



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ZARAGOZA**



Edad y crecimiento por medio de lectura de otolitos en el ronco  
*(Haemulon flaviguttatum)* en Puerto Ángel, Oaxaca.

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE :

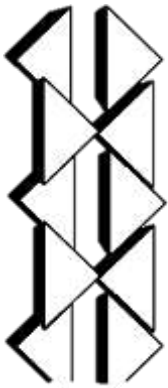
**B I Ó L O G O**

P R E S E N T A :

**MARIO ANTONIO GATICA MARTINEZ**

Número de cuenta: 410051898

**ASESOR: DR. ISAÍAS HAZARMABETH SALGADO UGARTE**



**FES  
ZARAGOZA**

México D.F., 2016



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

**Trabajo realizado con el apoyo del programa**

**UNAM-DGAPA-PAPIME EN206213**

## *D E D I C A T O R I A*

*Este trabajo está dedicado a:*

- *A mi mami, María Martínez Arango, quien a lo largo de toda la carrera y de mis estudios me ha apoyado de todas las maneras posibles y que me sigue apoyando a pesar de todo.*
  
- *A mi padre, Mario C. Pañica Hernández, quien es mi ejemplo a seguir, por que me ha enseñado que solo se necesita un poco más para salir adelante.*
  
- *A mis hermanas, Mariely y Dero, que sin duda alguna han hecho de mi vida algo muy agradable y por las que siento un gran amor.*
  
- *A mi abuela Antonia Arango, por el gran amor que siempre me ha tenido y que jamás ha dejado de creer en mí.*
  
- *A Adriana Santiago Pérez, porque a lo largo de este camino siempre ha estado conmigo sin condición alguna, a pesar de todos los cambios ocurridos tu amor siempre me anima a seguir adelante y recuerda que esto lo hemos conseguido juntos.*
  
- *A todos mis amigos que aunque son pocos, son de lo mejor, por hacer que esta experiencia quede marcada como una de las mejores en vida.*

## Agradecimientos

- Al **Dr. Isaías H. Salgado Ugarte** quien además de ser mi director de tesis siempre fue un apoyo importante, por todo el conocimiento que me ha brindado y por la ayuda a mejorar la redacción de la tesis.
- A la **M. en C. Verónica Mitsui Saito Quezada** quien en toda mi estancia en el laboratorio siempre me ha brindado su apoyo además de apoyarme para la elaboración de la tesis.
- Al comité evaluador formado por: **M. en C. Ernesto Mendoza Vallejo;** **Dr. José Luis Gómez Márquez** y al **M. en C. Armando Cervantes Sandoval**, quienes gracias a sus observaciones y sugerencias me ayudaron a mejorar el trabajo y la terminación satisfactoria del mismo.
- A Mike a Héctor y George que en un principio cuando aún no sabía las técnicas para el procesado de muestras me apoyaron siempre con la mejor disposición.
- A Tizel que además de ser mi compañera y apoyarme en el laboratorio, también se ha convertido en una amiga.

# Índice

<b>Resumen</b>	<b>1</b>
<b>Introducción</b>	<b>2</b>
<b>Descripción de la especie</b>	<b>5</b>
<b>Arte de pesca</b>	<b>7</b>
<b>Clasificación de la especie</b>	<b>10</b>
<b>Zona de estudio</b>	<b>11</b>
<b>Antecedentes</b>	<b>13</b>
<b>Justificación</b>	<b>16</b>
<b>Hipótesis</b>	<b>17</b>
<b>Objetivo principal</b>	<b>18</b>
<b>Objetivos específicos</b>	<b>18</b>
<b>Método</b>	<b>19</b>
<b>Muestreo</b>	<b>19</b>
<b>Extracción de otolitos</b>	<b>20</b>
<b>Actividad de laboratorio</b>	<b>21</b>
<b>Trabajo de gabinete</b>	<b>24</b>
<b>Análisis de frecuencia de tallas</b>	<b>24</b>
<b>Estructura poblacional por sexos</b>	<b>27</b>
<b>Relación cuerpo-otolito</b>	<b>29</b>
<b>Estimación de la edad mediante otolitos</b>	<b>29</b>
<b>Validación de los anillos en otolitos como marcas anuales</b>	<b>30</b>
<b>Estimación de los parámetros de crecimiento mediante los modelos de von Bertalanffy (FCVB), Gompertz y Logística</b>	<b>31</b>
<b>Comparación de los modelos de crecimiento</b>	<b>33</b>
<b>Resultados</b>	<b>36</b>
<b>Análisis biométrico</b>	<b>36</b>

<b>Lectura de otolitos</b>	<b>36</b>
<b>Estructura poblacional por tallas (EDKs)</b>	<b>37</b>
<b><i>Prueba Kolmogorov-Smirnov</i></b>	<b>42</b>
<b>Proporción por sexos</b>	<b>42</b>
<b>Relación cuerpo-otolito</b>	<b>43</b>
<b>Relación peso-longitud</b>	<b>45</b>
<b>Validación de la periodicidad de las marcas</b>	<b>47</b>
<b>Parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy mediante regresión no lineal ponderada</b>	<b>48</b>
<b>Parámetros de la función de crecimiento de Gompertz mediante regresión no lineal ponderada</b>	<b>54</b>
<b>Parámetros de la función de crecimiento logístico mediante regresión no lineal ponderada</b>	<b>61</b>
<b>Discusión</b>	<b>63</b>
<b>Distribución de tallas</b>	<b>63</b>
<b>Relación peso-longitud</b>	<b>63</b>
<b>Validación de la periodicidad de las marcas de crecimiento</b>	<b>64</b>
<b>Edad y funciones de Crecimiento</b>	<b>65</b>
<b>Comparación de los parámetros de crecimiento entre machos y hembras</b>	<b>68</b>
<b>Conclusiones</b>	<b>70</b>
<b>Referencias</b>	<b>72</b>

## Resumen

Se procesaron los datos biométricos de 245 organismos, que se obtuvieron de la pesca artesanal Puerto Ángel, Oaxaca, México; en un periodo de 8 meses de muestreo realizados de Marzo de 2013 a Febrero de 2014 de este total se registraron 100 machos, 103 hembras y 42 indeterminados. Se verifico de manera total y por muestreo la proporción macho: hembra la proporción reportada fue 1:1.

