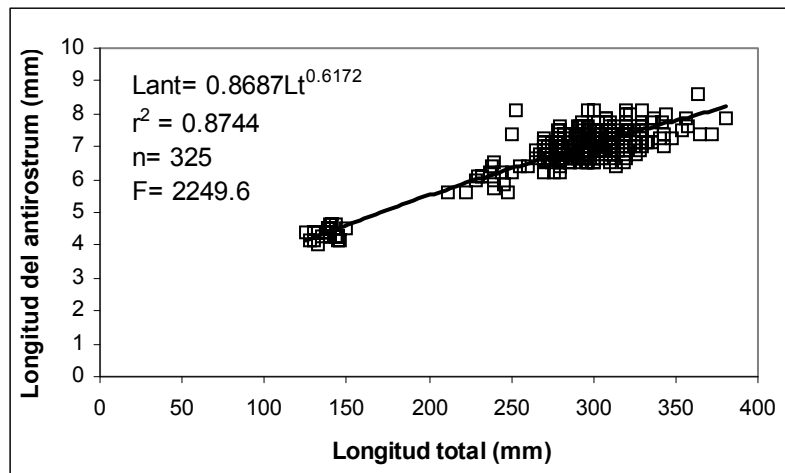


Figura 8-2.14. Relación longitud del organismo y longitud del antirostrum.
Lt= Longitud total Lant= longitud del antirostrum.

Con la obtención de las ecuaciones a partir de las relaciones morfométricas entre el crecimiento de la sagitta y el crecimiento del organismo, en la tabla 8.2.7 se presentan los valores de diferentes medidas de la sagitta correspondientes a cada clase de talla de los organismos.

Tabla 8.2.7. Medidas del rostrum, antirostrum y ancho de las sagittae en relación a la talla de las sarangolas.

Longitud total (mm)	Longitud del rostrum (mm)	Longitud del antirostrum (mm)	Ancho de la sagitta (mm)
80	3.81	2.19	3.14
100	4.36	2.40	3.60
120	4.86	2.58	4.03
140	5.34	2.75	4.43
160	5.79	2.90	4.81
180	6.21	3.05	5.17
200	6.62	3.18	5.52
220	7.02	3.31	5.85
240	7.39	3.43	6.18
260	7.76	3.54	6.49
280	8.12	3.65	6.79
300	8.46	3.76	7.09
320	8.80	3.86	7.38
340	9.13	3.95	7.66
360	9.45	4.05	7.93
380	9.76	4.14	8.20
400	10.10	4.23	8.47
420	10.40	4.31	8.72
440	10.70	4.39	8.98



c) Identificación de bandas de crecimiento

Se analizaron en total 331 sagittae de la sarangola *Microlepidotus brevipinnis*. Se observaron de 1 a 13 anillos de crecimiento que se identificaron como una banda opaca seguida de una banda translúcida muy delgada. Es importante señalar que la distancia entre los anillos fue disminuyendo de manera progresiva. Al igual que en las escamas, la mayor frecuencia la ocuparon organismos con 6 a 9 anillos de crecimiento en las sagittae, por su parte la menor frecuencia de organismos presentó 1 anillo y de 11 a 13 bandas de crecimiento. En la figura 8-2.15, se muestran los valores mínimos, máximos y mediana de la longitud total de los organismos por el número de anillos presentes a nivel de la población.

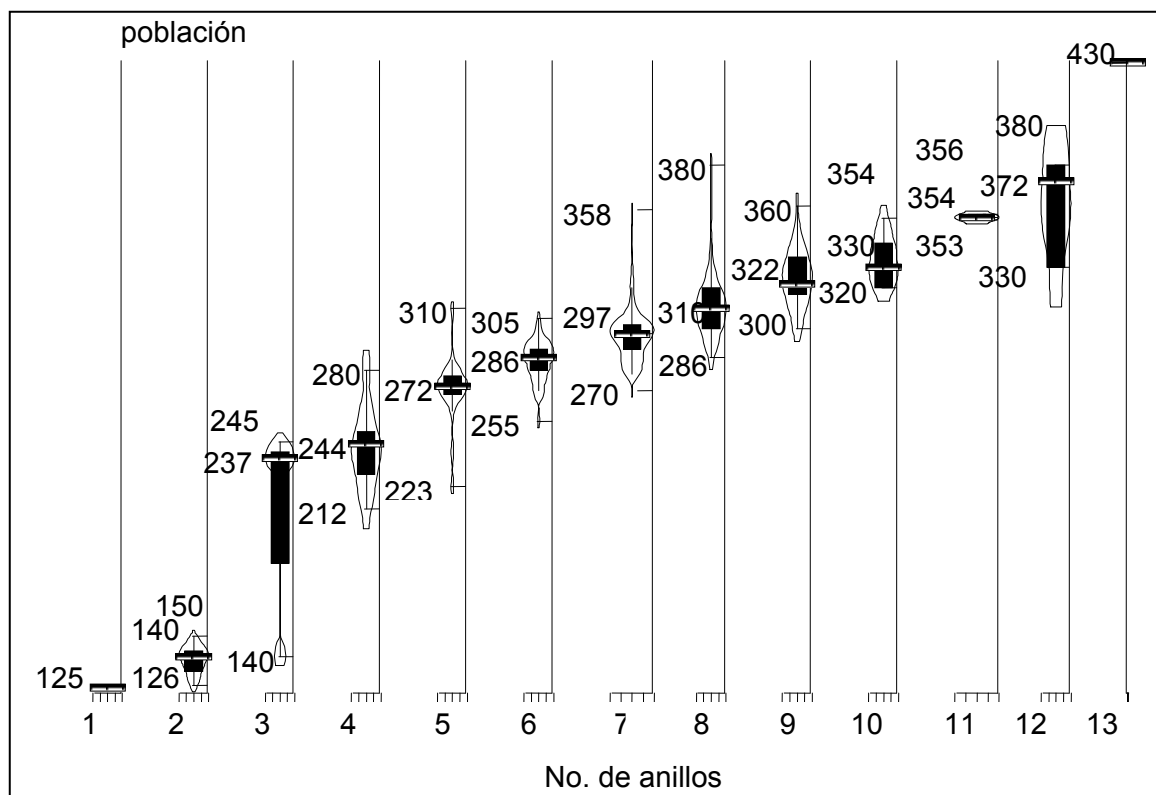
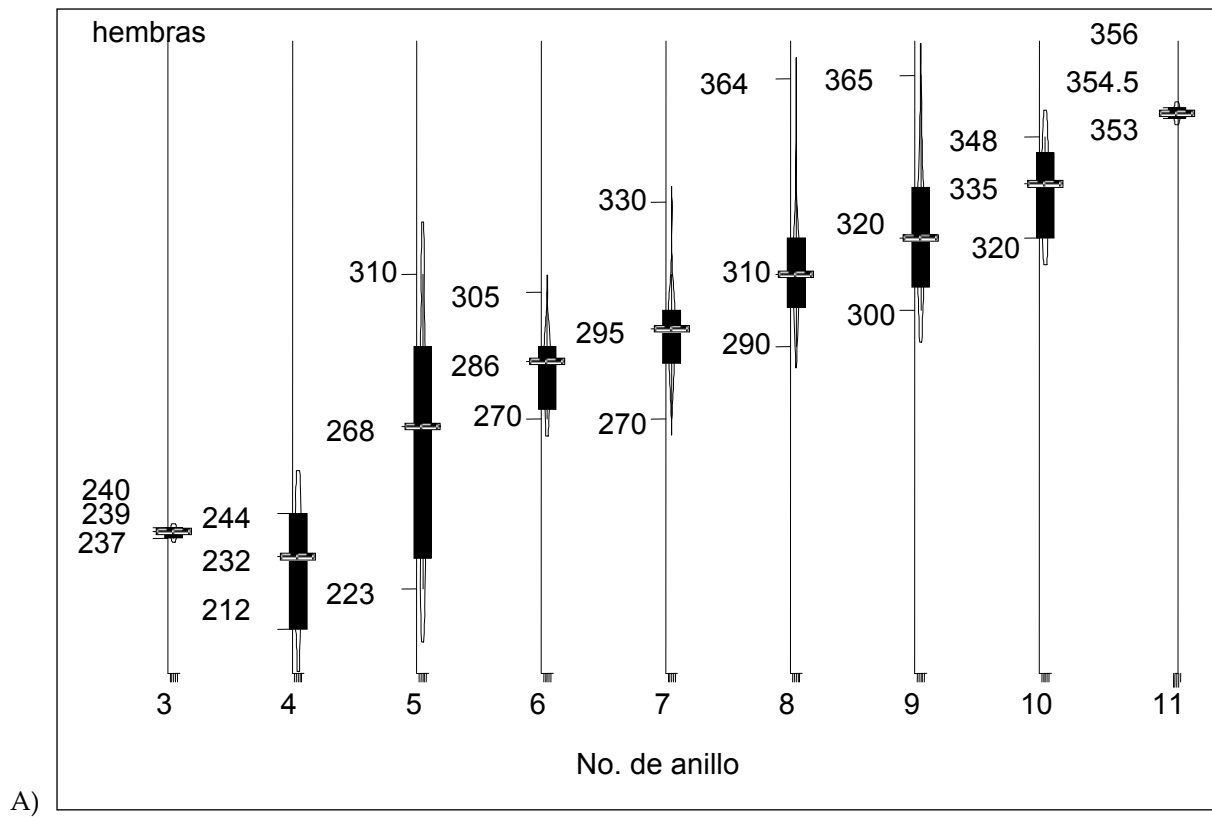


Figura 8-2.15. Longitudes mínimas, máximas y medianas en sagittae con 1 a 13 anillos de crecimiento.

También se analizó a la población por sexos separados (Fig. 8-2.16), se muestran las longitudes por cada anillo de crecimiento en las sagittae para hembras (a) y machos (b) respectivamente. En las hembras se identificaron de 3 a 11 anillos de crecimiento, mientras que para los machos se identificaron de 3 a 12. En ambos casos se registró una mayor concentración de organismos que presentaron en las sagittae de 6 a 8 anillos de



crecimiento, al igual que en ambos sexos fue escasa la cantidad de organismos con más de 11 anillos de crecimiento.



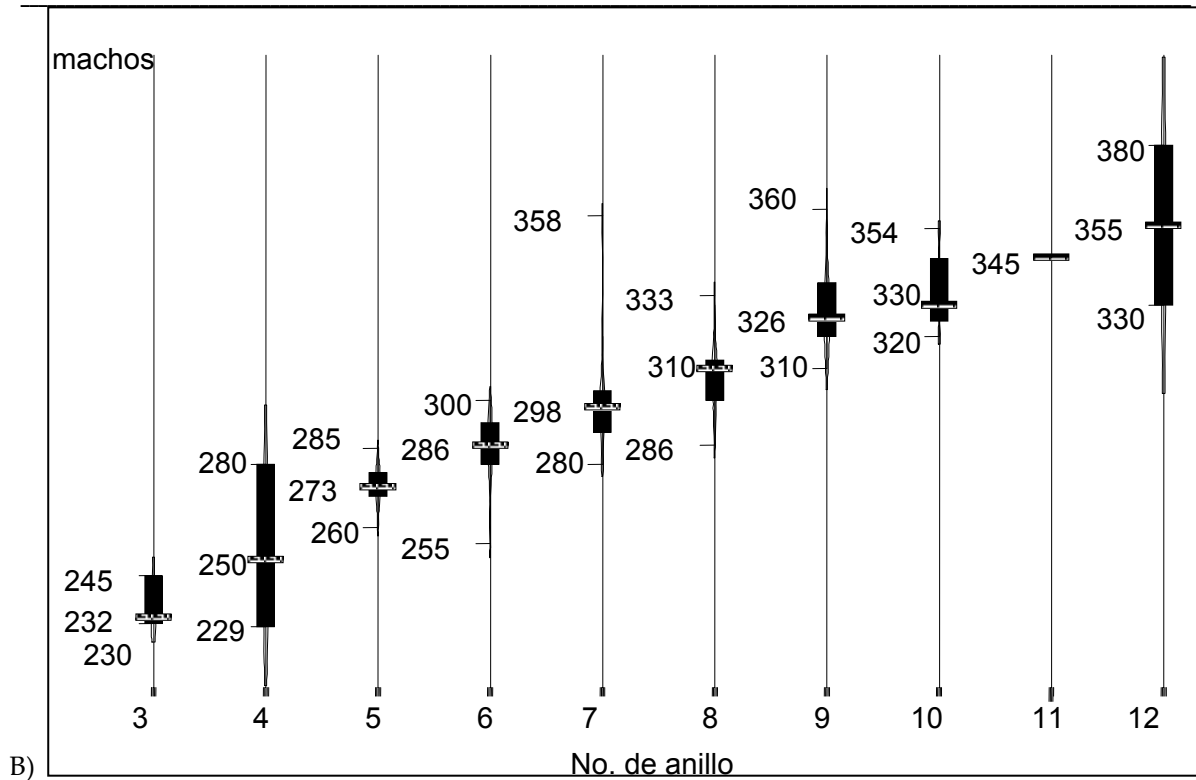


Figura 8-2.16. Valores mínimos, medianas y máximos en longitud con respecto al número de anillos presentes en las sagittae de: A) hembras y B) machos de la sarangola.

En la tabla 8.2.8, se presentan las longitudes para cada grupo de edad obtenidos al analizar los otolitos.

Tabla 8.2.8. Tallas correspondientes a cada grupo de edad mediante el análisis de las sagittae.

OTOLITOS			
Grupo de edad (No de anillos)	Población Longitud total (mm)	Hembras Longitud total (mm)	Machos Longitud total (mm)
1	125.00		
2	141.72		
3	222.32	220.00	220.00
4	246.46	237.33	251.11
5	283.37	261.60	280.36
6	291.76	282.21	288.11
7	304.09	294.47	297.66
8	318.44	312.04	320.00
9	335.19	325.51	329.50
10	340.46	336.54	334.02
11	349.54	350.00	345.00
12	367.24		357.80
13	372.68		



d) Periodicidad de las bandas de crecimiento

En la figura 8-2.17 se observa que el borde opaco de los otolitos alcanza sus mayores valores en el periodo de septiembre a diciembre, aunque es importante aclarar que en el mes de noviembre no se obtuvo la muestra de otolitos (en la figura aparece la barra en blanco), los valores más altos se registraron en el mes de diciembre. Por su parte, el mayor porcentaje de otolitos con el borde hialino se presenta en el mes de junio. Con lo anterior se propone que el periodo de formación de la banda opaca y hialina, muestra una duración de 6 meses.

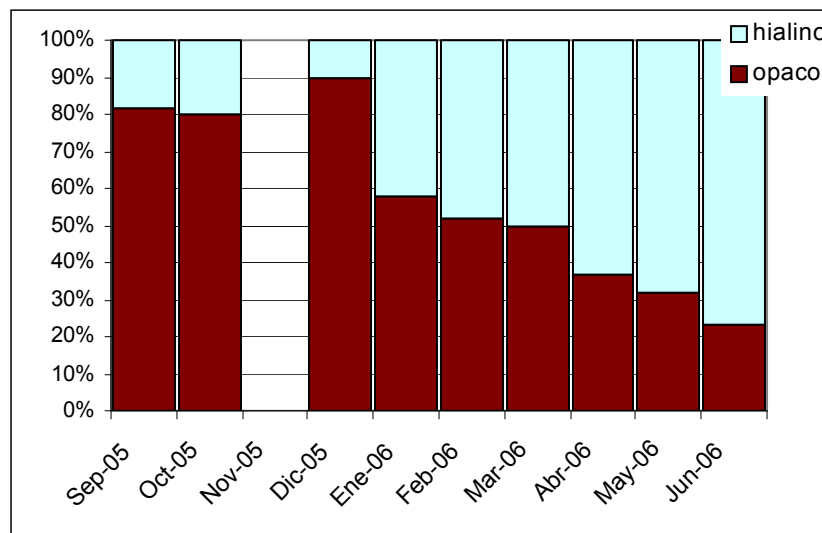


Figura 8-2.17. Frecuencia en porcentaje de bordes opacos e hialinos en los otolitos de la sarangola.



8.3 ESTIMACIÓN DEL CRECIMIENTO

8.3.1 Estimación de los parámetros del crecimiento en longitud de la ecuación de von Bertalanffy.

Escamas

Se obtuvieron L_{∞} , k y t_0 , por el método de Ford (1933)-Walford para la población en general, posteriormente se ajustaron con el Solver y son los que se presentan en la tabla 8.3.1.

Tabla 8.3.1. Parámetros de crecimiento por escamas obtenidos por diferentes métodos de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy para la población de sarangola *Microlepidotus brevipinnis*.

Parámetro/Método	Ford-Walford/Gulland	Método Solver
L_{∞} (mm)	378.5	368.66
k	0.20	0.226
t_0	-1.049	-0.724
R^2	0.93	1.000
R^2 ajustada	0.92	0.99

Otolitos

Mediante el método de Ford-Walford y Gulland, se estimaron los parámetros de crecimiento: L_{∞} , k y t_0 para la población de sarangola. Estos valores se ajustaron con el método de Solver y se presenta en la tabla 8.3.2. Al realizar el ajuste de los valores con el Solver el coeficiente de determinación fue el más alto.