Las tallas de las muestras estuvieron en un intervalo de 13.2 a 28.9 cm de longitud patrón y el peso total abarcó de los 50 a los 515 gr. Al realizar la *prueba de Kolmogorov-Smirnov para dos muestras* se observó que no hay diferencia significativa entre las distribuciones de talla de machos y hembras.

Los EDKs permitieron observar la distribución asimétrica con sesgo positivo multimodal para machos y bimodal para hembras de tallas de machos y hembras; las modas principales fueron de 20.97 y 20.54 respectivamente.

La relación potencial peso total – longitud patrón en machos y hembras, indicó un crecimiento isométrico con tendencia a la alometría negativa.

La relación estructura-cuerpo tuvo una correlación significativa ( $r = 0.59$ ,  $P < 0.05$ ), lo que significa que el 59 % de la variación del tamaño del cuerpo está explicado por la variación del tamaño del otolito. El análisis de la razón del incremento marginal (*RIM*) indica que el periodo de la formación de los anillos es anual y se lleva a cabo en los meses de febrero y marzo. Esto permitió identificar 5 grupos de edad en *H. falviguttatum*. Los parámetros de crecimiento calculados mediante la Función de crecimiento de von Bertalanffy en el presente estudio fueron  $Lt=33.572[1-\exp\{-0.1455(t+3.131)\}]$ , este fue el método que mejor se ajustó a los datos.



## INTRODUCCIÓN

La pesca como actividad del sector productivo primario requiere de generación de conocimiento como soporte a la administración del uso de los recursos pesqueros, y como política general, se define como objetivo el uso sustentable de los mismos (Arreguín-Sánchez y Arcos-Huitrón, 2011)

La mención cada vez más generalizada del deterioro de las pesquerías en el contexto mundial (FAO, 2010) y por extensión en el nacional, así como el efecto negativo de la pesca en los ecosistemas, todo esto dentro del marco de referencia de los acuerdos internacionales (y ya que México es signatario de los mismos para la pesca responsable (FAO, 1995), el enfoque precautorio) y el manejo basado en el ecosistema (FAO, 2008); y desde luego, con el objetivo global de una pesca sustentable.

La producción pesquera en México en los últimos 60 años ha aumentado de manera significativa. Durante el periodo de 1940 a 1970 el volumen de producción mantuvo una tendencia de constante crecimiento, hasta rebasar las 270 mil toneladas anuales. En la década de los 70 se registró un incremento tal que la producción, de ser de 275, 511 toneladas en 1970, alcanzó en 1980 un volumen de captura de 1,058,556 toneladas (aumentó un 380 por ciento). Sin embargo, tres años después se registró una disminución significativa de la producción alcanzando las 926 626 toneladas (FAO, 2010).

En los últimos 20 años, la producción pesquera nacional en su conjunto ha fluctuado alrededor de 1,200,000 toneladas. Las capturas de stock son realizadas por la flota mexicana compuesta por 106,000 embarcaciones de las cuales el 97 % son artesanales o de pequeña escala. En los últimos 20 años el número de embarcaciones industriales esencialmente permanece constante. La flota artesanal

mexicana ha tenido una tendencia creciente desde 1980, aumentando de 32,150 embarcaciones en ese año a 102,807 embarcaciones en 1997, lo cual representa un incremento promedio anual de 2,600 unidades (FAO, 2010)

Ante este panorama, la situación actual muestra una importante urgencia por el ordenamiento pesquero con esquemas de participación de las comunidades de pescadores en la investigación (por ejemplo, investigación participativa) así como el diseño de mejores estrategias de ordenamiento participativo (co-manejo) para recuperar los "stock" sobre-explotados y para mantener las capturas de stock en plena explotación (FAO, 2010).

Entre los aspectos biológicos más importantes que se requieren para conseguir un manejo adecuado de una población de peces está la determinación de la edad y el crecimiento. Estas características son determinantes para la propuesta de tamaños de malla de las redes que garanticen la captura de animales adultos con crecimiento lento y evitar el retirar de la población a los organismos antes de que se reproduzcan.

Existen dos métodos para determinar la edad de los peces: directos, que incluyen marcaje y recaptura, colocación de los peces con edad conocidas en cuerpos de aguas experimentales y la lectura e interpretación de marcas de crecimiento en estructuras óseas tales como escamas, otolitos, hueso opercular, vértebras, espinas radios de aletas y cleitrum, entre otros los indirectos, los cuales se basan en la distribución de frecuencia de tallas en la población de peces. La lectura de estructuras duras se basa en la formación de marcas periódicas que permiten, mediante su conteo y su formación regular en el tiempo, la asignación de edades a los organismos. Estas marcas periódicas están influenciadas por los

cambios estacionales del ambiente (Gómez-Márquez, 1994; Salgado-Ugarte *et al.* 2005).

Los otolitos de los teleósteos son cuerpos policristalinos, formados por material inorgánico compuesto principalmente de carbonato de calcio en la forma de cristales de aragonita y entrelazados por una matriz orgánica formada por proteína fibrosa (Granado, 1996). Localizados en el oído interno cuya función es intervenir en la percepción del sonido y en el equilibrio. Por un lado detectan las vibraciones de la masa de agua y por otro son sensibles a los movimientos de la cabeza en relación con la atracción gravitatoria. (Morales-Nin 2002). Los peces óseos presentan tres pares de otolitos denominados *sagitta*, *asteriscus* y *lapillus* ubicados en el *sáculo*, la *lagena* y el *utrículo* respectivamente. Estas estructuras forman parte del oído interno y se encuentran sobre un tejido con terminaciones nerviosas denominadas máculas (Morales-Nin 2002).