Tabla 8.3.2. Parámetros de crecimiento por otolitos obtenidos por diferentes métodos de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy para la población de sarangola *Microlepidotus brevipinnis*.

Parámetro/Método	Ford-Walford/Gulland	Método Solver
L_{∞}	396.14	388.68
k	0.191	0.207
t_0	-0.852	-0.718
R^2	0.94	1.000
R^2 ajustada	0.93	0.99

8.3.2 Comparación entre métodos

En la tabla 8.3.3, se muestran las longitudes a cada edad obtenidas por los métodos directos. Comparando entre las estructuras duras, la que obtuvo una menor variación de las longitudes calculadas con respecto a las



observadas fueron las sagittae al presentar una sumatoria de diferencias al cuadrado menor con respecto al valor obtenido con las escamas. Ambas estructuras permitieron la identificación de 1 a 13 años de edad.

Por su parte se observa en la tabla 8.3.3 que la tasa de crecimiento fue disminuyendo, mostró los valores más altos en las primeras edades y los valores más pequeños en las últimas edades. Entre la edad 1 y 2 la ganancia del crecimiento en longitud fue de 51 mm, mientras que entre la edad 12 y 13 la tasa instantánea bajó drásticamente hasta los 5.20 mm.

Tabla 8.3.3. Longitud a cada edad mediante escamas y otolitos.

Edad (años)	Escamas (mm)	SD ²	Otolitos (mm)	SD ²	Tasa instantánea de crecimiento por otolitos (mm/año)
1	118.83	5.43	116.52	71.84	51.00
2	169.31	1161.17	167.52	665.69	41.44
3	209.59	737.85	208.96	178.48	33.68
4	241.73	9.42	242.64	14.60	27.37
5	267.38	250.86	270.00	178.65	22.24
6	287.84	0.38	292.24	0.23	18.07
7	304.17	59.04	310.31	38.75	14.69
8	317.20	90.76	325.00	42.95	11.93
9	327.60	151.12	336.93	3.01	9.70
10	335.90	35.86	346.63	37.98	7.88
11	342.52	3.38	354.51	24.67	6.40
12	347.80	10.56	360.91	40.07	5.20
13	352.01	22.18	366.11	43.17	
		2541.03		1340.09	

8.3.3 Crecimiento en peso.

En la relación talla-peso total se obtuvo un valor de $b = 3.042$, lo cual indica un crecimiento isométrico, mientras que para el caso de organismos eviscerados el valor fue de $b = 2.954$ lo cual demuestra un crecimiento alométrico negativo (Fig. 8-3.1). En ambos casos el índice de determinación fue alto.

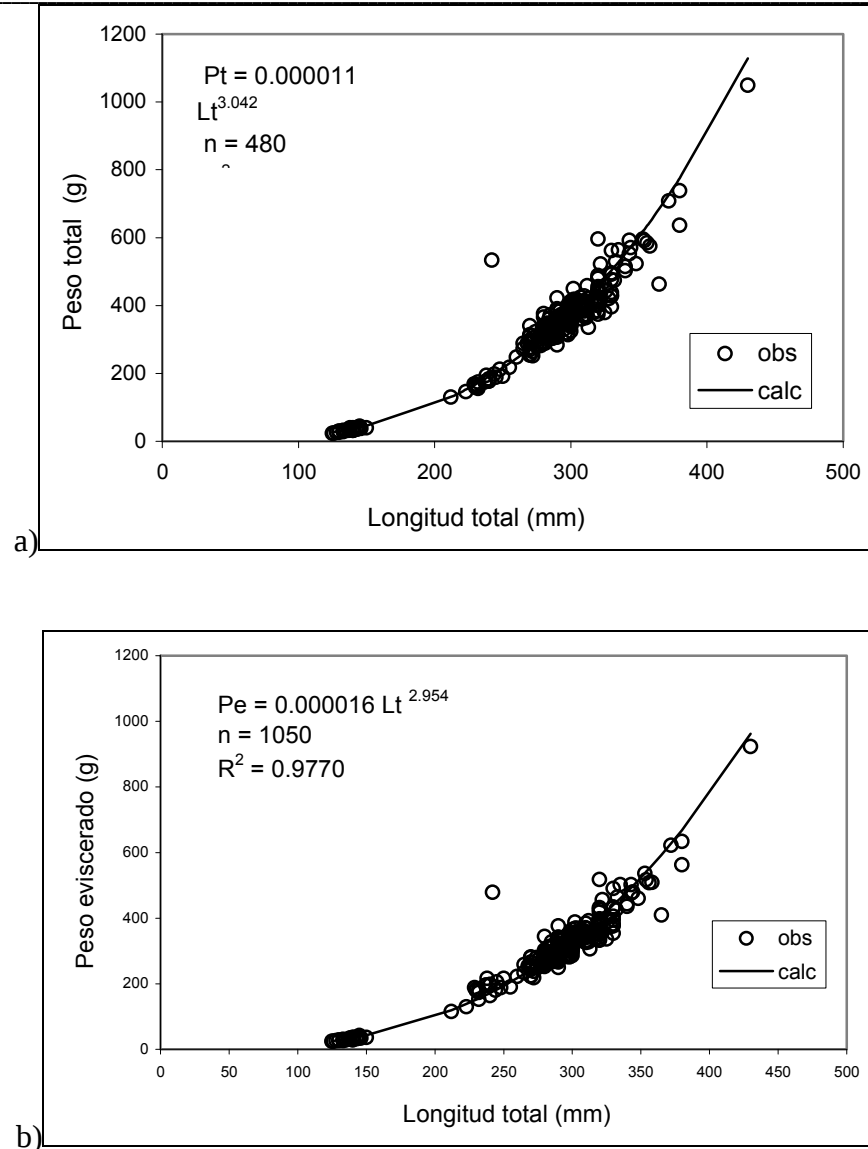


Figura 8-3.1. Relación longitud (mm) y peso (g) de la sarangola *M. brevipinnis*: a) peso total, b) peso eviscerado.

En la tabla 8.3.4 se observan las tallas y los pesos estimados para cada edad mostrando las tasas de crecimiento en peso: total y eviscerado. Las tasas de crecimiento para ambos pesos mostraron el mismo comportamiento, en las primeras edades alcanzaron valores intermedios, mientras que en las edades 4, 5 y 6 los valores fueron los más altos, a partir de la edad 7 los valores disminuyeron hasta alcanzar sus valores mínimos en la edad 13 con 29.476 en peso total y 24.781 en peso eviscerado.

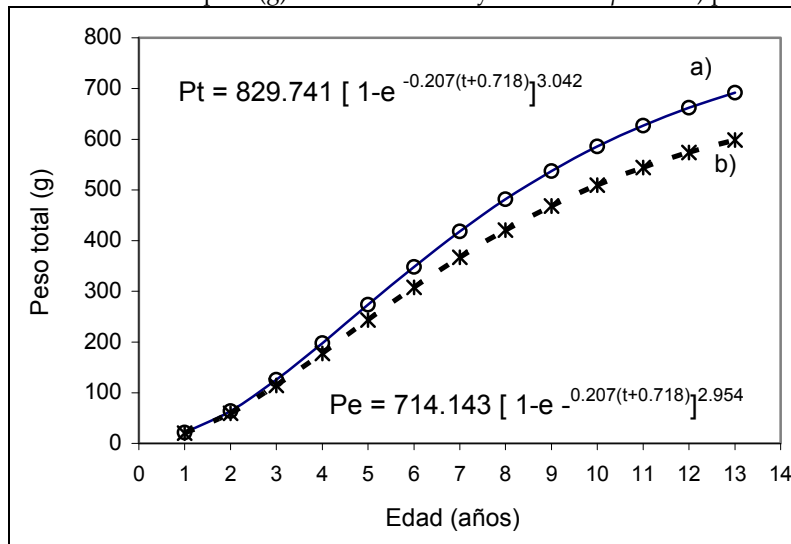


Tabla 8.3.4. Valores estimados de longitud y peso: total y eviscerado, para cada edad de la sarangola *M. brevipinnis*.

Edad	Longitud total (mm)	Peso total (g)	Tasa anual instantánea de crecimiento en peso total	Peso eviscerado (g)	Tasa anual instantánea de crecimiento en peso eviscerado
1	116.52	21.253		20.338	
2	167.52	64.121	42.868	59.431	39.039
3	208.96	125.611	61.490	114.180	54.749
4	242.64	197.892	72.281	177.533	63.353
5	270.00	273.912	76.020	243.432	65.899
6	292.24	348.475	74.564	307.549	64.117
7	310.31	418.254	69.778	367.188	59.639
8	325.00	481.422	63.168	420.928	53.740
9	336.93	537.237	55.816	468.242	47.314
10	346.63	585.670	48.433	509.182	40.940
11	354.51	627.122	41.451	544.142	34.960
12	360.91	662.221	35.100	573.693	29.551
13	366.11	691.697	29.476	598.474	24.781

Por su parte, en la figura 8-3.2, se presentan los valores estimados del crecimiento en peso total y eviscerado.

Figura 8-3.2. Curva de crecimiento en peso (g) de von Bertalanffy de *M. brevipinnis*: a) peso total, b) peso eviscerado.





8.3.4 Diferencias del crecimiento entre sexos.

Los valores de los parámetros de crecimiento obtenidos a partir de los otolitos fueron para hembras: $L_{\infty}=489.05$ mm, $k=0.0821$ (años⁻¹) y $t_0=-4.251$, mientras que para machos fueron: $L_{\infty}=381.81$ mm, $k=0.197$ (años⁻¹) y $t_0=-1.122$. En la figura 8-3.3, se presentan las curvas de crecimiento en longitud para ambos sexos.

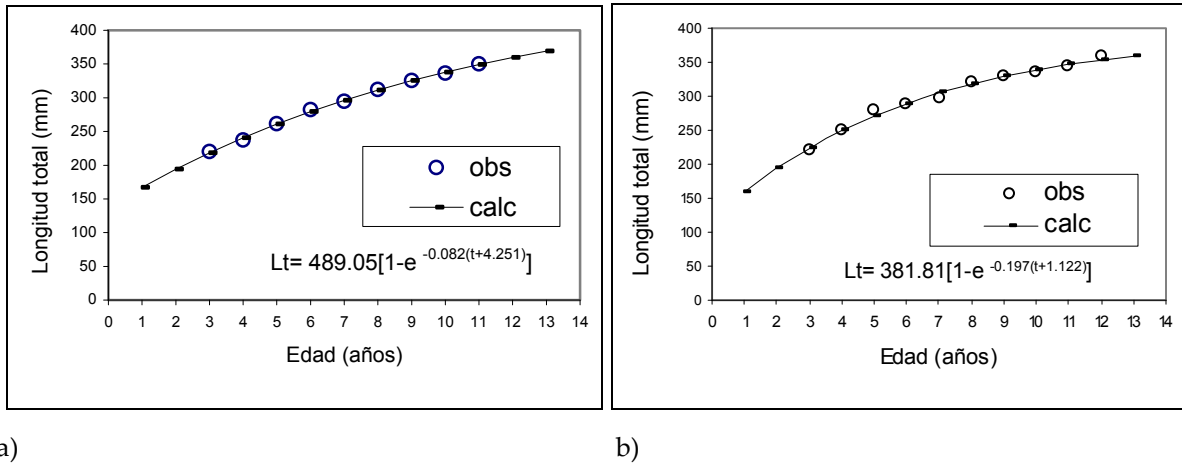


Figura 8-3.3. Curva de crecimiento en longitud (mm) de von Bertalanffy mediante otolitos por sexos de *M. brevipinnis*: a) hembras, b) machos.

En la tabla 8.3.5 se presentan los valores de longitud observados y calculados para cada edad obtenidos mediante el método de los otolitos para ambos sexos. En el caso de las hembras estas estructuras permitieron determinar organismos con 11 años de edad, mientras que para los machos se identificaron organismos de 12 años. Es importante notar que la tendencia de las hembras es alcanzar mayores tallas a edades mayores con respecto a los machos.

Tabla 8.3.5. Valores promedio de talla a cada edad de la población de la sarangola *M. brevipinnis* obtenidos por otolitos y con el uso de la ecuación de von Bertalanffy.

Otolitos	Hembras		Machos	
Edad (años)	Observados	Calculados	Observados	Calculados
1		167.04		157.62



2		193.98		193.51
3	220.00	218.47	220.00	223.84
4	237.33	240.75	251.11	249.48
5	261.60	261.00	280.36	271.14
6	282.21	279.43	288.11	289.45
7	294.47	296.18	297.66	304.93
8	312.04	311.41	320.00	318.01
9	325.51	325.27	329.50	329.06
10	336.54	337.87	334.02	338.40
11	350.00	349.33	345.00	346.29
12		359.75	357.80	352.96
13		369.22		358.60

8.3.5 Edad límite o longevidad

La sarangola *M. brevipinnis* alcanza 95% de su longitud infinita cuando tiene 13.75 años. Las diferencias entre sexos son: para los machos de 14 años, mientras que las hembras alcanzan el 95% de su longitud infinita a los 32 años.

8.3.6 Relación edad-longitud y crecimiento para otros miembros de la familia Haemulidae

En la tabla 8.3.6 se presentan las tallas promedio para diferentes grupos de edad de distintos miembros de la familia Haemulidae, incluidos los de la sarangola obtenidos en el presente estudio.

Tabla 8.3.6. Talla promedio (mm) en cada edad para varias especies de hemúlidos (modificada de Gallardo-Cabello *et al.*, 2003).

Especie	Región	Edad												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<i>Brachydeuterus auritus</i>	Nigeria (Raiitt y Sagua, 1969)	-	145	159	175	-	-	-	-	-				



Edad y crecimiento de la sarangola (*Microlepidotus brevipinnis*), mediante escamas y otolitos en la costa de Melaque, Jal.

<i>Pomadasys hasta</i>	Golfo de Aden(Oven y Salekhova, 1970)	-		175	195	209	213							
<i>P. hasta</i>	India oeste (Deshmukh, 1973)	246	344	465	524	569								
<i>P. jubelini</i>	África del Este (Alberdi, 1971)	160	230	300										
<i>P. striatum</i>	Golfo de Suez (Latif y Shenouda, 1972)	78	103	126	138									
<i>Haemulon aurolineatum</i>	Banco de Campeche (Sokolova, 1965)	89.4	124	152.1	172.2	189.4	202							
<i>H. aurolineatum</i>	Banco de Campeche (Sauskan y Olavechea, 1974)	107	147	172	180	185	193	200						
<i>H. aurolineatum</i>	Sureste de USA (Manooch y Barans, 1979)	124.4	159.4	189.2	213.1	232.2	247.6	259.9	269.8	277.8				
<i>H. plumieri</i>	Banco de Campeche (Kapote, 1971)			236	260	280	307							
<i>H. plumieri</i>	Carolina del Sur y Nte (Manooch, 1976)	97	185	244	283	314	341	367	389	414	439	492		
<i>H. steindachneri</i>	Venezuela (Eslava, 1991)	175.1	186.9	204.7										
<i>H. sexfasciatum</i>	Manzanillo, Colima (Cruz-Romero <i>et al.</i> , 1993)	59.1	112.4	159.1	200	235.9	267.3	294.9	310.9	340.1	358.7	374.9	389.2	
<i>H. flaviguttatum</i>	Manzanillo, Colima (Cruz-Romero <i>et al.</i> , 1993)	42.8	84.2	121.1	150.4	183.4	209.5	232.8	253.6	272.1	288.6	303.3	316.4	
<i>H. maculicauda</i>	Manzanillo, Colima (Cruz-Romero <i>et al.</i> , 1993)	30.4	65.8	90.4	118.9	140.9	160.3	177.6	192.8	206.2	218.1	228.7	230.8	
<i>Anisotremus interruptus</i>	Manzanillo, Colima (Cruz-Romero <i>et al.</i> , 1993)	58.3	109.9	155.2	195.1	230	260.8	287.7	311.4	332.2	350.5	366.5	380.6	
<i>A. interruptus</i>	(Gallardo-Cabello <i>et al.</i> , 2003)	125.2	174.7	220.7	263.5	294.3	320	394.3	369.6	387.6				
<i>Microlepidotus brevipinnis</i>	Manzanillo, Colima (Cruz-Romero <i>et al.</i> , 1993)	42.8	83.6	119.2	150.4	177.7	201.6	222.5	240.7	256.7	270.7	282.9	293.6	
<i>M. brevipinnis</i>	Presente trabajo (otolitos)	125	141.7	222.3	246.5	283.4	291.8	304.1	318.4	335.2	340.5	349.5	367.2	372.7

Por su parte en la tabla 8.3.7 se presentan los parámetros del crecimiento para algunas especies de la familia Haemulidae y la longevidad ($A_{0.95}$).

Tabla 8.3.7. Parámetros de crecimiento para varias especies de hemúlidos en diferentes regiones.

Región	Autores	Especies	Método	L_{∞}	k	t_0	$A_{0.95}$
Banco de	Sokolova (1965)	<i>Haemulon</i>	escamas	247.2	0.249	-0.801	11.187



Campeche		<i>aurolineatum</i>					
Banco de Campeche	Sauskan y Olayechea (1974)	<i>H. aurolineatum</i>	No proporcionado	200.36	0.664	-0.34	4.172
Banco de Campeche	Olayechea y Hernández (1976)	<i>H. aurolineatum</i>	No proporcionado	271.3	0.184	-1.751	14.53
Sureste de USA	Manooch y Barans (1979)	<i>H. aurolineatum</i>	Escamas y otolitos	310	0.22	-1.28	12.325
Golfo de Adén	Oven y Salekhova (1970)	<i>Pomadasys hasta (machos)</i>	No proporcionado	220.62	0.614	1.024	5.903
India del Oeste	Deshmukh (1973)	<i>P. hasta</i>	No proporcionado	742.7	0.264	1.032	12.379
Golfo de Suez	Latif y Shenouda (1972)	<i>P. striatum</i>	No proporcionado	176.92	0.312	1.083	10.685
Jamaica	Billings y Munro (1974)	<i>H. plumieri</i>	Escamas	420	0.71	1.00	5.219
Carolina Nte y Sur	Manooch (1976)	<i>H. plumieri</i>	Recaptura	640	0.108	-1.00	26.629
Manzanillo, Colima	Cruz-Romero <i>et al.</i> (1993)	<i>H. sexfasciatum</i>	Frecuencia de tallas	490	0.132	-0.027	22.668
Manzanillo, Colima	Cruz-Romero <i>et al.</i> (1993)	<i>H. flaviguttatum</i>	Frecuencia de tallas	424	0.115	-0.074	25.975
Manzanillo, Colima	Cruz-Romero <i>et al.</i> (1993)	<i>H. maculicauda</i>	Frecuencia de tallas	309	0.123	-0.055	24.3
Manzanillo, Colima	Cruz-Romero <i>et al.</i> (1993)	<i>Microlepidotus brevipinnis</i>	Frecuencia de tallas	368	0.134	-0.080	22.276
Manzanillo, Colima	Cruz-Romero <i>et al.</i> (1993)	<i>Anisotremus interruptus</i>	Frecuencia de tallas	482	0.13	-0.011	23.033
Manzanillo, Colima	Espino-Barr <i>et al.</i> (2004)	<i>A. interruptus</i>	Escamas	505.9	0.147	-0.916	19.460
Melaque, Jalisco	Presente estudio	<i>M. brevipinnis</i>	Otolitos	388.68	0.207	-0.718	13.75

8.4 ASPECTOS REPRODUCTIVOS

a) Proporción sexual

Se sexaron un total de 480 organismos, de los cuales 231 fueron hembras, 241 machos y 8 organismos indeterminados, por lo tanto la proporción sexual en general se mantuvo en:

$$\begin{array}{l} 1 : 1.04 \\ \text{Hembras : Machos} \end{array}$$

En la tabla 8.4.1 y en la figura 8-4.1 se observa la proporción sexual a nivel mensual de la población de sarangola en la costa de Melaque. Se observó que en casi todos los meses, con excepción de septiembre, las proporciones entre hembras y machos fueron iguales. Con la finalidad de probar estadísticamente la igualdad o diferencias en proporciones, se realizó una prueba chi-cuadrada a nivel mensual y general demostrando que se mantuvo una igualdad en la proporción de individuos hembras y machos. Por el contrario, en el mes de



septiembre la proporción fue diferente ya que se careció de individuos machos para dicho mes debido al tamaño tan pequeño de la muestra.

Tabla 8.4.1. Proporción sexual mensual

Sexo	Sep05	Oct05	Dic05	Ene06	Feb06	Mar06	Abr06	May06	Jun06	General
hembras	10	10	24	32	37	34	35	19	30	231
machos	0	18	42	35	31	34	25	25	31	241
n	10	28	66	67	68	68	60	44	61	472
proporción sexual	1:0	1:1.8	1:1.75	1:1.09	1:0.83	1:1	1:0.71	1:1.31	1:1.03	1:1.04
χ^2 calc	7	1.8	3.44	0.08	0.32		1.45	0.5	0.02	0.14
χ^2 teorica	3.84	3.84	3.84	3.84	3.84		3.84	3.84	3.84	233.99
Decisión Proporción	$\neq$	=	=	=	=	=	=	=	=	=

Como se observa en la figura 8-4.1 en el mes de septiembre del 05 se tuvo una ausencia total de organismos machos, aunque es importante considerar que la muestra en ese mes se conformó por sólo 10 organismos. Para el mes de noviembre no existió registro de organismos. En cinco de los meses hubo mayor cantidad de organismos machos (octubre, diciembre'05, enero, mayo y junio'06), mientras que la cantidad de hembras superó a la de los machos en septiembre'05, febrero y abril'06. En el mes de marzo la proporción fue igual con 34 hembras y 34 machos. A pesar de una aparente variación en cuanto a la presencia de hembras y machos, no influyó en la proporción general de casi 1:1.

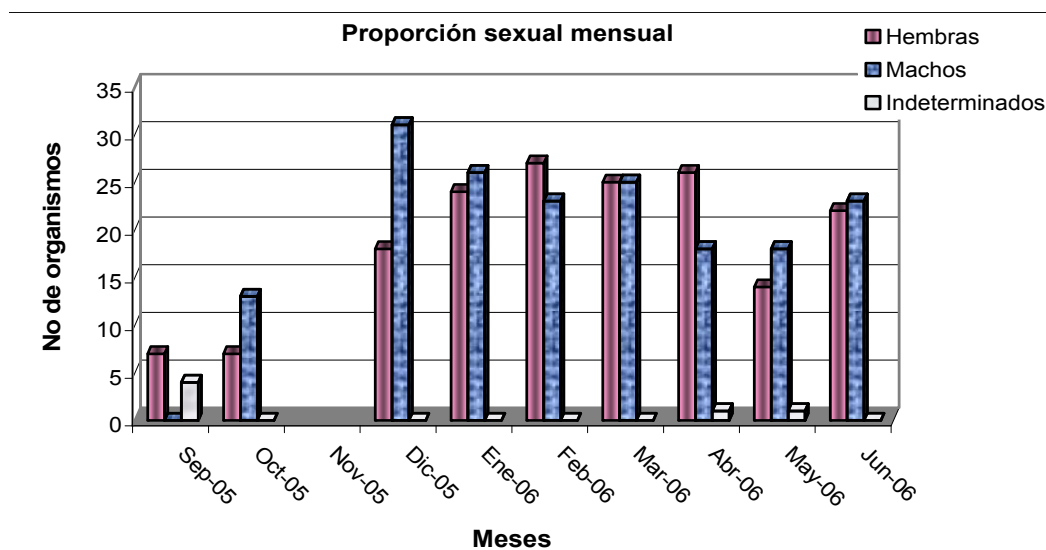


Figura 8-4.1. Gráfico de barras representando el número de organismos: hembras, machos e indeterminados por mes.

b) Periodo reproductivo e Índice Gonadosomático



Se observaron los diferentes estados de desarrollo de la gónada durante los meses de estudio (Fig. Anexo III.1). Los organismos en estadio I se manifestaron únicamente en el mes de mayo. Por su parte, se observó un pico bien definido de organismos en estadio II en los meses de mayo-junio y organismos en estadio III en el mes de octubre. El estadio IV se presentó de febrero'05 a enero'06 con los valores más altos en febrero. El estadio V se observó casi durante todos los meses, sin embargo el mayor porcentaje de organismos en esta etapa se identificó en febrero'05 y en el periodo de diciembre'05 a marzo'06. Con respecto a organismos en estadio VI se exhibieron en todos los meses presentándose un máximo en el periodo de marzo a junio.

Así también se observó que los valores del índice gonadosomático son más altos durante los meses en los cuales los organismos se encontraron en estadio de mayor desarrollo, es decir en estadio V. De acuerdo a la variación del desarrollo gonádico, se aprecia que en los meses de diciembre, enero y febrero, gran parte de los organismos se encontraron en estadio V, que se caracterizó por el máximo desarrollo de sus gónadas, es decir, sexualmente se encontraban listos para la reproducción. En marzo se observó una disminución drástica de organismos en estadio V, mientras que los organismos en estadio VI se incrementaron de manera abrupta, lo cual indicó que la mayoría de los peces habían desovado y se mantuvieron en estadio VI hasta junio. Sin embargo se propone que la temporada de desove se presentó en el periodo comprendido en los meses de diciembre a marzo pues fueron los valores más altos del IGS (Fig. 8-4.2), mientras que los valores mínimos se presentaron en septiembre, mayo y junio con la menor dispersión de los datos. También se observó que el IGS incrementó con los estados de desarrollo gonádico.

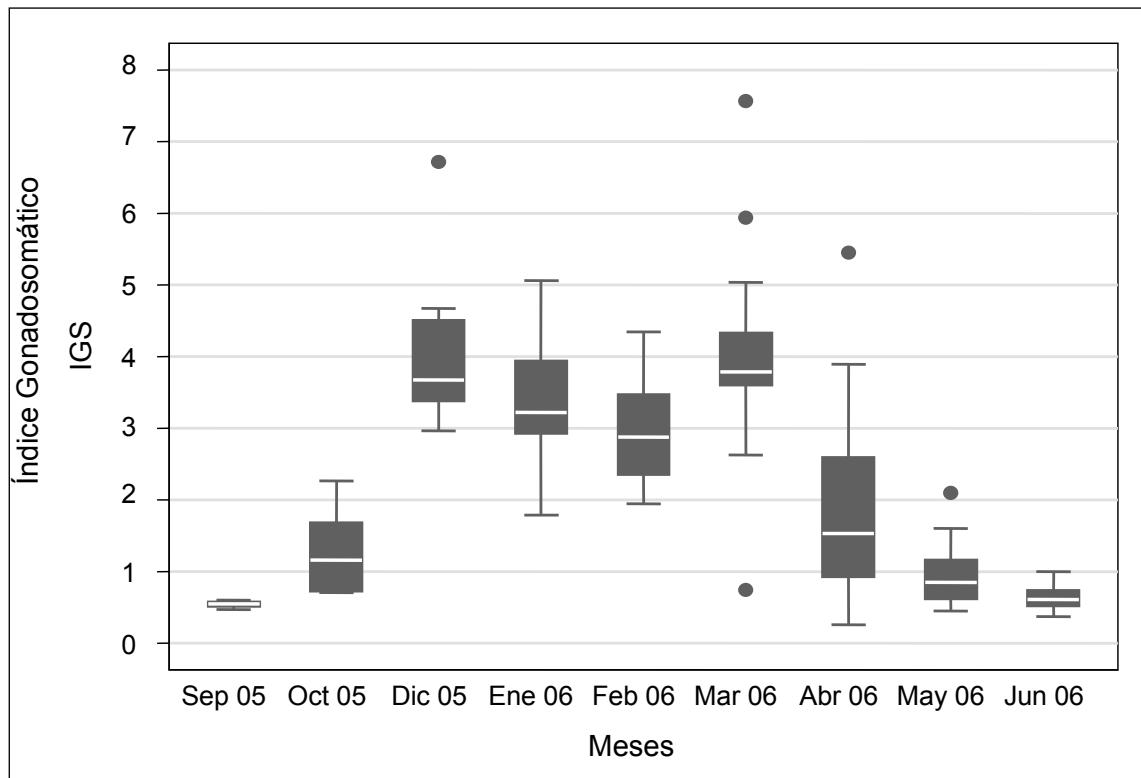


Figura 8-4.2. Valores mensuales del Índice Gonadosomático (IGS) para la población de sarangola.

c) Índices morfofisiológicos

I) Índice Hepatosomático

Se consideraron un total de 340 organismos para llevar a cabo los análisis morfofisiológicos mediante el uso del valor de la mediana en cada mes (Fig. 8-4.3).

Por su parte el valor de la mediana a nivel mensual indicó un cambio gradual del IHS (Fig. 8-4.3) en el que se presentaron los valores más bajos en los meses de diciembre a febrero incrementando en los meses siguientes hasta alcanzar sus máximos en mayo y junio.

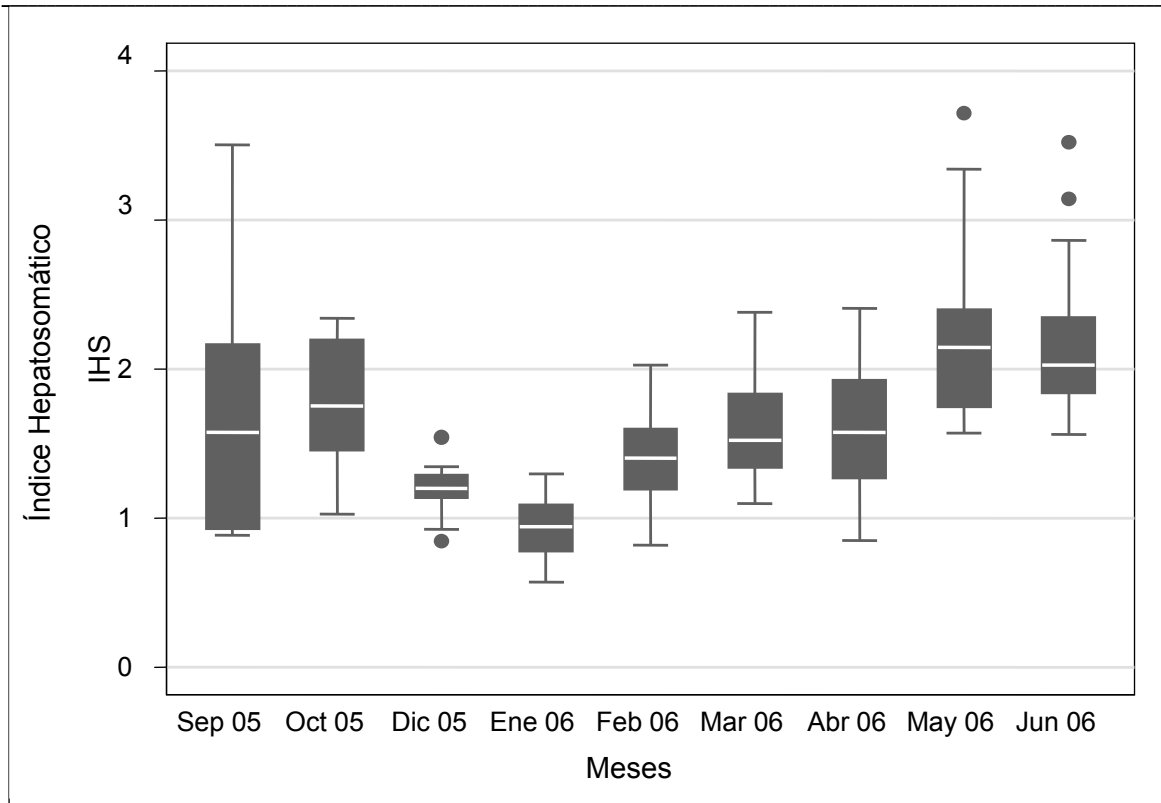


Figura 8-4.3. Valores del índice hepatosomático (IHS) a lo largo del tiempo.

II) Factor de Condición

Este análisis expresó los posibles cambios ocurridos en la condición física de los organismos. Su finalidad consistió en la detección de un cambio en la “condición” de los organismos (relación peso-longitud). Los valores más bajos indicaron que los peces son delgados, mientras que los valores más altos indicaron un aumento en su peso, es decir, son gorditos (Espino-Barr *et al.*, 2006). Como se observa en la figura 8-4.4, los valores de las medianas a nivel mensual del factor de condición mostraron sus máximos valores de mayo a octubre. Tales patrones se separaron por una disminución de los valores en los meses de diciembre, enero y febrero.

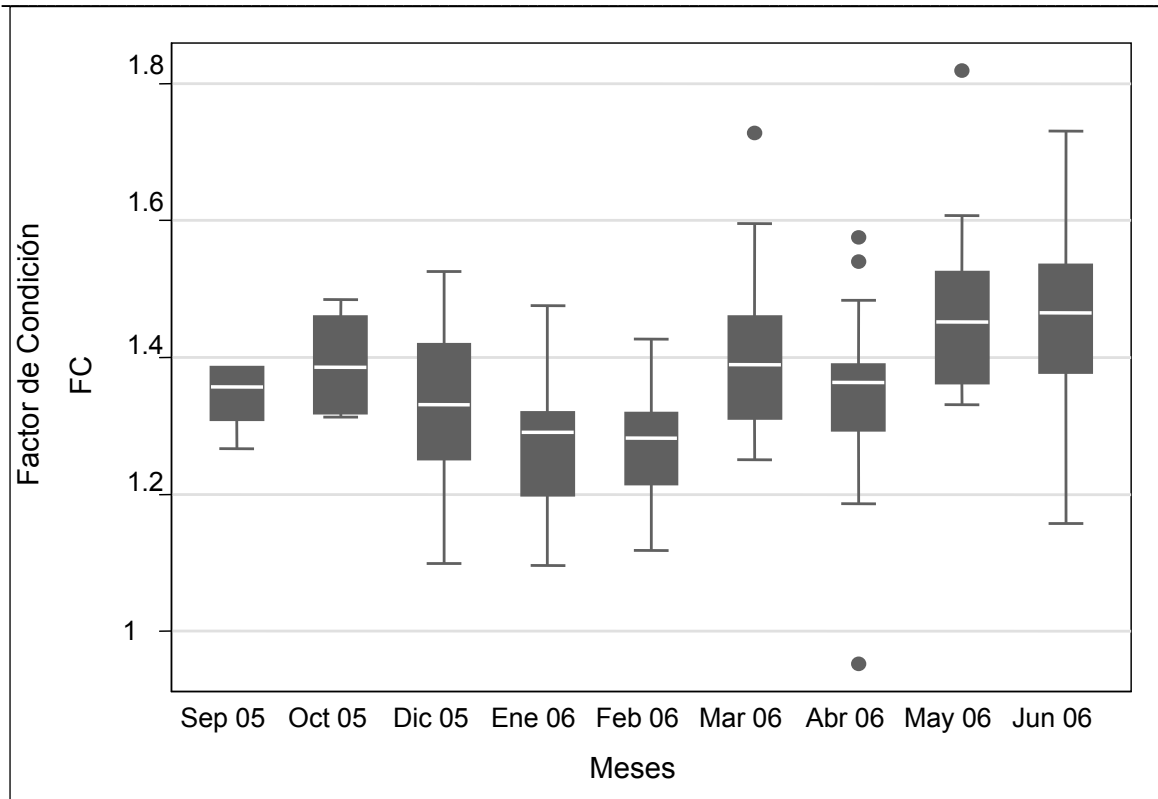


Figura 8-4.4. Factor de condición mensual para la población de sarangola.