En la mayoría de los peces el par de sagitas es el de mayor tamaño y fácil acceso, por lo mismo, la mayoría de los trabajos se realizan en este par. El agregado de calcio responde a un proceso extracelular que está regulado hormonalmente e influenciado por variaciones ambientales. Las tasas de incremento de carbonato de calcio, observables a través de la forma del otolito, varían a lo largo de la ontogenia (Viera, 2011).

La familia *Haemulidae* pertenece al orden de los Perciformes y está integrada principalmente por peces marinos; algunos habitan en estuarios, muy pocos de agua dulce, todos en las aguas someras de las zonas tropicales y subtropicales. Está representada por aproximadamente 150 especies en el mundo. Está dividida en dos subfamilias Plectorhynchinae, con tres géneros y la subfamilia

Haemulinae, con catorce géneros, de los cuales once son endémicos de América (Nelson, 2006)

Los hemúlidos llamados también burros y roncós (Haemulidae) son una familia de peces incluida en el orden Perciformes. Se distribuyen por los océanos Atlántico, Índico y Pacífico. Tienen una aleta dorsal continua de 9 a 14 espinas y 11 a 26 radios blandos; la aleta anal con tres espinas y varios radios blandos. Es muy característica una boca pequeña con labios gruesos, en la cual la mandíbula tiene dientes pero el vómer no los presenta; normalmente con amplios poros en la barbilla y siete hendiduras branquiales. Columna vertebral con 26 o 27 vértebras. Los adultos permanecen típicamente inactivos durante el día cuando se refugian cerca o bajo de las repisas de los arrecifes, mientras que se desplazan durante la noche para alimentarse de invertebrados bentónicos (Tavera 2012).

## **DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE**

*Haemulon flaviguttatum* Gill, 1862.

Caracteres distintivos: cuerpo oblongo, más o menos alto y comprimido, su altura 32 a 33% de la longitud estándar. Cabeza 33 a 34 % de la longitud estándar; hocico 23 a 28% y ojo 27 a 37 %, respectivamente, de la longitud de la cabeza; boca grande, terminal, maxilar largo y encorvado, su extremo posterior situado por debajo del borde anterior de la pupila: número total de branquiespinas en el primer arco branquial: 26 a 31; mentón en 4 poros, los 2 posteriores en forma de fisuras y alojados en una foseta profunda, bien evidente, apareciendo en conjunto como 2 diminutos poros anteriores seguidos por un surco mediano posterior; preopérculo finamente aserrado en los adultos. Aleta dorsal escotada, con 10 a 12 espinas y 15 a 18 radios blandos; aleta anal con 3 espinas y 10 a 12 radios blandos, la espina anal más larga y fuerte que la tercera; porciones blandas de la aletas

dorsal y anal densamente escamosas; 50 a 53 escamas perforadas por un poro en la línea lateral; 6 a 8 hileras de escamas en una línea oblicua entre el origen de la aleta dorsal y la línea lateral; series de escamas por encima de la línea lateral oblicuas; escamas en torno al pedúnculo caudal: 9 en el dorso. 2 perforadas por un poro y 11 a 12 ventrales, 22 o 23 en total. Vejiga gaseosa más o menos truncada anteriormente, sin apéndices anteriores. Color: juveniles con 2 franjas laterales y una mancha más notoria en la base de la aleta caudal, que desaparece con la edad. Adultos con una mancha azul-perla bajo el centro de cada escama, formando líneas que siguen series de escamas; membrana bajo el preopérculo negra; aletas amarillentas, de color más intenso en los juveniles. Interior de la boca rojo (FAO, 1995).

Alimentación: son peces cuya dieta está compuesta en más del 90% por invertebrados pequeños que se encuentran como parte del plancton o en fondos blandos y rocosos (Flores-Ortega, 2009).

Importancia económica: se encuentra entre las especies asociadas a las capturas del huachinango, pargos, sierra y robalo, se encuentran aquellas que son importantes por su volumen en las capturas y demanda comercial por su bajo costo y su alto valor nutritivo. Lo anterior hace que sean, recursos de importancia local como para los municipios cercanos a los sitios de arribo.