8.5 PRECIPITACIÓN PLUVIAL Y TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR

Con la información de temperatura superficial del agua próxima al área de estudio (proporcionada por la SEMAR) se analizó este parámetro a nivel temporal, por lo que en la figuras 8-5.1, 8-5.2 y 8-5.3 se presentan mapas de temperatura a nivel mensual durante el año 2005 hasta junio del 2006. Se identificaron los 3 periodos establecidos por Wirtky y se muestra el cambio gradual a través del tiempo. El primer periodo fue representado por los meses febrero, marzo y abril que se caracterizaron por presentar las temperaturas más bajas a lo largo del tiempo de estudio, concentrando valores promedio entre los 23° y 25.2° C (Fig. 8-5.1).

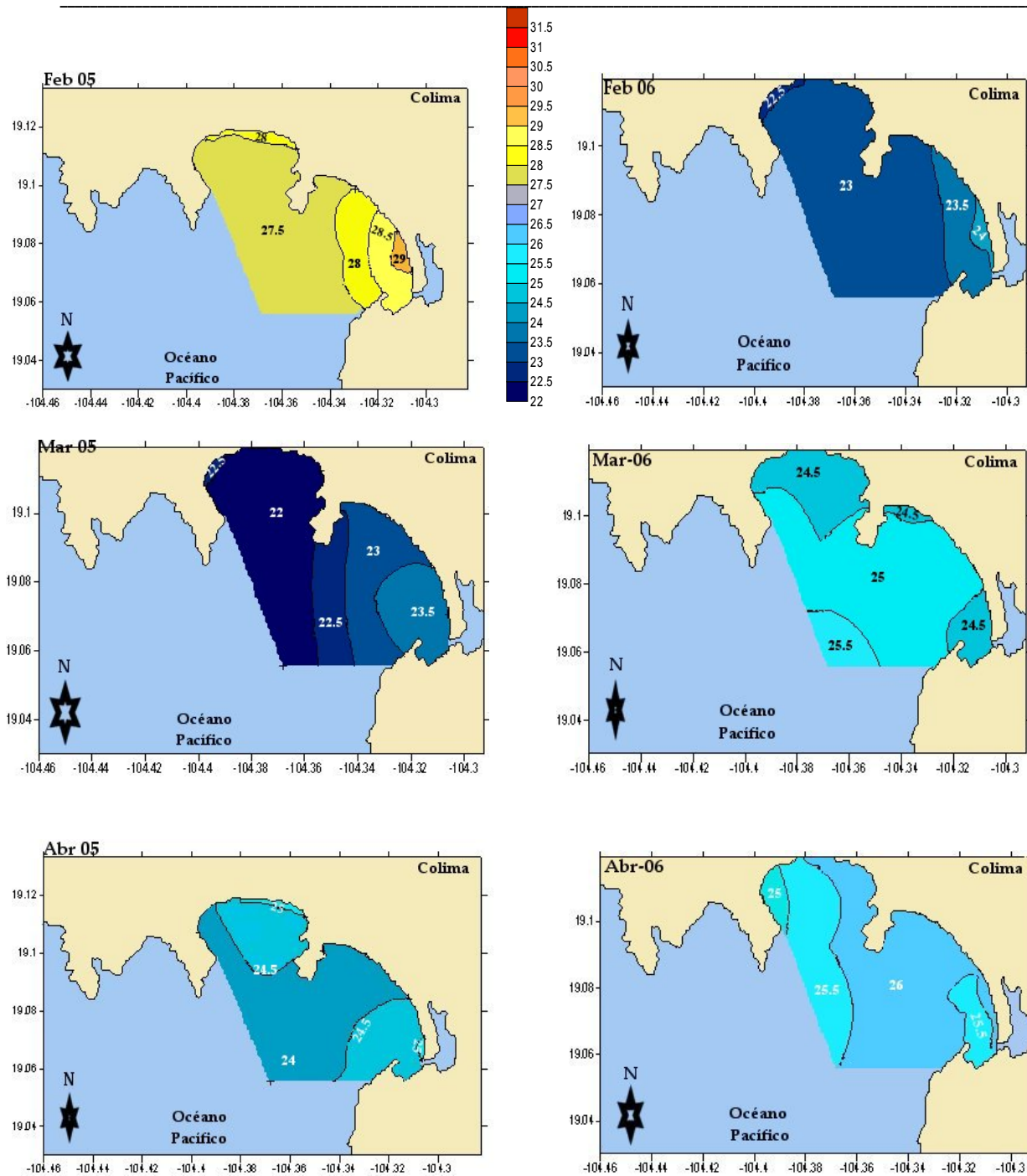


Figura 8-5.1. Contornos de temperatura de los meses febrero a abril del 2005 y 2006.

El segundo intervalo de temperaturas se identificó en el periodo comprendido por los meses junio, agosto, septiembre y octubre. Estos se caracterizaron por presentar las temperaturas más altas durante el tiempo de



estudio (Fig. 8-5.2), los valores promedio oscilaron entre los 25.5° y los 28.5° C. En este caso se carece de algunos mapas del año 2006, debido a que están fuera del periodo de tiempo en el que se realizó este trabajo.

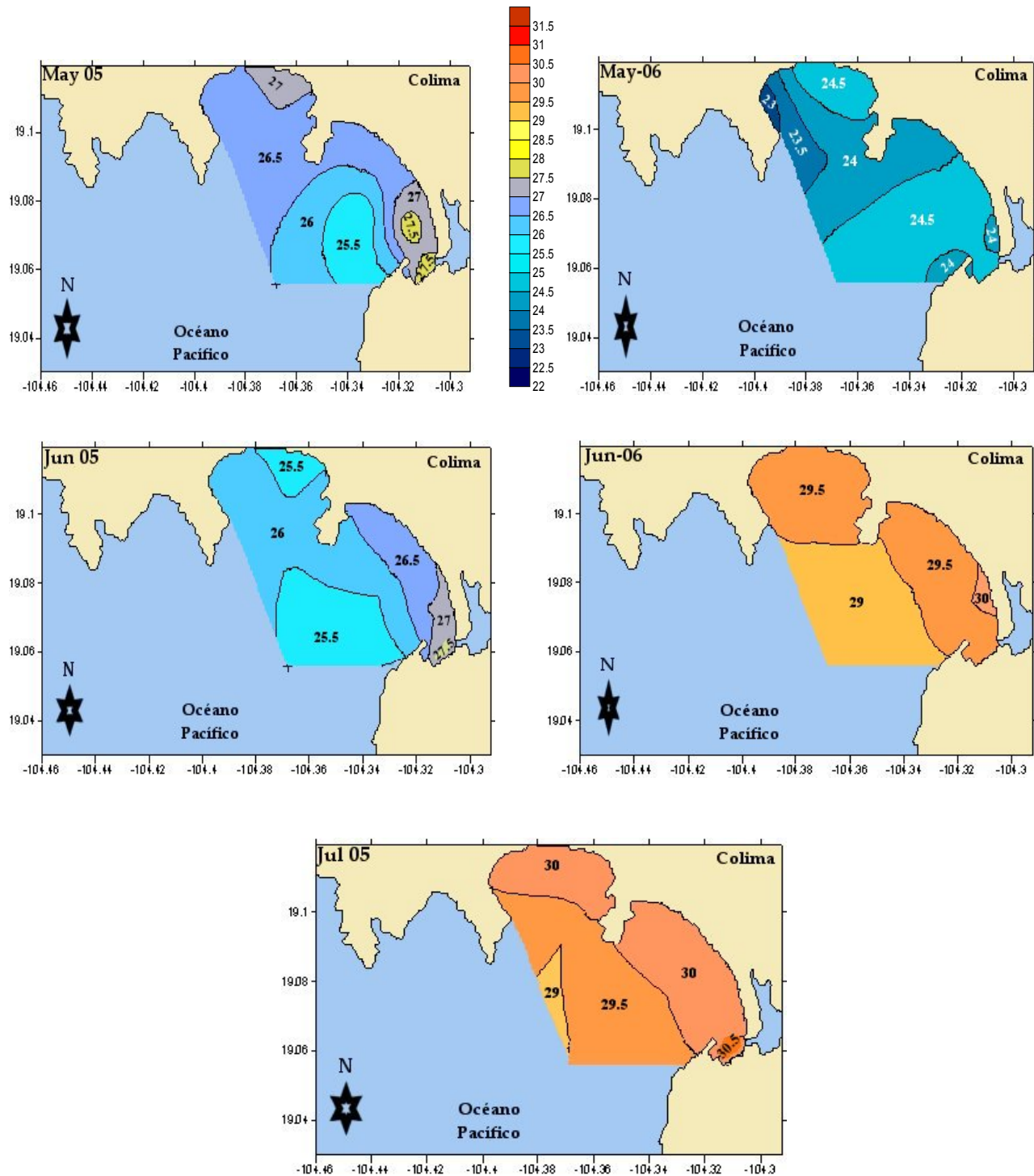


Figura 8-5.2. Contornos de temperatura de los meses mayo y junio 05 y 06 y agosto'05.



El último periodo incluyó a los meses de noviembre a febrero y se caracterizó por presentar temperaturas intermedias, entre los 25.2 y 27.2° C en promedio (Fig. 8-5.3).

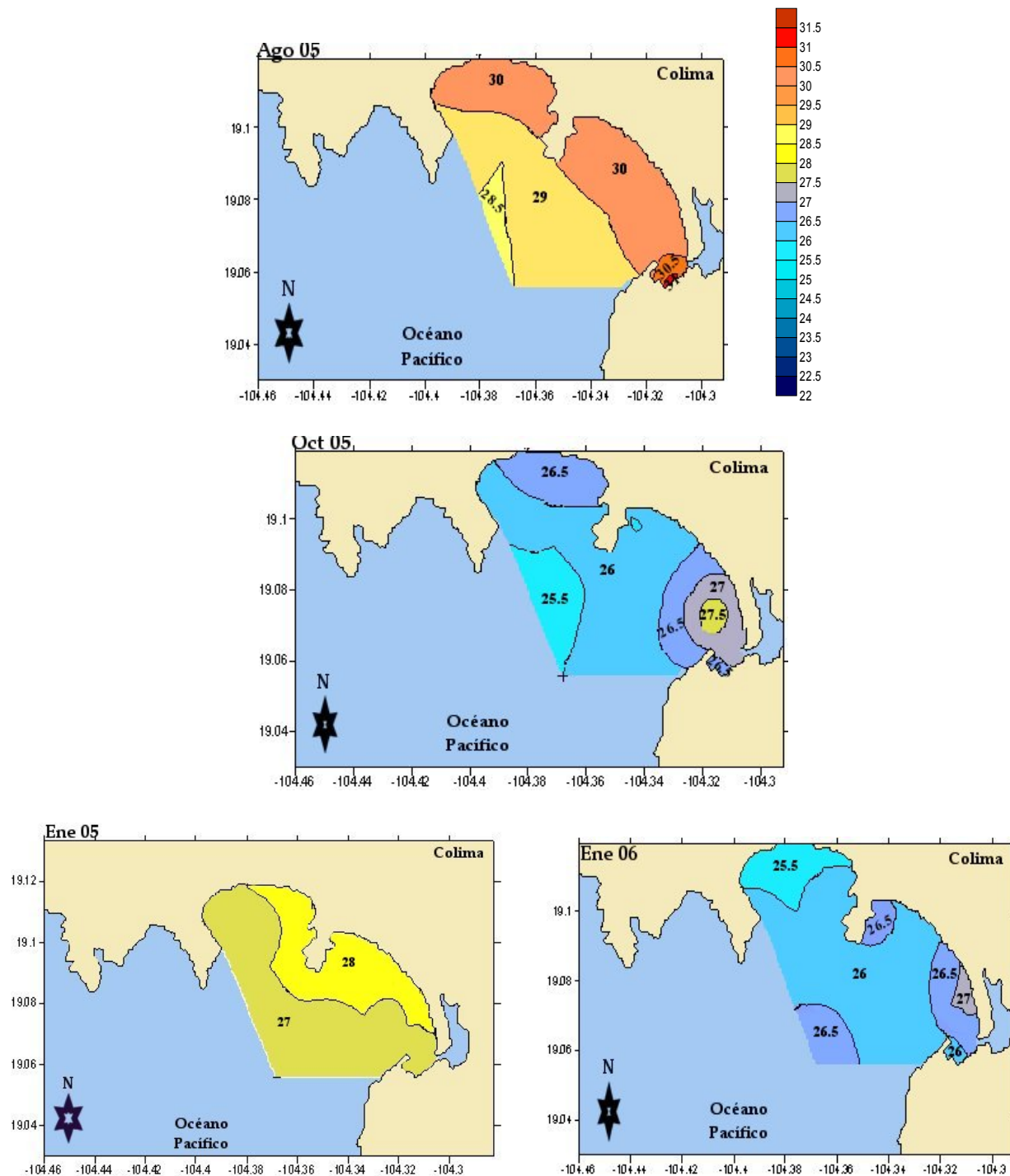


Figura 8-5.3. Contornos de temperatura de los meses agosto'05, octubre'05 y febrero'05 y 06.



Por su parte, los parámetros de temperatura del agua y la precipitación en la zona de estudio se relacionaron con los cambios biológicos de la especie: índice gonadosomático, hepatosomático y factor de condición (Figs. 8-5.4, 8-5.5 y 8-5.6). Como se observa en las gráficas, los valores de temperatura oscilaron entre 22° y 30°C, los valores mínimos se registraron en los meses de febrero a abril, mientras que las máximas temperaturas se presentaron en el periodo de junio a agosto y en octubre'06. La precipitación en cambio registró un periodo importante con valores máximos de agosto y septiembre lo cual refleja que al aumentar la temperatura, poco tiempo después se presenta la precipitación. Es importante señalar que en los meses de noviembre a abril las lluvias fueron nulas. En la relación de estos parámetros y el índice gonadosomático se observa que cuando fueron mayores los valores del índice gonadosomático, la temperatura del agua registró alrededor de 26°C. Inmediatamente después de este evento se tuvo una clara disminución en los valores del índice indicando la temporada de desove, lo cual coincidió con los valores más bajos de temperatura. Cuando el IGS presentó sus valores más altos, la precipitación fue nula, sin embargo se observó que dos meses antes la precipitación alcanzó sus máximos valores. Lo anterior indica que el máximo desarrollo gonadal está más relacionado a la precipitación que a la temperatura, pues este factor genera un aumento en la alimentación de los peces y por lo consiguiente se refleja en la cantidad y calidad de los productos sexuales.

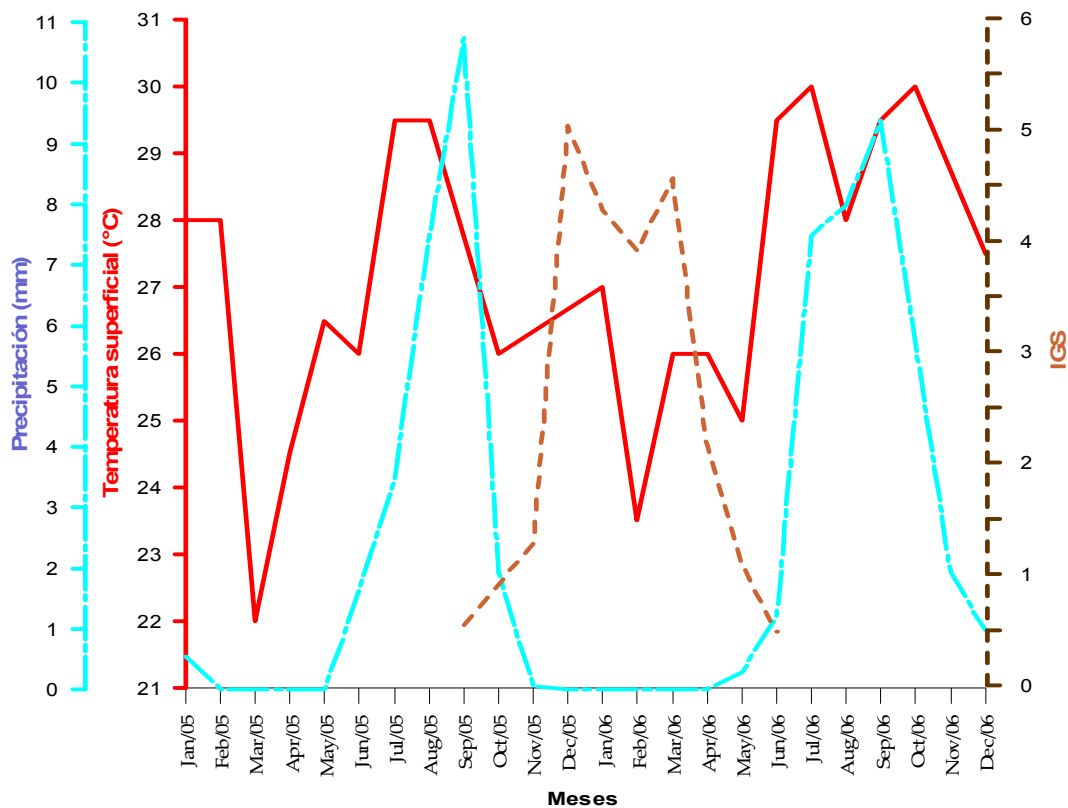


Figura 8-5.4. Relación de la temperatura del agua (°C) y la precipitación (mm/mes) con el Índice Gonadosomático.