Época de pesca: todo el año

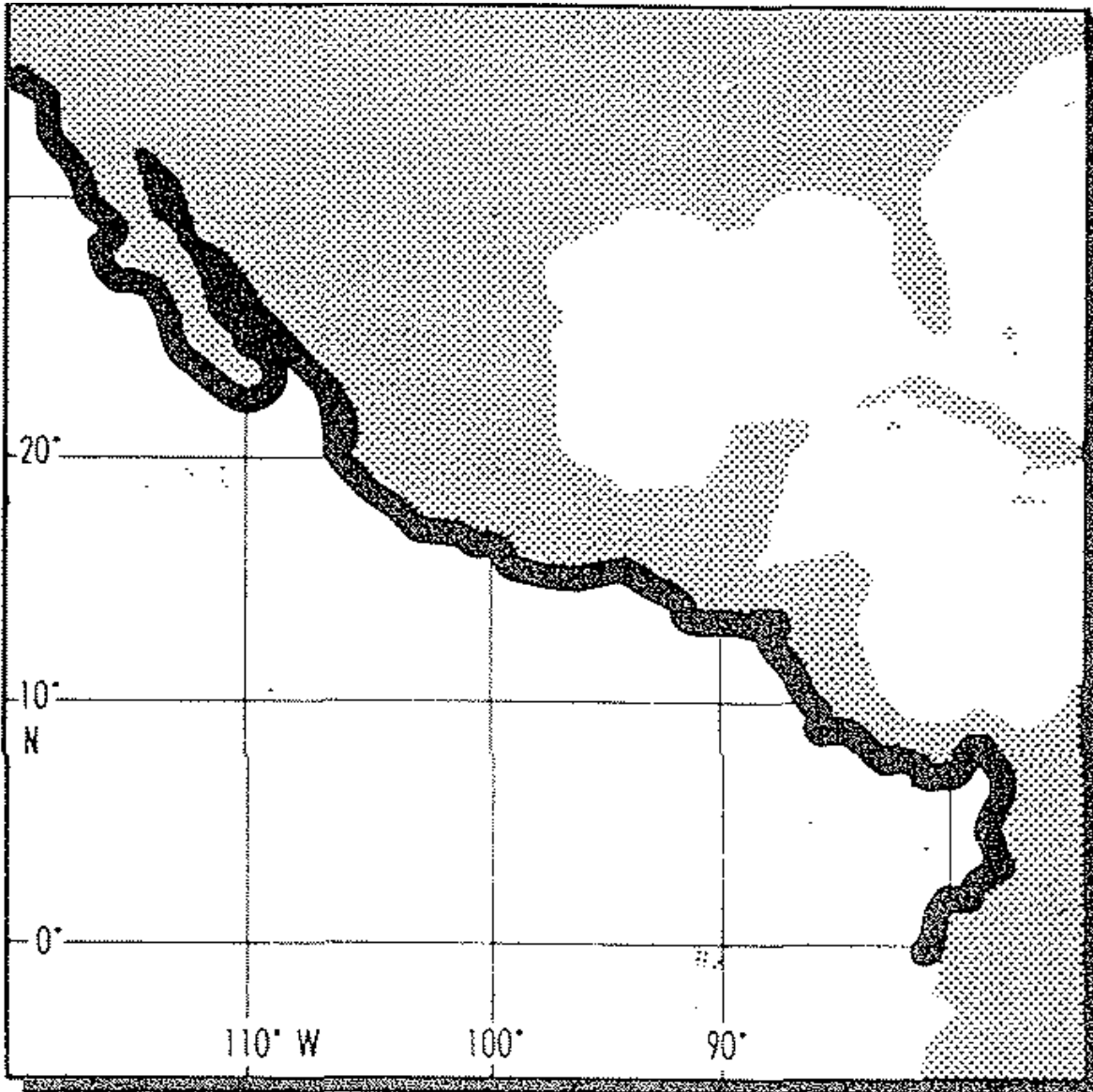


Figura (1): Distribución de *Haemulon flaviguttatum* en el continente americano. (Tomado de guía FAO de identificación de especies para los fines de la pesca)

### **ARTE DE PESCA:**

Línea de mano: las líneas de mano son las más empleadas para la captura de especies como el huachinango aunque también son empleadas para la pesca de *H. flaviguttatum*, dependiendo de la región y la talla que se quiera capturar, el uso de determinado tipo de anzuelo es variante entre tipo noruego (4 al 12), garra de

águila (13 al 15), y japonés reforzado (10 al 14). La carnada que se utiliza puede ser, el ojetón (*Selar crumenophthalmus*), barrilete (*Euthynnus affinis*), sardina (*Sardinops sagax caeruleus*) y anchoveta (*Engraulis ringens*). (Gutiérrez-Zavala 2012).

Se suelen utilizar de tres a cuatro y hasta siete líneas por pescador o diez líneas por bote. Para el lastre de la línea, la mayoría utiliza plomos de forma cónica y ovalada con peso de 62 g a 302 g y hasta 500 g cuando la corriente es mayor o hay marejada, mientras que otros utilizan materiales de diferentes pesos que se hundan fácilmente como trozos de hierro, tornillos, tuercas, trozos de varilla corrugada o cualquier otro material que se pueda atar fácilmente al extremo de la línea. (Gutiérrez-Zavala 2012).

El método de pesca consiste en dirigirse hacia los caladeros (cerca de la costa y sitio de desembarque), en donde el tiempo efectivo de pesca es variable, según el horario: si este es de noche, la jornada de pesca es de diez a doce horas, de 5 pm a 6 am. Cuando las maniobras son de día, duran de cuatro a cinco horas, con dos horarios, de 7:00 a 10:00 am y de 10:00 a 13:00 pm. Una vez en la zona de pesca, encarnan los anzuelos con calamar, ojetón o barrilete, jaiba, etc., dejan de operar las líneas de diez a quince minutos y se cobra el equipo; el pescado lo enhielan para su conservación y transporte al sitio de arribo (Gutiérrez, 2012).

## **Red agallera.**

Este tipo de arte de pesca que se usa en segundo término en casi todas las zonas de pesca. La red agallera de superficie se emplea principalmente para la captura de sierra y, en menor escala, para la pesca del huachinango y otros pargos, junto con otras especies asociadas como el cocinero (*Caranx caballus*), el ronco (*Haemulon flaviguttatum*) y las curvinas (*Lutjanus inermis*). El tamaño de la malla en su mayor parte es de 7.6 cm a 8.8 cm, aunque suelen utilizarse tamaños de 10.2 cm a 18.2 cm, (Gutiérrez-Zavala 2012).

Las maniobras de pesca no difieren mucho a las redes de enmalle, se elige el caladero de pesca, se cala directamente al agua formando una barrera ya sea en el fondo o en la superficie, por lo que puede quedar libre y a la deriva, desplazándose según el movimiento del agua, o fija según sea el caso. Cuando la red opera a la deriva esta se une a la embarcación por un extremo mediante un cabo. Se utilizan boyas en los extremos para el señalamiento, esta operación se realiza en la noche para no tener dificultades en su búsqueda, (Gutiérrez-Zavala 2012).

Las maniobras de pesca consisten en dejar operar durante la noche, las redes en los caladeros, después de dos horas se revisan y si los pescadores observan que no hay recurso en la red, cambian su zona de pesca. Casi al amanecer cobran sus redes, desenmallan el pescado y lo enhielan para su transporte. Las redes se operan los más alejado de la costa, por lo que los organismos son de tallas y pesos mayores (Gutiérrez-Zavala 2012).



**Clasificación de la especie, Nelson (2006).**

Phylum	Chordata
Subphylum	Craniata (vertebrata)
Superclase	Gnathostomata
Clase	Actinopterygii
Division	Teleostei
Subdivision	Euteleostei
Superorden	Acanthopterygii
Series	Percomorpha
Orden	Perciformes
Suborden	Percoidei
Superfamilia	Percoidea
Familia	Haemulidae
Subfamilia	Haemulinae
Genero	Haemulon
Especie	<i>Haemulon Flaviguttatum</i>

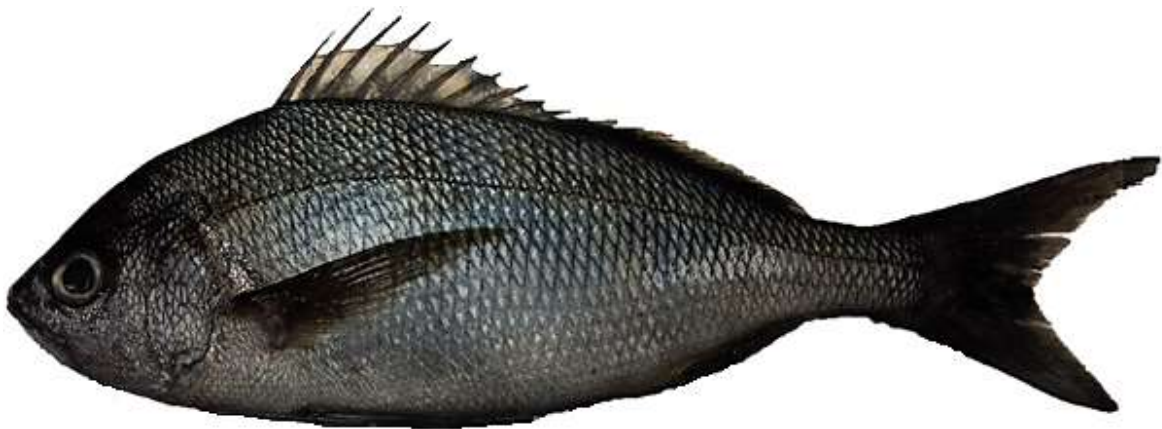


Figura 2. *Haemulon Flaviguttatum* Gill, 1862

## **ZONA DE ESTUDIO**

Ubicación geográfica de Puerto Ángel, Oaxaca.

Localidad situada en la costa del Océano Pacífico y perteneciente al estado de Oaxaca. El interior de la bahía ofrece un buen fondeadero para protección de los vientos para embarcaciones menores, con profundidades entre 7.4 y 13 m. Colinda al Norte con Puerto Escondido, al Sur con Santa Cruz Huatulco, al Este con el Municipio de Pochutla y al Oeste con el Océano Pacífico. Ubicado en situación geográfica de los 15° 39' 59.04" latitud N, Long. 096° 29' 35.44" O.

## **Clima**

De acuerdo con el criterio de Köppen, modificado por García (2004), la región cuenta con un clima tipo  $Aw_0(w)igw$  que corresponde a un clima cálido subhúmedo, el más seco de los subhúmedos, con régimen de lluvias en verano, presencia de canícula, isotermal, con una marcha anual de la temperatura del tipo Ganges, es decir, la temperatura media mensual más alta antes del solsticio de verano. Con una temperatura de 33° C, promedio en el año, con cielo despejado o con nubes dispersas, humedad relativa de 66% y con vientos de 21 km/h; siendo época de lluvia y huracanes de Mayo a Noviembre.

## Actividades

Las actividades marítimas principales son la pesca deportiva, existiendo diversas cooperativas pesqueras con embarcaciones menores. El tipo de embarcaciones en el área son catamaranes de fibra de fibra de vidrio, de 6.0 m a 7.5 m de eslora (largo), 1.80m de manga (ancho), motor fuera de borda con potencia de 25 a 75, del tipo imensa para actividades de pesca y veleros de menor tamaño para actividades recreativas.



Figura (3). Bahía de Puerto Ángel (mapa modificado de mapas de Google earth)

*Edad y crecimiento por medio de lectura de otolitos en el ronco (*Haemulon flaviguttatum*) de Puerto Ángel, Oaxaca.*

---



Figura (4).Zona de estudio. (Mapa modificado de mapas de google earth)

## ANTECEDENTES

Cruz-Romero *et al.* (1993). Presentaron resultados de 3 especies donde las tallas promedio de las especies en estudio superan los 20 cm exceptuando *Haemulon maculicauda*. los valores de los parámetros de crecimiento fueron los siguientes *Anisotremus interruptus*  $L_t=48.2[1-\exp\{-0.0115(t+0.13)\}]$ ; *Haemulon sexfasciatum*  $L_t=49[1-\exp\{-0.0271(t+0.13)\}]$ ; *Haemulon flaviguttatum*  $L_t=42.4[1-\exp\{-0.074(t+0.115)\}]$ ; *Orthopristis reddingi*  $L_t=36.8[1-\exp\{-0.08(t+0.134)\}]$ ; *Haemulon maculicauda*  $L_t=30.9[1-\exp\{-0.056(t+0.12)\}]$

Gallardo-Cabello y Espino-Bar (2003). Determinaron que en *Anisotremus interruptus* se encuentran 9 grupos de edad. El crecimiento de los anillos disminuye conforme la edad aumenta y el mayor ritmo de crecimiento se da durante el primer año de vida. Durante el primer año de vida el pez crece 12.52 cm, en el segundo año 4.95 cm y en el tercero 4.60 cm.

Murie y Parkym (2005). Por medio de la lectura de secciones de otolitos, realizaron el análisis del incremento marginal y los depósitos de oxitetraciclina, determinaron que la formación de la zona opaca es en el mes de mayo y que las edades del ronco blanco (*Haemulon plumieri*) van de los 0 a los 18 años mientras que su longitud total se ubica de los 0 a los 41 cm.