El índice hepatosomático alcanzó sus valores más altos cuando el intervalo de temperatura se encontró entre los 25 y 26.5° C, mientras que los valores más bajos del índice se presentaron a una temperatura más alta de 27° C. En relación a la precipitación, al final de la temporada de lluvias (octubre) el índice aumentó. También se observa que el aumento del índice fue favorecido por un incremento en la temperatura del agua, sin embargo es importante destacar que el desove está más en función de la precipitación y por ende de una mayor disolución de nutrientes en el agua como consecuencia de la temporada de lluvias.

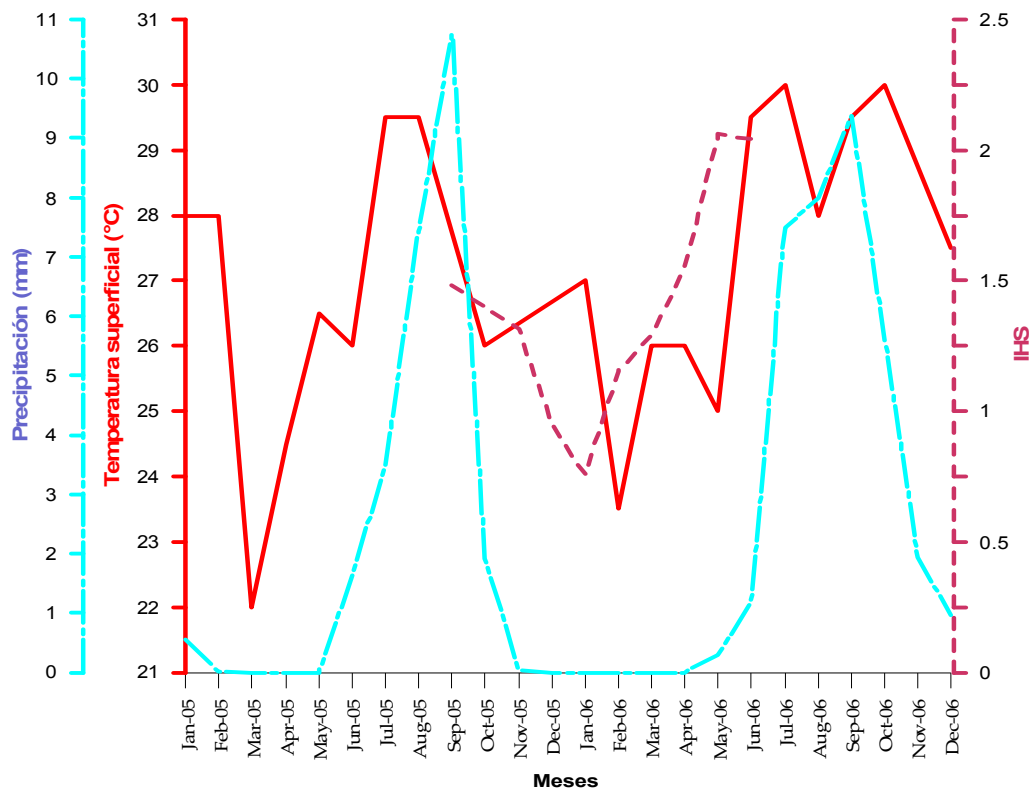


Figura 8-5.5. Relación de la temperatura del agua (°C) y la precipitación (mm/mes) con el Índice Hepatosomático.

Por su parte el factor de condición presentó dos picos importantes, el primero cuando la temperatura del agua fue de 26° C, mientras que el segundo pico se caracterizó por ser el más importante pues alcanzó los valores más altos de condición a una temperatura de 30° C. Con respecto a la precipitación se observa que los organismos aumentaron su condición dos meses después de haber terminado la época de lluvias.

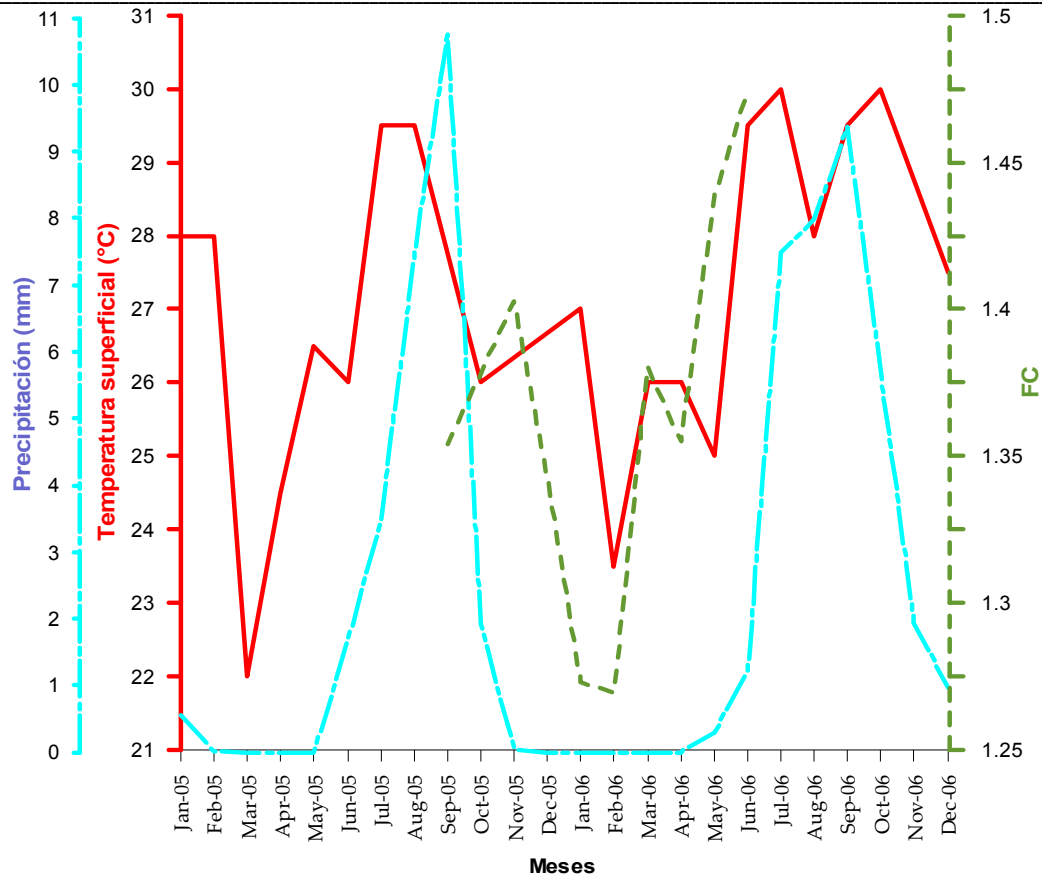


Figura 8-5.6. Relación de la temperatura del agua (°C) y la precipitación (mm/mes) con el Factor de Condición.



IX. DISCUSIÓN

9.1 Estructura de tallas de la población.

El intervalo de tallas que caracterizó a la población de sarangola capturada comercialmente, correspondió a los 220 a 430 mm de longitud total ó 150 a 335 mm en longitud patrón. Espino-Barr *et al.* (2004b) en su catálogo de especies marinas con valor comercial de Jalisco, reportan para la sarangola un intervalo de tallas muy similar en su distribución de frecuencias, alrededor de los 130 y 340 mm de longitud patrón. Por su parte, Cruz-Romero *et al.* (1993) para la misma especie en la zona de Manzanillo, señalan un intervalo de tallas de 120 a 298 mm de longitud patrón con una talla promedio de 225 mm, indicando una distribución uniforme de las tallas entre los 200 y los 250 mm. En ambos trabajos citados anteriormente, los gráficos de distribución de frecuencias de tallas que presentan estos autores, mostraron el mismo comportamiento que en el presente trabajo, ellos reportan que la frecuencia de los organismos pequeños y grandes es baja, mientras que la mayor concentración de organismos se ubicó en tallas intermedias, los organismos con tallas entre los 190 y 240 mm de longitud patrón fueron los que aparecieron con mayor frecuencia.

En el caso del presente trabajo de las sarangolas de la localidad de Melaque, el arte de pesca empleado está dirigido a organismos con tallas entre los 220 y 250 mm de longitud patrón (290-320 mm en longitud total), indicando que no hay variación en las aberturas de malla de las artes de pesca que capturan a esta especie que forma parte de la pesquería ribereña y multiespecífica.

9.2 Análisis biométrico.

Los resultados obtenidos en este apartado relacionados con la forma y el tipo de crecimiento lineal indicaron una mayor correlación entre la longitud total y la longitud patrón a comparación de la altura máxima. En la relación potencial que involucra al cambio en peso (total y eviscerado) con respecto a la talla (longitud), se presenta una proporcionalidad directa, lo cual demuestra un crecimiento isométrico entre las variables indicando que no hay cambios diferenciales. En la relación entre la longitud total y el peso eviscerado se notaron diferencias para la especie y para los indeterminados pues se obtuvo un crecimiento isométrico, a diferencia de las hembras y los machos que presentaron un crecimiento alométrico negativo cambiando de manera diferencial, al crecer en mayor proporción la longitud con respecto al peso.

El crecimiento isométrico de la sarangola difiere de la alometría negativa reportada por Espino-Barr *et al.* (2004b) para la misma especie $P_t = 0.120XL_e^{2.567}$ en Manzanillo, Colima. Sin embargo, otros trabajos de hemúlidos reportan la isometría entre estas variables: Potts y Manooch (2001) estimando la ecuación $P = 1.12 \times 10^{-5}(L)^{3.05}$ para *H. plumieri* en el Norte y Sur de Carolina, Espino-Barr *et al.* (2004) reporta $P = 0.046XL_e^{2.958}$



para *Anisotremus interruptus* en Manzanillo, Colima. Neves y Silva (2007) describieron a la relación como $Pt = 2 \times 10^{-5} Lt^{2.978}$ en *H. plumieri* en la costa central de Brasil. Por otro lado, destacando la alometría negativa se tienen: Potts y Silva (2001) en la población de *H. plumieri* del sureste de Florida reportan la ecuación $P = 6.3 \times 10^{-5} (L)^{2.73}$. Murie y Parkyn (2005) para la misma especie describen $P = 2.83 \times 10^{-5} Lt^{2.88}$ y en hembras y machos $P = 5.78 \times 10^{-5} Lt^{2.75}$ para las poblaciones del Norte y centro de Florida respectivamente. Palazón (2007) menciona que los juveniles de *H. plumieri* en Venezuela exhibieron una alometría positiva ($b=3.17$) y los adultos (hembras y machos) una alometría negativa ($b= 2.84$). También Aguirre *et al.* (2008) reportan una alometría positiva ($b= 3.22$) para *Pomadasys nitidus* en el suroeste del Golfo de California y una alometría negativa ($b= 2.87$) para *P. panamensis*. Con lo anterior se denotan diferencias entre las mismas especies para la relación longitud-peso, las cuales pueden reflejar variaciones interpoblacionales o se relacionan con la estacionalidad y factores externos propios del área al que pertenecen.

9.3 Determinación de la edad.

El método indirecto de Petersen (1892) permitió detectar una moda en octubre a siete modas en el mes de marzo, siendo el mes de abril el más representativo por lo que se caracterizó como el mes de reclutamiento al arte, al encontrarse los organismos más pequeños con una talla de 220 mm de longitud total (entre 3 y 4 años de edad), que ingresan al stock explotable y por lo tanto pertenecen a los organismos que se reclutan al arte de pesca. Por su parte, Cruz-Romero *et al.* (1993) menciona que este organismo en Manzanillo, Colima, se incorpora a la pesquería a tallas similares (con organismos entre los 120 y 130 mm de longitud patrón), sin embargo señala que durante los meses de enero y julio se da el reclutamiento. En el presente trabajo en abril se identificaron cuatro modas y es importante destacar que los primeros grupos modales que correspondieron a los organismos más pequeños no estaban presentes, pues este método se empleó en la población que se explota comercialmente, es decir a partir de la captura comercial (a partir del grupo de edad 4 en métodos directos). Holden y Raitt (1975) mencionan que el método de Petersen es ideal para la identificación de los primeros grupos modales (en organismos juveniles) ya que en organismos viejos sus tasas de crecimiento se vuelven lentas y hay una tendencia a agruparse los últimos grupos modales que impiden una clara separación de las últimas modas, lo cual se observa en el caso de la sarangola al detectarse sólo 1 grupo modal en organismos viejos. Con este criterio se emplearon los estimadores de densidad por kernel.

Los EDK's en combinación con el Bhattacharya (1967) mostraron de 4 modas en septiembre a 12 modas en noviembre utilizando la mitad del óptimo. Este método permitió la identificación de un mayor número de modas en comparación con el método de Petersen (1892) el cual detectó sólo las modas principales, en este



sentido Schnute y Fournier (1980) remarcan la tendencia a agrupar las clases finales si sus medias están muy cercanas o contienen porcentajes pequeños del número de peces, aunado a esto, Salgado *et al.* (2005) mencionan que los histogramas clásicos usan intervalos de amplitudes fijas que impiden la presencia de componentes dominantes y menores, por esta razón los EDK's permitieron una mayor separación de las modas que componen a la población de la sarangola. Sin embargo, para el mes de abril los EDK's en combinación con el método de Bhattacharya mostraron 7 modas.

Las escamas y los otolitos son dos de las estructuras que más se utilizan en la determinación de la edad (Holden y Raitt, 1975). La relación entre el crecimiento de dichas estructuras con respecto al tamaño del organismo muestran una tasa directamente proporcional, lo cual indica que conforme el organismo incrementa en tamaño, sus escamas y otolitos crecen a una tasa de crecimiento igual, lo que comprueba la confiabilidad de ambas estructuras en la interpretación de la edad (Campana y Neilson, 1985). En las escamas se determinaron 13 grupos de edad lo cual coincidió con el número de grupos de edad obtenidos mediante los otolitos, a diferencia de los grupos modales obtenidos por lo métodos indirectos que señalaron sólo 7 grupos modales. Es pertinente aclarar que en los métodos indirectos sólo se contemplaron los organismos que provinieron de la captura comercial razón por la cual el número de grupos modales fue menor y la asignación en éstos fue diferente, es decir, el primer grupo modal en frecuencias de tallas correspondió al grupo de edad 4 determinado en métodos directos y así sucesivamente. Con los métodos directos se observaron de 1 a 13 anillos de crecimiento (incluyendo a organismos juveniles y adultos). A pesar de las discrepancias en el número de grupos modales y/o de edad, las tallas promedio para cada grupo empleando los diferentes métodos fueron muy similares en los grupos detectados. Para las sarangolas de la localidad de Melaque se estableció que la captura comercial está compuesta por organismos con edades que variaron entre los 4 y los 13 años de edad.

Como ya se mencionó anteriormente la información acerca de la dinámica poblacional para la especie es escasa, por lo que Holden y Raitt (1975) mencionan que en estos casos conviene examinar diversas estructuras para determinar cuál da mejores resultados y en algunos casos la evaluación por dos métodos es de gran ayuda ya que se complementan mutuamente. Whitelaw (1985) sugiere que al determinar la edad en peces tropicales existen algunas dificultades adicionales cuando el estudio se basa sólo en una estructura dura, por lo que frecuentemente se requiere del apoyo de otras técnicas que permitan corroborar los resultados obtenidos. Es importante mencionar que en el presente trabajo, los métodos indirectos identificaron algunos grupos de edad que fueron corroborados por los métodos directos. Mediante la lectura de escamas, las



hembras y los machos presentaron de 3 a 11 anillos de crecimiento. A partir del grupo de edad 4 se observó que la mayoría de los organismos ya presentaron su primera madurez sexual. La identificación de los anillos de crecimiento resultó más sencilla en las escamas que en los otolitos pues la distancia entre los últimos anillos es menor y en los otolitos fue más difícil la diferenciación entre éstos. En el caso de los métodos directos de acuerdo a la variación que tuvieron los valores observados y calculados a partir de las escamas y los otolitos, la estructura que obtuvo una sumatoria de diferencias al cuadrado menor fueron los otolitos. A pesar de que en los otolitos el reconocimiento de las bandas de crecimiento fue más difícil sobre todo en los últimos anillos, sin embargo fue la mejor estructura para la determinación de la edad en comparación con las escamas.