Neves y Silva (2007). Mencionan que la formación de una zona hialina y una zona opaca ocurre anualmente; los intervalos de tallas y clases de edades observados en el boqui-colorado (*Haemulon plumieri*) fueron de 21.8 a 37.8 cm largo total y de 2-28 años respectivamente. El crecimiento es rápido durante los primeros cuatro años de vida, cuando la talla media ya representa más del 80% de la talla asintótica.

Bravo, *et al.* (2009). Mencionan que la relación talla-peso entre machos y hembras no mostró diferencias significativas en las pendientes "*b*" ( $t = -1.69$ ,  $P > 0.05$ ) ni en los interceptos "*a*" ( $t = -1.01$ ,  $P > 0.05$ ), observaron un crecimiento acelerado hasta los 2 años de edad, que luego se hizo lento a medida que el pez alcanzó la longitud máxima.

Morales (2009). Por medio de la lectura de otolitos determinó la edad y crecimiento. El autor encontró que en el *Haemulon steindachneri* habían 4 grupos de edad. Indica que el periodo reproductor de las hembras maduras ocurre de marzo a julio, con un periodo de desove que se prolonga hasta noviembre.

Espino-Barr *et al.* (2012) La relación entre sexos fue de 1.23:1 H:M y sus meses de máxima reproducción se presenta de marzo a junio. La talla de primera reproducción fue  $L_{50} = 30.3$  cm,  $P_t = 280.3$  y edad = 2.84 años. La ecuación de crecimiento según von Bertalanffy fue  $L_t = 48.8[1 - \exp\{-0.29(t + 0.503)\}]$

Cruz-Salgado (2014). Presenta datos de *Haemulon flaviguttatum* con tallas de los 18 cm a 46 cm de  $L_t$  y un peso total de 80 g a 1216. Establecer que la formación de cada anillo de crecimiento fue bianual (uno en marzo y otro en noviembre), por lo que se encontraron 10 grupos de edad. La ecuación crecimiento de von Bertalanffy fue  $L_t = 52.6[1 - \exp\{-0.221(t + 0.58)\}]$ .

## **JUSTIFICACIÓN:**

La obtención de información estructurada por edad ha sido una de las mayores preocupaciones de las ciencias pesqueras, ya que la edad, el crecimiento y la tasa de mortalidad; son tres de las características que tienen una mayor influencia en controlar la producción de las poblaciones (Campana y Thorrold, 2001).

La obtención de la edad de los individuos forma la base para los cálculos de las tasas de crecimiento, mortalidad y productividad, colocándose entre las variables biológicas de mayor influencia. Cálculos tan simples como la tasa de crecimiento o tan complejos como el análisis de población virtual, todos ellos requieren datos de edad, ya que los cálculos para cualquier tasa requieren una edad o un período transcurrido (Campana y Moksness, 1991); además de obtener información sobre la biología de las especies como, la edad de primera madurez, la edad de reclutamiento y la longevidad, con esta información podemos desarrollar técnicas que nos ayuden a evaluar y administrar las pesquerías, ya que así entenderemos mejor la dinámica poblacional y por consiguiente la situación del recurso.

## **HIPÓTESIS**

Las estructuras duras (otolitos) mostrarán marcas periódicas anuales (por influencia de las condiciones establecidas por las temporadas de lluvias (cálida con nutrimentos) y estío (relativamente fría) de la zona de estudio, formándose en invierno lo que permitirá estudiar el crecimiento de la especie.



## **OBJETIVO PRINCIPAL**

- Estimar la edad y modelar el crecimiento de *Haemulon flaviguttatum* de la captura artesanal en Puerto Ángel, Oaxaca, México.

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Obtener la relación peso-longitud para conocer el tipo de crecimiento (isométrico ó alométrico) de la especie.
- Determinar la estructura poblacional por tallas (por estimadores de densidad por kernel) y por sexos (proporción sexual).
- Validar la periodicidad de la formación de las marcas por medio del análisis del incremento marginal.
- Estimar la edad de los organismos a través del número de marcas y la periodicidad validada.
- Modelar el crecimiento por medio de varias funciones (von Bertalanffy, Gompertz, Logística) ajustadas a través de regresiones no lineales ponderadas.
- Comparar las funciones de crecimiento entre sexos por medio de la Prueba  $T^2$  de Hotelling para comparación de parámetros de las funciones de crecimiento (von Bertalanffy, Gompertz, Logística) de dos poblaciones (Bernard, 1981)

## MÉTODO

### Muestreo

Los organismos se obtuvieron de la pesca ribereña artesanal realizada por los pescadores de Puerto Ángel, Oaxaca. La colecta se realizó con periodicidad mensual en lo posible de marzo del 2013 a febrero del 2014.

La muestra que se tuvo constó de 245 especímenes los cuales fueron pesados y medidos; a los organismos se les extrajo el tracto digestivo, el hígado y las gónadas los cuales fueron pesados con una balanza marca Ohaus modelo YS-1101 con escala de 0.1g. A todos los individuos se les tomó longitud total (cm), longitud furcal (cm), longitud patrón (cm) y altura (cm), con precisión de 0.1 cm. Se determinó el sexo de cada espécimen (figura 5).