Billings (1987) determina hasta 8 grupos de edad para *Haemulon plumieri* mediante otolitos en la zona de Campeche, sin embargo con las escamas determinó 6 grupos de edad. El mismo autor reporta 7 grupos de edad para *H. album* en el suroeste de Cuba mediante otolitos. Por su parte, Cruz-Romero *et al.* (1993) reportan 12 grupos de edad para las especies: *H. sexfasciatum*, *H. flaviguttatum*, *H. maculicauda*, *Anisotremus interruptus* y *M. brevipinnis* en la zona de Manzanillo, Colima al utilizar el análisis de frecuencia de tallas y Gallardo-Cabello *et al.* (2003) determinan 9 grupos de edad obtenidos de las escamas del bacoco *A. interruptus* en Manzanillo, Col. Lo anterior señala que los grupos de edad detectados en el presente trabajo entran en el intervalo de grupos de edad estimados para los hemúlidos. Por su parte en la tabla 8.3.6 se presentan las tallas promedio a cada grupo de edad para algunas especies de hemúlidos en varias regiones, de las cuales la sarangola de Melaque es la que alcanza mayor edad con 13 años. Por su parte las especies que presentaron menos grupos de edad fueron *P. jubelini* (Alberdi, 1971) en África del Este, *P. striatum* (Latif y Shenouda, 1972) en el Golfo de Suez con 3 años y *B. auritas* (Raitt y Sagua, 1969) en Nigeria, con 4 años. Es importante señalar que el factor de la latitud de las regiones influye en la edad de los organismos, pues conforme los peces se encuentran más cerca del Ecuador las edades de los organismos tienden a ser menores de aquellas especies que habitan en altas latitudes, las cuales llegan a alcanzar mayores tallas y por lo consiguiente viven más tiempo (Taylor, 1958). Es el ejemplo de *H. aerolineatum* en el Banco de Campeche, estudiado por Sokolova (1965) con 6 años, y Sauskan y Olayechea (1974) con 7 años, mientras que para la misma especie en el Sureste de Estados Unidos, Manooch y Barans (1979) reportaron organismos de 9 años de edad. El mismo caso sucede con *H. plumieri*, en el Banco de Campeche donde la latitud es menor por ubicarse más cerca del Ecuador y Kapote (1971) reporta organismos de 6 años de edad con un talla promedio de 307 mm, mientras que organismos de la misma especie en Carolina del Norte y Sur, donde la latitud es mayor, Manooch (1976) encontró organismos hasta de 12 años de edad alcanzando tallas de 492 mm.



9.4 Periodicidad de anillos y bandas de crecimiento.

Se llevaron a cabo los análisis del incremento marginal y de bordes en escamas y otolitos respectivamente. El análisis del Incremento Marginal sugirió un periodo de formación del anillo en el mes de junio al presentarse los valores mínimos. Estos resultados coinciden con el análisis de bordes (opacos o hialinos) en los otolitos, pues justo en esta temporada se observó la mayor frecuencia de organismos que formaron un borde hialino indicando el crecimiento lento en el momento en el que se forma el anillo de crecimiento y posteriormente la formación de la banda opaca que refleja un crecimiento rápido, alcanzó sus máximos valores en el mes de diciembre, la formación de cada banda respectivamente tuvo una duración de aproximadamente 6 meses, indicando que en un periodo de un año se formó una zona hialina y una opaca. Estos resultados coinciden con Neves y Silva (2007) que determinaron la formación de un anillo de crecimiento en un ciclo anual en otolitos de *H. plumieri* en Brasil mediante el análisis de incremento marginal con la formación en el periodo de enero a marzo cuando la proporción de márgenes translúcidos obtuvieron los niveles más altos. Sin embargo se establecen diferencias con Potts y Manooch (2001), y Murie y Parkyn (2005) pues reportan que la zona opaca coincide con la época de desove. Por su parte para el bacoco (*A. interruptus*), en Manzanillo, Colima, Gallardo-Cabello (2003) determinaron la formación de anillos de crecimiento con ritmos anuales, en el mes de abril. Lo anterior enfatiza que los estudios realizados en hemúlidos han coincidido en los periodos de formación de los anillos de crecimiento, la frecuencia con la que se forman y la razón por la que se forman.

9.5 Estimación del crecimiento

Los parámetros de crecimiento obtenidos a partir del método de Ford-Walford y ajustados posteriormente por el Solver (Microsoft, 1992) brindaron una mejor estimación de los parámetros. Salgado-Ugarte *et al.* (2005) señalan que el método de Ford-Walford es de los más simples en la estimación de los parámetros sobretodo en la obtención rápida de la L_{∞} .

Los parámetros obtenidos a partir de estructuras duras (escamas y otolitos) de *M. brevipinnis* fueron muy similares entre sí y ambas determinaron la edad de manera confiable, sin embargo los otolitos se aproximaron en mayor medida a los datos observados. Se considera que a valores pequeños de "k", los valores de la longitud asintótica (L_{∞}) son más altos y describe la rapidez en que un pez cesa su crecimiento o qué tan rápido es capaz de alcanzar su longitud máxima (Buesa, 1987). Un valor alto de k describe a una especie de vida corta que alcanza su longitud asintótica en uno o dos años, mientras que valores bajos de k resultan en una curva de crecimiento aplanada definiendo a las especies que necesitan muchos años para acercarse a su



L_{∞} (Salgado-Ugarte, 2005). De acuerdo con lo anterior, el parámetro de curvatura de la sarangola ($k=0.20-0.22$ año⁻¹) se le considera un valor medio, que a los 13 años de edad alcanza una talla de 350 a 360 mm de longitud total casi su longitud infinita (L_{∞}). Así también se obtuvieron los parámetros de crecimiento por sexos mediante el análisis de los otolitos, se registró que la L_{∞} fue mayor en las hembras que en los machos, por lo que al alcanzar mayores tallas, el índice catabólico (k) en las hembras fue más bajo comparado con el de machos, por esta razón los machos alcanzan más rápidamente su L_{∞} al presentar un índice k más alto.

Cruz-Romero *et al.* (1993) estimaron los parámetros de crecimiento para esta especie en Manzanillo, siendo $L_{\infty}= 368$ mm, $k= 0.134$ y $t_0= -0.08$. Cabe resaltar que los autores determinaron estos parámetros mediante el análisis de frecuencias de tallas. En este sentido, Buesa (1987) menciona que las formas rápidas para la determinación de la edad como el análisis de frecuencias desarrollan estimaciones aproximadas del crecimiento y de las tasas de mortalidad, deben ser validados posteriormente mediante estructuras duras adecuadas para la determinación de la edad. En base a este argumento, las estructuras duras utilizadas en el presente trabajo son sin lugar a dudas la mejor opción, aunque requieren de mayor esfuerzo, tiempo e inversión, sin embargo, los resultados son más precisos y confiables, lo cual permite generar sugerencias en la elaboración de medidas de regulación y su subsecuente plan de manejo para la explotación adecuada de los recursos, en este caso de la sarangola o ronco rayado. En la tabla 8-3.7 se presentan los valores de los parámetros de crecimiento de otros hemúlidos en la que se aprecia que los organismos que habitan las aguas frías alcanzan mayores tallas, mientras las que viven en aguas cálidas sus longitudes son menores y los valores de k son altos, es el caso de *H. aerolineatum* en el sureste de Estados Unidos en el que Manooch y Barans (1979) reportan una $L_{\infty}= 310$ mm y una $k= 0.220$ (año⁻¹), mientras que los parámetros de crecimiento para esta misma especie obtenidos por Sauskan y Olayechea (1974) en el Banco de Campeche son: $L_{\infty}= 200.36$ mm y $k= 0.664$ (año⁻¹). Lo mismo sucede con *H. plumieri* en Jamaica, Billings y Munro (1974) estimaron una $L_{\infty}= 420.00$ mm y una $k= 0.710$ (año⁻¹), a diferencia de los organismos de Carolina del Norte y Sur, donde Manooch (1976) reportó una $L_{\infty}= 640.00$ mm y una $k= 0.108$ (año⁻¹). Con lo anterior se deduce que la longitud asintótica (L_{∞}) es inversamente proporcional al índice catabólico (k) y a temperaturas más frías los organismos alcanzan mayores tallas y tardan más tiempo en alcanzar su longitud infinita por lo tanto viven más tiempo. Al encontrarse la sarangola en una zona donde tienen influencia la corriente de California (agua fría) y la contracorriente Norecuatorial (agua cálida) le confieren una talla mediana (360-390 mm de longitud total), comparada con otros hemúlidos y una longevidad de 13 años aproximadamente.

La tasa de crecimiento en longitud obtenida por medio de los otolitos, demostró una disminución conforme los organismos adquirieron mayores edades, el crecimiento se manifestó sobretodo en los primeros cinco



años, sin embargo la mayor tasa de crecimiento en longitud se presentó durante el primer año de vida al alcanzar los 116.52 mm, con la finalidad de disminuir su tasa de mortalidad natural dada por la depredación. De las edades 6 a 8 la tasa de crecimiento disminuyó notablemente hasta que a edades posteriores el crecimiento en longitud se convierte en asintótico pues ya no refleja cambios importantes. Por su parte, la tasa de crecimiento en peso indicó un crecimiento medio en los primeros tres años, sin embargo alcanzó el punto máximo entre los 4 y 5 años, lo que refleja el mayor incremento en peso por efecto de la maduración de las gónadas para la fase reproductiva. Posterior a los 7 años la tasa de crecimiento en peso comenzó a disminuir de manera progresiva. La diferencia entre sexos consiste en que las hembras adquirieron mayor tamaño y mayor peso en la edad 13 a diferencia de los machos que alcanzaron tallas y pesos menores.

La tasa de crecimiento para la sarangola coincidió con lo que encontró Buesa (1987) indicando que entre menor es la longitud máxima para algunas especies, la tasa de crecimiento es más alta. Las especies con longitudes máximas menores a los 510 mm (como es el caso de la sarangola) son capaces de alcanzar hasta 65% de dicha longitud durante el primer año de crecimiento y entre los 2 y 6 años de edad alcanzan de 84 a 99% de su longitud máxima.

9.6 Índice morfofisiológicos y factor de condición relacionados a la temperatura superficial del agua y la precipitación pluvial.

Los índices gonadosomático y hepatosomático muestran una proporcionalidad inversa, cuando el valor de IGS es alto, el valor de IH es bajo. Se presentó un pico importante de valores altos de IGS que corresponde de diciembre a marzo, mientras que los valores de IHS fueron los más bajos en esta temporada.

Wallace y Selman (1981) menciona que esta relación inversa está relacionada con el uso de las reservas de ácidos grasos depositados en el hígado durante el crecimiento de las gónadas y la maduración. Así mismo el peso del hígado aumentó antes de la reproducción, lo cual coincide con Bustamante (1983) que explica que se lleva a cabo en el hígado la síntesis de lípidos y proteínas necesarias para el desarrollo de las gónadas. En los meses de mayo, junio y septiembre se presentaron los valores más bajos del IGS denotando que el peso de la gónada disminuyó con respecto al peso total de los organismos.

En el mes de abril el IGS disminuyó, lo que indica que los ovocitos fueron liberados y a su vez coincidió con la variación del desarrollo gonádico en el que una alta frecuencia de organismos durante esta época presentaron estado de madurez VI (postdesove). De acuerdo con lo anterior, se concluye que la temporada de desove se



presentó de diciembre a marzo temporada en la que también se destaca una disminución del factor de condición. La formación del anillo de crecimiento se presentó en junio coincidiendo con los eventos reproductivos. Por su parte, el factor de condición (FC) y el índice hepatosomático (IHS) presentaron sus máximos valores cuando los valores del índice gonadosomático (IGS) fueron los más bajos en la sarangola durante el periodo que comprende de mayo a octubre, época que se caracterizó por la presencia de lluvias y huracanes en la zona, lo que generó una alta disponibilidad de alimento, debido al acarreo de nutrientes al mar provenientes de los ríos y de la zona costera, propiciando una mayor alimentación y por lo tanto valores altos en el factor de condición de los peces. Palazón (2007) registra resultados similares para *Haemulon plumieri* en Venezuela, en el que el FC no está relacionado con el IGS pues en peces tropicales el factor de condición puede disminuir durante la época de desove debido a la pérdida en peso de aproximadamente 10% del peso total.

Hay tres pautas del patrón de corrientes predominantes para la región del Pacífico Central mencionadas por Wirtky (1965) como son: la Corriente de California caracterizada por masas de agua fría, observada en los meses de febrero a abril, la Contracorriente norecuatorial de agua superficial cálida y por último la transición que se produce por efecto de las dos corrientes, una fría y la otra cálida, generando las temperaturas intermedias observadas en los meses de mayo a julio.

En relación a los cambios biológicos con respecto a la temperatura se observó que el desove de la sarangola se lleva a cabo entre los 23.5 y los 27° C, es pertinente señalar que correspondió a la época en la que las temperaturas fueron más bajas durante un ciclo anual en la zona por la influencia de la corriente de California. Así también Munro *et al.* (1973) indica que el desove de los hemúlidos en Jamaica se asocia con la temperatura del agua, registrándose el máximo desove durante las temperaturas más bajas (febrero-abril) a pesar de que algunos desoves ocurren durante todo el año. Por su parte, Gómez y Chanut (1993) reportaron que el principal pico de desove para *H. plumieri* en el noreste de Venezuela también ocurre de febrero a abril cuando la temperatura del agua alcanza un mínimo y la producción primaria neta es muy alta ya que se asocia con una surgencia costera.

Los datos de la temperatura influyen de acuerdo con Holden y Raitt (1975) en la distribución geográfica de una especie, en que los peces se agrupan en el límite de una corriente mecánicamente o porque el alimento se acumula en esta zona de afloramiento o divergencia.



Con respecto a los parámetros de temperatura y precipitación en la zona de estudio, se observó un desfase de dos meses, cuando se presentó un aumento en la temperatura, se apreció un incremento en los valores de precipitación dos meses después y un descenso de la temperatura.

Por otra parte es importante señalar que la precipitación influye de manera directa en el acarreo de materia orgánica y una gran cantidad de nutrientes que se incorporan al sistema. En los meses posteriores a la precipitación se espera que la disponibilidad de alimento es mayor y favorece el crecimiento de organismos principalmente de alevines, razón por la cual las sarangolas aprovechan esta temporada para desovar, pues en estas condiciones, principalmente de mayor disponibilidad de alimento y de temperatura son las más apropiadas para garantizar una mayor sobrevivencia de los alevines.

En relación a la precipitación, al final de la temporada de lluvias (octubre) el IHS aumentó, los organismos aprovecharon la disponibilidad de alimento para almacenar gran cantidad de grasas.

Debido a que en la época reproductiva los organismos aprovechan la energía almacenada en el hígado, el índice disminuyó notablemente, sin embargo, una vez que se presentó el desove de los organismos, los valores del índice hepatosomático se incrementaron rápidamente.



X. CONCLUSIONES

- ❖ El intervalo de tallas de los organismos capturados comprendió de 125 a 430 mm de longitud total y un peso entero de 24 a 2194 g. La talla promedio de los organismos que se capturaron con mayor frecuencia en las redes correspondió a 300 mm, lo que indica que estos organismos son los que soportan la pesquería.
- ❖ Las asociaciones de las variables morfométricas mostraron una alta proporcionalidad en la relación longitud total-longitud patrón y en la relación longitud total-altura máxima al indicar el valor de sus pendientes valores cercanos a 1 y no mostrar estadísticamente diferencias significativas respecto a este valor.
- ❖ La relación talla-peso indicó un crecimiento isométrico ($b=3$) en el que hay una proporcionalidad directa en la longitud total y el peso total tanto para la especie como para ambos sexos.
- ❖ La relación longitud total-peso eviscerado fue isométrica para la especie, pero se observó una diferencia a nivel de sexos al presentarse una alometría negativa.
- ❖ El método de Petersen permitió la identificación de 4 modas. El mes de reclutamiento al arte corresponde al mes de abril al encontrarse organismos con una talla de 220 mm de longitud total.
- ❖ Los EDK's (Estimadores de Densidad por Kernel) en conjunción con el método de Bhattacharya resultaron ser el método indirecto más preciso al identificar 7 modas.
- ❖ Las escamas de la sarangola son de tipo ctenoide, de tamaño mediano, firmes y de forma ligeramente cuadrangular, presenta de 7 a 12 radios y el foco se caracterizó por estar ligeramente desplazado al borde posterior.
- ❖ Los anillos de crecimiento se identificaron como una línea opaca seguida por una línea traslúcida y finalmente una marca opaca. La distancia entre los anillos de crecimiento fue disminuyendo conforme aumentó la edad.



- ❖ En la relación largo-ancho de la escama se presentó un crecimiento diferencial, en el que fue mayor el crecimiento en longitud que en anchura de la escama.
- ❖ La confiabilidad del uso de las escamas en la determinación de la edad se demostró por el análisis biométrico de estas estructuras con respecto a la longitud del pez, encontrándose un crecimiento isométrico.
- ❖ Se identificaron de 1 a 13 anillos de crecimiento en las escamas, la mayor concentración de organismos capturados presentaron entre 6 y 8 anillos. Los organismos capturados durante el muestreo biológico presentaron en sus escamas de 1 a 3 anillos.
- ❖ Mediante el análisis del incremento marginal en escamas se determinó la formación anual de los anillos de crecimiento en el mes de junio.
- ❖ La morfología de las sagittae de la sarangola se caracterizó por ser de tamaño mediano y de forma ovalada, siendo la parte central la más amplia y en sus extremos más reducida, la cara interna se caracterizó por la presencia del canal acústico. En la cara externa en el margen anterior, se observó al rostrum definido por su forma redondeada y separado del antirostrum por una excisura mayor. El núcleo se ubicó en la parte central de la estructura y se mostró ligeramente opaco. Por su parte los anillos de crecimiento se caracterizaron como una banda opaca y una hialina que se forman de manera excéntrica alrededor del núcleo.
- ❖ Mediante el análisis de regresión entre la longitud de la sagitta y la longitud total del pez, se observó que la sagitta es un buen indicador del crecimiento somático del pez.
- ❖ El análisis de las sagittae permitió la observación de 1 a 13 anillos de crecimiento, la mayor frecuencia de organismos presentaron de 6 a 9 anillos y la menor frecuencia de organismos se presentó a partir del grupo de edad 9 al 13.
- ❖ Las hembras presentaron de 3 a 11 anillos de crecimiento en las sagittae, mientras que en los machos se observaron de 3 a 12.



- ❖ El mayor porcentaje de otolitos con bordes opacos se presentó en el mes de diciembre y el mayor porcentaje de otolitos con bordes hialinos ocurrió en el mes de junio, por lo tanto la duración de estas bandas dura 6 meses para cada caso.
- ❖ De los métodos directos (escamas y otolitos) e indirectos (Petersen y EDK-Bhattacharya) empleados, se concluye que los métodos directos proporcionan mejor información y más precisa. Mediante la lectura de las escamas y el análisis de los otolitos se determinaron 13 grupos de edad, mientras que con los métodos indirectos fueron 7 grupos.
- ❖ Los parámetros de crecimiento obtenidos mediante la lectura de escamas para la especie fueron: $L_{\infty} = 368.66$ mm, $k = 0.226$ (año⁻¹) y $t_0 = -0.724$.
- ❖ Los parámetros de crecimiento obtenidos mediante el análisis de otolitos para la especie fueron: $L_{\infty} = 388.68$ mm, $k = 0.207$ (año⁻¹) y $t_0 = -0.718$.
- ❖ Los otolitos obtuvieron una sumatoria de diferencias al cuadrado menor con respecto a los valores observados, por tal razón los otolitos representaron el mejor método para determinar la edad de la sarangola.
- ❖ Las diferencias del crecimiento entre sexos determinadas por otolitos fueron: para hembras: $L_{\infty} = 489.05$ mm, $k = 0.0821$ (año⁻¹) y $t_0 = -4.251$. En machos: $L_{\infty} = 381.81$ mm, $k = 0.197$ (año⁻¹) y $t_0 = -1.122$.
- ❖ La tasa de crecimiento en longitud mostró sus valores más altos durante los primeros cinco años de vida del pez, durante el primer año alcanzó hasta el 65% de su longitud máxima, lo que favoreció una disminución en la depredación durante la etapa juvenil de la sarangola.
- ❖ La tasa de crecimiento en peso alcanzó sus valores más altos entre los 4 y 5 años por efecto de la maduración de las gónadas para la fase reproductiva, posterior a los 7 años la tasa de crecimiento en peso comenzó a disminuir de manera progresiva.
- ❖ La sarangola alcanza el 95% de su longitud infinita a los 13.75 años. Las hembras la alcanzan a los 32 años y los machos a los 14 años.



-
- ❖ La proporción sexual a nivel mensual demostró valores de 1:1 hembras y machos.
 - ❖ El periodo reproductivo corresponde de diciembre a marzo.
 - ❖ El índice hepatosomático presentó los valores más altos en el periodo de mayo a junio y decrecen de diciembre a enero cuando los valores del índice gonadosomático fueron los más altos, lo que indica que entre estos índices existe una relación inversa.
 - ❖ El factor de condición muestra sus valores máximos de mayo a octubre periodo relacionado con una alta disponibilidad de alimento en el medio y por lo tanto una mejor alimentación.
 - ❖ Se observaron las tres pautas del patrón de corrientes predominantes para la región del Pacífico Central descritas por Wirtky, la influencia de la Corriente de California caracterizada por masas de agua fría en los meses de febrero a abril, la Contracorriente Ecuatorial que conlleva agua superficial cálida y por último la corriente de transición que se produce por efecto de las dos corrientes, una fría y la otra cálida, generando las temperaturas intermedias identificadas en los meses de mayo a julio.
 - ❖ Se observó un desfase de dos meses entre los valores máximos de la temperatura y la precipitación.
 - ❖ Mediante el análisis de la relación entre la temperatura y la precipitación se observa que la sarangola desova cuando hay una alta disponibilidad de alimento y la temperatura del agua es más fría por la influencia de la corriente de California.



IX. LITERATURA CITADA

- Aguilar-Palomino, B., J. Mariscal-Romero, G. González-Sansón y L. E. Rodríguez-Ibarra. 1996. Ictiofauna demersal de fondos blandos de la plataforma continental de Jalisco y Colima, México, en la primavera de 1995. *Ciencias Marinas*. 22(4): 469-481.
- Aguirre, H., F. Amezcua, J. Madrid-Vera y C. Soto. 2008. Length-weight relationship for 21 fish species from a coastal lagoon in the southwestern Gulf of California. *Journal of Applied Ichthyology*. 24:91-92.
- Alberdi, P. G. 1971. Biologie et Pêche du "Sompat" *Pomadasys jubelini* (Cuvier, 1830) des Eaux-Senegambiennes. ORSTOM. Documents Scientifiques. Centre de Recherches Oceanographiques de Dakar-Thiaroye. 30.
- Allen, G. R y D. R. Robertson. 1994. Fishes of the tropical eastern Pacific. University of Hawaii Press. 332 págs.
- Atlas of the Oceans: Pacific Ocean. 1974. Gunio, Leningrad, 302 págs.
- Badan, A. 1997. La Corriente Costera de Costa Rica en el Pacífico mexicano. Monografía No. 3, Unión Geofísica Mexicana, 99-112 p.
- Bhattacharya, C. G. 1967. A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. *Biometrics*. 23:115-125.
- Beverton, R. J. H. y S. J. Holt. 1957. On the dynamics of the exploited fish populations. Fisheries Investigation of Ministry of Agriculture and Fisheries and Food Great Britain (2 Sea Fisheries) 19.
- Billings V. y J. Munro. 1974. The biology, ecology, exploitation and management of Caribbean reef fishes. Part. VI: The biology, ecology and bionomics of Caribbean reef fishes: Haemulidae (grunts). Research Report from the Zoology Department, University of the West Indies. 3: 128 pp.
- Briggs, J.C. 1974. Marine Zoogeography. McGraw-Hill, New York. 475 pp.
- Buesa, R. J. 1987. Growth rate of tropical demersal fishes. *Marine Ecology-Progress Series*. 36:191-199.
- Bullock, L. H., M. F. Godcharles y M. E. Mitchell. 1992. Age, growth and reproduction of jewfish. *Ephinephelus itajara* in the eastern Gulf of Mexico. *Fishery Bulletin*. 90:243-249.
- Bustamante, G. 1983. Variaciones estacionales de algunos índices morfo-fisiológicos y bioquímicos del jallao, *Haemulon album*, en la plataforma suroccidental de Cuba. Reporte de Investigación del Instituto de Oceanología. Academia de Ciencias de Cuba. 10:1-13.
- Calderón-Riveroll, G. y Ness, G.E. 1987. Atlas/ memoria del levantamiento geofísico de la zona económica exclusiva y margen continental oeste de México. Gravedad, magnetismo y batimetría. Secretaría de Marina. Dirección General de Oceanografía Naval. México. 65 págs.
- Campana, S. E. y J. D. Neilson. 1985. Microestructure of fish otoliths. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatics Sciences*. 42: 1014-1032.



-
- Carta Nacional Pesquera. 2006. Diario Oficial de la Federación. Instituto Nacional de la Pesca. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. <http://www.inp.sagarpa.gob.mx/Docs/Carta%20Nacional%20Pesquera%202005/CNP2005.htm>
- Csirke, B. J. 1989. Introducción a la dinámica de poblaciones de peces. Instituto del Mar de Perú. Organización para la Alimentación y la Agricultura. Documento Técnico de Pesca (192). 79 págs.
- Cruz-Romero, M., E. Espino-Barr y A. García-Boa. 1993. Aspectos poblacionales de cinco especies de la familia Haemulidae (Pisces), en la costa de Colima México. Ciencia Pesquera. 10:43-54.
- Darcy, G. H. 1983. Synopsis Of biological data on the grunts *Haemulon aurolineatum* and *H. plumieri* (Pisces: Hamulidae). National Oceanic and Atmospheric Administration. Technical Report. National Marine Fisheries Service. Circular 448. Food and Agriculture Organization. Fisheries Synopsis No. 133. 37 págs.
- Danevig, E.H. 1956. Chemical composition of the zones in cod otoliths. J. Cons. pour Ing. Explor. Mer, 21:156-159
- Davis, T. L. O. y G. J. West. 1992. Growth and mortality of *Lutjanus vittus* (Quoy and Garmaid) from the North West Shelf of Australia. Fishery Bulletin. United States. 90:395-404.
- De la Lanza, G. E. 1991. Oceanografía de Mares Mexicanos. AGT Editor. 569 págs.
- Degens, E. T., W. G. Deuser y R. L. Haedrich. 1969. Molecular structure and composition of fish otoliths. Marine Biology. 2:105-113.
- Ehrhardt, N. M. 1981. Curso sobre métodos en dinámica de poblaciones. Primera Parte: Estimación de Parámetros Poblacionales. Organización para la Alimentación y la Agricultura/Instituto Nacional de la Pesca. México. 133 págs.
- Escobar-Fernández, R. 1989. Peces marinos: Tiburones y peces de escama. In: Siri, C. M., y P. Moctezuma H. (eds). La pesca en Baja California. Universidad Autónoma de Baja California. México. 211 págs.
- Espino-Barr, E., E. G. Cabral-Solís, A. Garcia-Boa y M. Puente-Gómez, 2002. Diagnóstico de la pesca ribereña en la costa de Jalisco. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de la Pesca. Centro Regional de Investigación Pesquera de Manzanillo. Informe de Investigación. 52 págs.
- Espino-Barr, E., M. Gallardo-Cabello, F. González-Orozco y A. Garcia-Boa, 2004. Análisis del crecimiento y la mortalidad de *Anisotremus interruptus* (Gill, 1863) (Perciformes: Haemulidae) en la costa de Colima, México. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras. 33: 67-75.
- Espino Barr, E., E. G. Cabral Solís, A. Garcia Boa y M. Puente Gómez, 2004b. Especies marinas con valor comercial de la costa de Jalisco, México. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación – Instituto Nacional de la Pesca. México. 145 págs.
- Espino-Barr E., A. González., H. Santana y H. González. 2006. Manual de Biología Pesquera. Instituto Nacional de la Pesca. Universidad Autónoma de Nayarit. 121 págs.



-
- Filonov, A. E., Tereshenko, I. E., Monzón, C. O., González-Ruelas, M., y Godínez-Domínguez, E. 2000. Variabilidad estacional de los campos de temperatura y salinidad en la zona costera de los estados de Jalisco y Colima. *Ciencias Marinas*. 26:303-321.
- Finucane, J. H. y L. A. Collins. 1984. Reproductive biology of cero, *Scomberomorus regalis*, from the coastal waters of South Florida. *NE Gulf Science*. 7(1):101-107.
- Fischer, W., F. Krupp, W. Schneider, K. E. Carpenter y V. H. Niem (Eds.) 1995. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de pesca. Pacífico Centro Oriental. Organización para la Alimentación y la Agricultura. Roma. II y III: 647-1813.
- Ford, E. 1933. An account of the herring investigations conducted at Plymouth during the years from 1924-1933. *Journal of Marine Biology Assessment*. 19:305-384.
- Gallardo-Cabello, M., E. Espino-Barr, F. González y A. Garcia-Boa. 2003. Age determination of *Anisotremus interruptus* (Perciformes: Haemulidae) by scale reading, in the coast of Colima, Mexico. *Revista de Biología Tropical* 51(2): 519-528.
- Gallegos, A., R. Rodríguez, E. Márquez, R. Lecuanda, J. Zavala-Hidalgo. 2006. Una climatología de la temperatura de la superficie del mar de las aguas adyacentes a las costas de Jalisco, Colima y Michoacán, México: 1996-2003. In Jiménez, Q. M del C., y Espino-Barr, E. (Eds). Los recursos pesqueros y acuícolas de Jalisco, Colima y Michoacán. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de la Pesca. México. 622 págs.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köpen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México D. F. 246 págs.
- Godínez-Domínguez, E., J. Rojo-Vázquez, V. Galván-Piña y B. Aguilar-Palomino. 2000. Changes in the structure of a coastal fish assemblage exploited by a small scale gillnet fishery during an El Niño-La Niña event. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 51:773-787.
- Golden Software surfer 8. <http://www.goldensoftware.com/products/surfer/surfer.shtml>
- Gómez, A. y J. P. Chanut. 1993. Hidrografía, producción primaria y abundancia planctónica al sur de la Isla de Margarita, Venezuela. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela*. Universidad de Oriente. 32:27-44.
- Gómez-Márquez, J. L. 1994. Métodos para determinar la edad en los organismos acuáticos. FES Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. México D. F. 89 págs.
- Guerra, D. T, M. J. Marques D. S., J. M. López R. 2005. Cuaderno de Problemas de Probabilidad y Estadística. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. 254 págs.
- Gulland, J. A. 1971. Manual de métodos para la evaluación de las poblaciones de peces. Edit. Acribia. España 164 págs.



- Gulland, J. A., y Rosenberg, A. A. 1992. Examen de los métodos que se basan en la talla para evaluar las poblaciones de peces. Organización para la Alimentación y la Agricultura. Documento Técnico de Pesca 323. Roma. 112 págs.
- Hendrickx, M. 1995. En: W. Fischer, F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K.E. Carpenter y V.H. Niem (eds.), Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro-oriental. Organización para la Alimentación y la Agricultura-Comunidad Económica Europea-FISNORAD, 1813 págs.
- Hobson, E. S., 1968. Predatory behavior of some shore fishes in the Gulf of California: U. S. Dep. Of the Interior. Research Report. 73-92 p.
- Holden, M. J y D. F. S. Raitt. 1975. Manual de Ciencia Pesquera. Parte 2. Métodos para investigar los recursos y su aplicación. Organización para la Alimentación y la Agricultura. 115 Rev. 1211 págs.
- Hydrology of the Pacific Ocean. 1968. Nauka, Moscow, 524 págs.
- Integrated Taxonomic Information System (ITIS). <http://www.itis.usda.gov>. 21/04/08
- Jones, M., C. 1990. Variable kernel density estimates. Australian Journal of Statistics 32:361-371.
- King, M. 1995. Fisheries biology, assessment and management. Fishing New Books. Blackwell Science, Ltd. 341 págs.
- Konchina V. 1977. Systematic and distribution of grunts (Family Haemulidae). Voprosy Ihtiologii. 16 (6): 101.
- Lagler, K. F., J. E. Bardach, R.R. Miller y D.R. M. Passino. 1977. Ictiología. AGT Editor. S. A. 489 págs.
- Lai, H. L. and H. Liu. 1979. Age and growth of *Lutjanus sanguineus* in the Arafura sea and north west shelf. Acta Oceanográfica Taiwanica. 10:164-175.
- Latif, A. F. y T. S. Shenouda. 1972. Biological studies on *Rhonciscus straitum* (Pomadasyidae) from the Gulf of Suez. Bulletin of the Institute of Oceanography and Fisheries. 2. Cairo.
- Leta, H. R., y Keim A. 1982. Lectura de edades en otolitos de peces teleósteos. Instituto Nacional de Pesca. Montevideo, Uruguay. 51 págs.
- Manooch, C. S., III. 1976. Age, growth and mortality of the white grunt, *Haemulon plumieri* La-cépède (Pisces: Pomadasyidae), from North Carolina and South Carolina. Proc. Annu. Conf. SE Assoc. Fish Wildl. Agencies 30:58-70.
- Marques, M. J. 2001. Estadística básica. Un enfoque No-paramétrico. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. 171 págs.
- Mariscal-Romero, J., B. Aguilar-Palomino, G. Lucano-Ramirez, A.R. Raymundo-Huizar, L. E. Rodriguez-Ibarra, S. Ruiz-Ramírez, G. Gonzalez-Sanson. 1998. Demersal fish assemblages of the continental shelf off Colima and Jalisco, Mexico (spring, 1995). Ciencias Marinas. 24(1):35-34