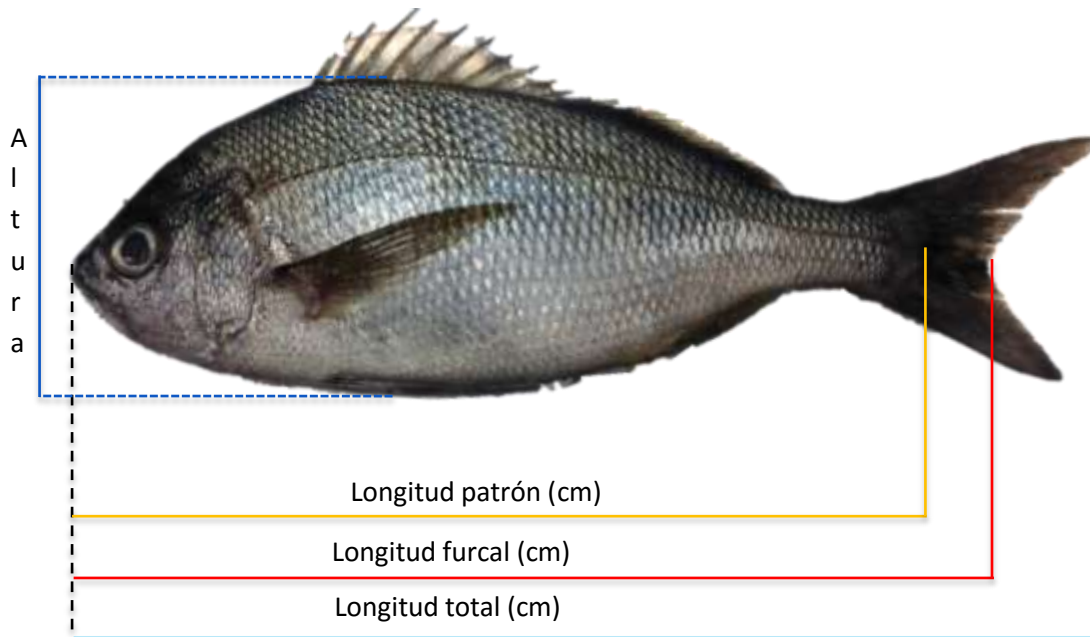


Figura 5. Mediciones realizadas en el organismo.

### **Extracción de otolitos.**

Para la extracción de otolitos se realizaron varios ensayos en el mismo número de muestras procesadas. El método que pareció más adecuado fue aquél en el que se hacen dos cortes, uno en dirección dorso-ventral a la altura del borde posterior de los opérculos y hasta la altura de los ojos y otro en dirección antero-posterior desde arriba de los ojos hasta el corte anterior, el cual corta la parte superior del cráneo, dejando expuesto el cerebro (figura 6).

Se quita la masa encefálica para descubrir el oído interno y las cápsulas que se encuentran en el post-encéfalo inmediatamente por delante de la articulación de la primera vértebra con el cráneo, quedando una a cada lado del cordón nervioso (Escoto, 1988).



Figura 6. Corte de la cabeza de un espécimen.

Con cuidado se procedió a sacar los otolitos, desprendiéndolos de la membrana transparente (*sáculo*) que los envuelve, así como la materia orgánica acompañante (figura 7).



Figura 7. Corte de la cabeza de un espécimen con el cerebro removido para la observación de la cavidad otica.

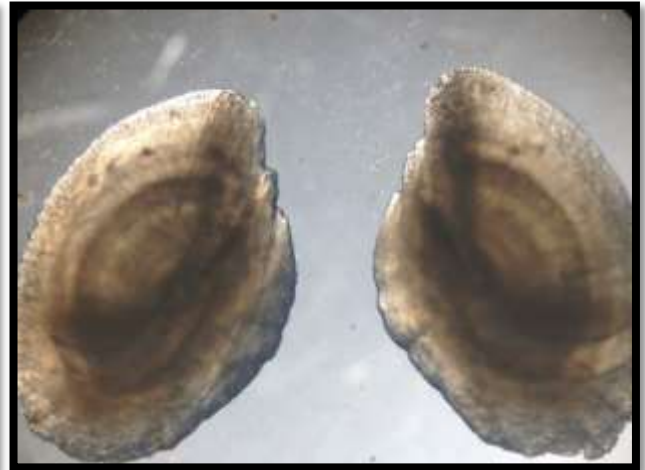


Figura 8. Otolitos recién extraídos.

## **ACTIVIDAD DE LABORATORIO**

Este proceso se realizó en el Laboratorio de Biometría y Biología Pesquera en la FES Zaragoza campus II, de acuerdo con el siguiente procedimiento:

### **A). Limpieza**

Cada muestra de otolitos se colocó por separado en una caja de Petri con agua; posteriormente se procedió a lavarlas frotándolos con las yemas de los dedos y agua para eliminar residuos de materia orgánica e inorgánica. Una vez limpios, se enjuagaron y se les removió el exceso de humedad (figura 8).

### **B). Montaje**

Una vez secos, se guardaron en pequeñas bolsas y fueron etiquetados para su posterior lectura.

### **C). Selección**

En peces con simetría bilateral los dos otolitos son semejantes y por tanto se puede utilizar cualquiera de los dos para estudios detallados (estimación de edad). Se decidió utilizar el otolito derecho para las lecturas.

### **D). Pulido**

Para pulir se utilizó un ladrillo abrasivo (lima combinada grano fino y grueso) para lo cual el otolito se sostuvo con un dedo y se aplicó presión contra el ladrillo realizando movimientos circulares. Se hicieron revisiones periódicas al estereoscopio con el objetivo de observar que no se desgaste demasiado y así mantener todas las marcas (anillos).

#### **d). Lectura**

Los otolitos se observaron con un microscopio estereoscópico (Nikon) con aumento de 10X, con la finalidad de identificar los radios en cada una de los otolitos. Para medir los radios de los mismos, se utilizó un ocular micrométrico (Nikon) con precisión de 0.1 mm.

- a). Los verdaderos anillos (*annuli*) se observan alrededor del foco del otolito.
- b). En el otolito, el anillo se forma por la agregación de varias líneas de una densidad tal, que no permiten el paso de la luz, por lo que se observa como una franja clara con luz reflejada sobre un fondo negro.

Las dimensiones se tomaron y registraron de la siguiente forma: a). La distancia del foco al margen anterior, llamado radio total (R) y, b). La distancia del foco a cada anillo de crecimiento ( $r_n$ ) (Figura 9) (Salgado-Ugarte *et al.* 2005). Este procedimiento se repitió para los otolitos que fueron legibles de un mismo individuo y a partir de estas medidas, se obtuvo un promedio.