- Meyer, A., B. Velázquez y M. Patiño. 2006. Ciclo anual de variables hidrobiológicas en el estuario Barra de Navidad, México. In: Jiménez, Q. M del C., y Espino-Barr, E. (Eds). Los recursos pesqueros y acuícolas de Jalisco, Colima y Michoacán. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de la Pesca. Centro Regional de Investigación Pesquera de Manzanillo. 622 págs.
- Microsoft. 1992. Manual de usuario. Referencia de funciones. Microsoft Excel. United States of America. 702 págs.
- Mugiya, Y., N. Watabe, J. Yamada, J. M. Dean, D. G. Dunkelberger, y M. Shimuzu. 1981. Diurnal rhythm in otolith formation in the goldfish *Carassius auratus*. Comp. Biochem. Physiol. 68A. 659-662. In: Campana, S. E. y J. D. Neilson. 1985. Microestructure of fish otoliths. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 42: 1014-1032.
- Munro, J. L., V. C. Gaut, R. Thompson y P. H. Reeson. 1973. The spawning seasons of Caribbean reef fishes. Journal of Fishery Biology. 5:69-84.
- Murie, D. J., y D. C. Parkyn. 2005. Age and growth of white grunt (*Haemulon plumieri*): a comparison of two populations along the west coast of Florida. Bulletin of Marine Science. 76(1):73-93.
- Nelson, J.S., E.J. Crossman, H. Espinosa-Pérez, L.T. Findley, C.R. Gilbert, R.N. Lea y J.D. Williams, 2004. Common and scientific names of fish from the United States, Canada, and Mexico. 6th. American Society Special Publication 29. Bethesda, Maryland. 264 págs.
- Neves, A. J y A. Silva M. 2007. Age, growth and mortality of white grunt (*Haemulon plumieri*) from the central coast of Brazil. Scientia Marina. Barcelona, España. 71(4):793-800.
- Palazón-Fernández, J. L. 2007. Reproduction of the white grunt, *Haemulon plumieri* (Lacépède, 1802) (Pisces: Haemulidae) from Margarita Island, Venezuela. Scientia Marina. 71(3):429-440.
- Panella, G. 1971. Otoliths daily growth layers and periodical patterns. Science. 173:1124-1127.
- Pauly, D. 1983. Algunos métodos simples para la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Food and Agricultural Organization. Fisheries Technical Paper. 234. 49 págs.
- Petersen, C. G. J. 1892. Fiskenes biologiske forhold i Holbaek Fjord, 1890-91. Beret. Danm. Biol. St. 1890(1):121-183.
- Potts, J. C., y C. S. Manooch III. 2001. Differences in the age and growth of white grunt (*Haemulon plumieri*) from North Carolina and South Carolina compared with Southeast Florida. Bulletin of Marine Science. 68(1):1-12.
- Raitt, D. S. F. y V. O. Sagua. 1969. Preliminary investigations on the biology of *Brachydeuterus auritus* (Val., 1831), in Nigerian waters. Proceedings. Symposium. Oceanography and Fisheries Resources of the tropical Atlantic. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Ivery COAST.
- Ricker, W. E. 1948. Methods of estimating vital statistics of fish populations. Science. Ser. 15, Ind. Un. Publ., USA. 101 págs.



- Rodríguez, G. M. 1992. Técnicas de evaluación cuantitativa de la madurez gonádica en peces. AGT Eds. 79 págs.
- Rojo, A. L. 1988. Diccionario enciclopédico de anatomía de peces. Monografías. Instituto Español de Oceanografía. No. 3. Madrid, España. Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Rojo-Vázquez, J. A., Arreguín-Sánchez, F. y Godínez-Domínguez E. 2001. Fishing power, efficiency and selection of gillnets for the shortfin grunt (*Microlepidotus brevipinnis* Steindachner, 1869), in the southern coast of Jalisco, Mexico. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. 36(1):9-14.
- Rosenblatt, M. 1956. Remarks on some nonparametric estimates of a density function. *Annals of Mathematical Statistics*. 27:832-837.
- Salgado-Ugarte, I. H. 1992. El análisis exploratorio de datos biológicos, Fundamentos y aplicaciones. Escuela Nacional de Estudios Profesionales-Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. Marc Eds. 243 págs.
- Salgado-Ugarte, I. H., M. Shimizu y T. Taniuchi. 1994. Semi-graphical determination of Gaussian components in mixed distributions. *Stata Technical Bulletin*. 18: 15 - 27.
- Salgado-Ugarte, I. H., J. L. Gómez-Márquez y B. Peña M. 2005. Métodos actualizados para análisis de datos biológico-pesqueros. Facultad de Estudios Superiores-Zaragoza-Dirección General de Asuntos del Personal Académico, Universidad Nacional Autónoma de México (Programa de Apoyo a Proyectos para la Innovación y Mejoramiento de la Enseñanza IN221403). México D. F. 240 págs.
- Schnute, J. y D. Fournier. 1980. A new approach to length-frequency analysis: growth structure. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 37:1337-1351.
- Silverman, B. W. 1986. Density estimation for statistics and data analysis. London: Chapman & Hall.
- Sokolov, V. y M. I. Wong R. 1973. Programa general para la investigación de los peces pelágicos del Golfo de California, Programa de Investigación y Fomento Pesquero. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo/Organización para la Alimentación y la Agricultura. México. CEPMA. 351 págs.
- Sokolova, L. V. 1965. Distribution and biological characteristics of the main commercial fish of Campeche Bank. In Darcy, G. H. 1983. Synopsis Of biological data on the grunts *Haemulon aurolineatum* and *H. plumieri* (Pisces: Haemulidae). National Oceanic and Atmospheric Administration. Technical Report. National Marine Fisheries Service. Circular 448. Food and Agriculture Organization. Fisheries Synopsis No. 133. 37 págs.
- Sparre, P. y S. C. Venema. 1989. Introduction to tropical fish stock assessment. Food and Agriculture Organization. Fishery Technical Papers. 306/1. Rome, Italy, 337 págs.
- Taylor, C. C. 1958. Cod growth and temperature. *Journal du Conseil*. 23(3): 366-370.
- Vidal, Z. R. 2005. Regiones climáticas de México. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 212 págs.



-
- Von Bertalaffy, L. 1938. A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws. II). Human Biology. 10(2):181-213.
- Walford, L. A. 1946. A new graphic method of describing the growth of animals. Biology Bulletin. 90(2):141-147.
- Wallace, R. y K. Selman. 1981. Cellular and dynamic aspects of oocyte growth in teleosts. Am. Zool., 21:325-343.
- Weatherley, A. H. y H. S. Gill. 1987. The biology of Fish Growth. Academia Press. London, Norfolk. Great Britain. 443 págs.
- Whitelaw, A. W. 1985. Aging of tropical fish species of North West Australia. Int. Symp. Age and Growth Fish. Abstracts:64-65.
- Wyrteki, K. 1965. Surface currents of the eastern tropical Pacific Ocean. Bull. Inter. Am. Trop. Tuna Comm., IX(5): 271-294.
- Zar, J. H. 1996. Biostatistical analysis. 3th. Prentice Hall. USA. 662 págs.



ANEXO I

ASPECTOS DE LA PESQUERÍA RIBEREÑA EN JALISCO

La importancia que representa la pesca ribereña en los litorales del país está basada en el papel que desempeña como fuente productora de alimento para consumo humano y como generadora de empleos para las comunidades pesqueras de cada región. La pesca ribereña es la actividad donde se registra el mayor número de pescadores en el país, se emplea una gran variedad de embarcaciones y equipos de pesca y, la captura que generalmente es descargada en lugares cercanos para su comercialización está representada por una elevada variedad de especies, que de acuerdo al valor comercial que representan, se agrupan y aprovechan para su venta o autoconsumo (Espino-Barr *et al.*, 2004b).

La pesca ribereña en Jalisco se realiza en embarcaciones de fibra de vidrio de 25 a 33 pies de eslora con motor fuera de borda de 48 a 85 cf. Sus viajes son diarios y según el arte de pesca que se utilice es el tiempo empleado: la línea de mano se trabaja 6 horas de mañana, entre 5 am y el mediodía; la red agallera se tiende a las 8 pm y se recoge al día siguiente después de las 6 am, en algunas ocasiones se revisa la red a media noche. Los buzos salen por la mañana y regresan entre mediodía y 3 pm, pescando 3 ó 4 horas. En la costa de Jalisco hay 551 pescadores registrados en 43 asociaciones y se calcula que hay otros 500 que son libres. A lo largo de la costa hay 23 zonas de acopio, con diferente nivel de importancia: los hay como Tehuamixtle con 13 embarcaciones, hasta Vallarta o Barra de Navidad con más de 200. Las artes de pesca más utilizadas son las redes agalleras seguida por el buceo con arpón y/o gancho utilizados en el buceo libre o semiautónomo; la línea de mano y el palangre (Espino-Barr *et al.*, 2002). La sarangola o ronco rayado *Microlepidotus brevipinnis* es la especie de pez más importante en la pesquería ribereña después del huachinango y los pargos de la familia Lutjanidae, y se obtiene mediante redes agalleras con las siguientes características: abertura de malla entre 3 (7.62 cm) y 3.5 pulgadas (8.89 cm), altura de 4.5 m y una longitud de 120 m (Rojo-Vázquez *et al.*, 2001).

Las especies de categorías comerciales primera y segunda alta, tienen gran demanda debido a su calidad, las de segunda y tercera clase tienen demanda local. La venta del producto se realiza en las zonas de descarga o directamente en la playa, a donde arriban los pescadores con sus embarcaciones. Es importante señalar que el total de la captura cubre la demanda local, que incluye



el mercado de pescado, los restaurantes, los hoteles y expendios particulares. En época de mayor turismo no es suficiente la producción del estado y se trae pescado de Michoacán, de Nayarit o de Guadalajara, mientras que en las temporadas de bajo turismo, el excedente de pesca (aproximadamente 20% de la captura) se transporta a Guadalajara.

Generalmente el producto se conserva en hielo al desembarcarse para ser vendido, y el comprador lo mantiene así o lo congela de acuerdo con sus requerimientos. El producto de primera y de segunda clase es eviscerado por el pescador antes de ser entregado; el de tercera se entrega entero. En este medio los únicos procesos a los que se somete el producto es el enhielado o refrigerado y la congelación, pues el monto de las capturas no permite otro tipo de manejo, ya que tan pronto llega a la playa es adquirido por los compradores y llevado a diferentes destinos (Espino-Barr *et al.*, 2004b).



ANEXO II

SITUACIÓN ACTUAL DE LA PESQUERÍA DE LA SARANGOLA

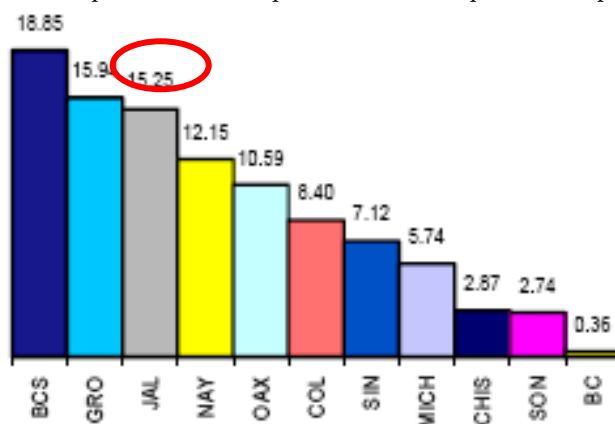
La sarangola o ronco rayado es considerada en la Carta Nacional Pesquera (DOF, 2006) dentro del grupo de peces marinos de escama. En este grupo se encuentran todas las especies que se capturan principalmente en embarcaciones menores (también operan aunque en menor cantidad embarcaciones mayores) y se utiliza una gran variedad de artes de pesca como las redes de enmalle, líneas de mano, palangres, trampas, etc., en aguas ribereñas (por esta razón también se le conoce como pesca ribereña) y se le considera básicamente a la explotación comprendida en el rubro de la pesca a pequeña escala (Escobar-Fernández, 1989).

A la sarangola se le ha catalogado como una especie asociada a los lutjánidos y pargos (pues comparte el mismo hábitat y la misma comunidad) en la zona del Pacífico centro (Jalisco, Colima y Michoacán) y el Pacífico Sur (Guerrero, Oaxaca y Chiapas).

Debido a que este tipo de pesquería engloba muchas especies de peces (multiespecífica) las estadísticas de pesca de la Carta Nacional Pesquera (DOF, 2006) muestra las capturas anuales producidas por cada estado del litoral del Pacífico. Por cuestiones de interés del área de estudio del presente trabajo a continuación se presentan estadísticas de captura para el estado de Jalisco. Los anuarios estadísticos de pesca en la última actualización de la Carta Nacional Pesquera (DOF, 2006) presentan en el periodo comprendido de 1986 al 2002 a Jalisco como el tercer estado de mayor producción en el litoral del Pacífico al obtener en promedio 15.25 toneladas (Figura II.1), sólo después de los estados de Baja California Sur y Guerrero.

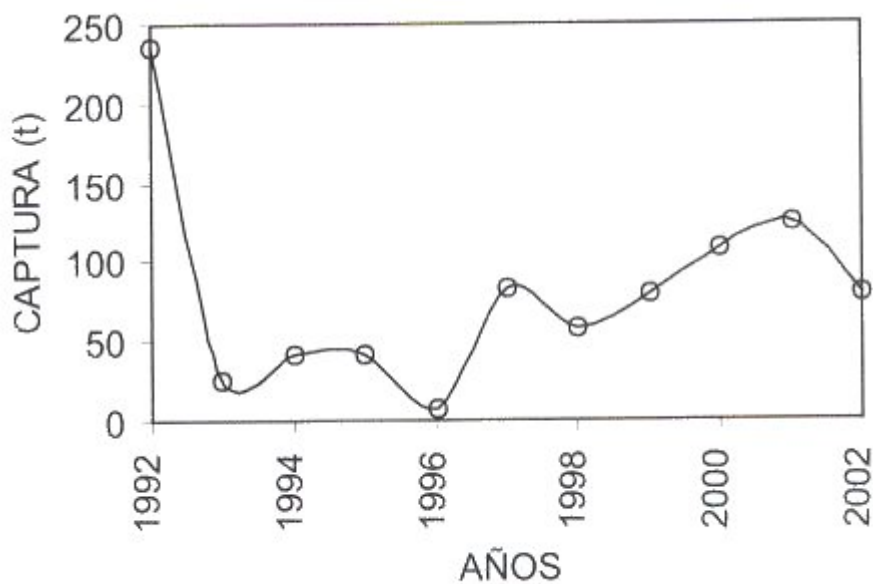


Figura II.1. Importancia estatal por volúmenes de producción promedio.



Específicamente en la captura de la sarangola, Espino-Barr *et al.* (2004) muestran que la producción de este organismo en Jalisco presenta una tendencia a aumentar en los volúmenes de captura en los años 1992 al 2002 (Fig. II.2), los picos máximos se alcanzaron en los años 1992, 1997 y 2001.

Figura II.2. Captura comercial de la sarangola en el estado de Jalisco en el periodo 1992-2002.





ANEXO III

Desarrollo gonádico de la sarangola

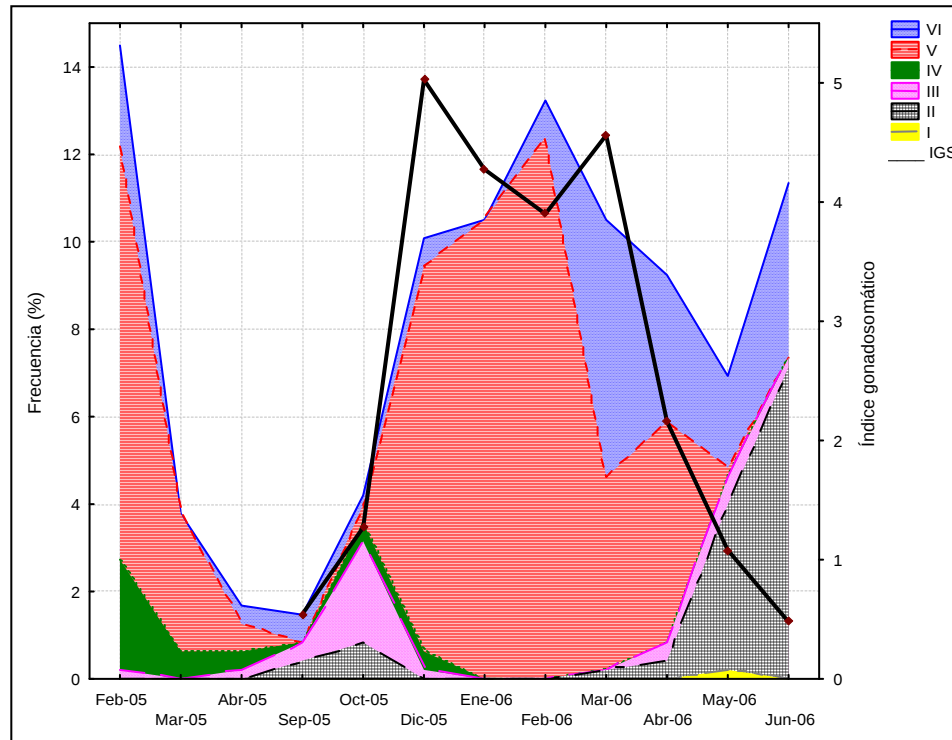


Figura III.1. Variación mensual de los estados de desarrollo gonádico de la sarangola *M. brevipinnis*.