Otro aspecto que se consideró fue que el conteo y medición de los anillos de crecimiento lo realizaron 2 lectores; cuando la primera lectura no coincidía con la segunda, la muestra se analizaba por tercera ocasión, en caso de no coincidir ninguna de las tres lecturas esta muestra se descartaba para la estimación de la edad y el crecimiento. Lo anterior se llevó a cabo para evitar sesgos en la identificación de los anillos.



Figura 9. Medición de los radios en el otolito. F= foco, R= radio total, r1= anillo 1, r2 anillo 3, r4 anillo 4, r+= incremento marginal.

## **TRABAJO DE GABINETE**

### **Análisis de frecuencia de tallas**

La determinación de la estructura poblacional por tallas se realizó mediante estimadores de densidad por kernel gaussiano (EDKs). Los EDKs son estimadores no paramétricos de la frecuencia que resuelven los problemas de punto de origen y discontinuidad presentados por los histogramas tradicionales (Chambers, *et al.*, 1983; Silverman, 1986; Härdle, 1991; Scott, 1992; Salgado-Ugarte, *et al.*, 1993; Salgado-Ugarte, 2002; Salgado-Ugarte, 2013). Además se realizó la evaluación no paramétrica de la multimodalidad de los datos (Silverman, 1981; Salgado-Ugarte *et al.* 1997).

La distribución de frecuencias de tallas es un auxiliar en el estudio de parámetros de la dinámica de poblaciones.

Existen diferentes procedimientos estadísticos que muestran la distribución de los datos. Algunos ejemplos clásicos son: los diagramas univariados de dispersión, los diagramas de tallo y hoja, los diagramas de caja y los histogramas, los cuales utilizan la función empírica de distribución acumulada. En estudios biológico-pesqueros los histogramas de frecuencia de tallas son los más utilizados (Salgado-Ugarte, 2002; 2013).

Los histogramas, como ya se mencionó son uno de los métodos más ampliamente usados para representar la forma de una función de densidad de probabilidad. Sin embargo este procedimiento presenta cuatro problemas.

- Depende del origen
- Depende del número o la amplitud de los intervalos
- Son discontinuos (cuadrados)

- Utilizan intervalos de amplitud fija

Estos problemas han conducido al desarrollo y uso de nuevos procedimientos, un ejemplo de esto, es el uso de estimadores de densidad por kernel (EDKs).

Los EDKs son histogramas mejorados que en lugar de usar funciones constantes cuadradas para representar la frecuencia utilizan otro kernel, el cual, en lugar de ser cuadrado, es una función de densidad de probabilidad suave, simétrica y que integra a la unidad, por lo que produce figuras redondeadas en lugar de rectángulos, esto evita la discontinuidad entre intervalos de clase; además estos estimadores no dependen del origen de los intervalos. Debido a estas características los EDKs son considerados como un mejor procedimiento estadístico en el análisis de distribución de tallas en peces en comparación con los histogramas y los polígonos de frecuencia. (Salgado-Ugarte, 2002, 2013; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005).

Los estimadores de densidad por kernel se calculan mediante:

$$\hat{f}(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K \left( \frac{x-X_i}{h} \right)$$

En donde  $\hat{f}(x)$  es la estimación de la densidad (frecuencia),  $n$  es el número de datos,  $h$  es la amplitud de banda (intervalo) y  $K$  es el "kernel" o sea la función que define el peso de cada dato en la estimación de frecuencia (forma de la curva para cada observación) (Salgado-Ugarte, 2002, 2013; Salgado-Ugarte, *et al.* 2005).

Los EDKs eliminan dos de los problemas de los histogramas: origen y discontinuidad. El problema de amplitud de banda persiste, pero se han propuesto expresiones prácticas y procedimientos de cómputo intensivo para determinarla.



Estos procedimientos se enfocan a encontrar la amplitud óptima al minimizar alguna medida del error estadístico con ciertas condiciones y suposiciones. Es posible además, estructurar un EDK con amplitud de banda variable (Salgado-Ugarte, 2002).

Para el análisis de la composición por tallas en el presente trabajo se utilizaron los estimadores de densidad por kernel considerando la longitud patrón y aplicando la amplitud de banda óptima de Silverman.

Silverman utiliza la distribución gaussiana como referencia. Si se emplea un kernel Gaussiano, la amplitud óptima de banda es estimada por medio de:

$$\hat{h} = 1.06 \hat{\sigma} n^{-1/5}$$

Donde:

$\sigma$  = estimación de la desviación estándar

n = tamaño de muestra

La obtención de los EDKs se realizó mediante las rutinas computarizadas de Salgado-Ugarte *et. al.* (1993, 1995a, 1995b, 1997); Salgado-Ugarte (2002); Salgado-Ugarte (2005) para el paquete estadístico Stata versión 11.

## Estructura poblacional por sexos

### Prueba $\chi^2$ de bondad de ajuste para distribución uniforme.

Al realizar un experimento aleatorio  $n$  veces se presentan los resultados  $R_1, R_2, \dots, R_k$  con frecuencias observadas  $O_1, O_2, \dots, O_k$  y que de acuerdo con las leyes de las probabilidades, se espera que estos resultados se presenten con frecuencias  $E_1, E_2, \dots, E_k$ .

Una medida de las diferencias entre las frecuencias observadas y las esperadas está dada por el estadístico  $\chi^2$  definido por:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Donde  $\sum_{i=1}^k O_i = \sum_{i=1}^k E_i$ ,  $k$  es el número de categorías.

Si las frecuencias observadas coinciden o se aproximan mucho a las esperadas el valor del estadístico  $\chi^2$  tiende a cero. Por el contrario, si las frecuencias observadas difieren significativamente de las esperadas el valor de las estadístico  $\chi^2$  será positivo y tan grande cuanto mayor sean las diferencias entre las frecuencias. En estas condiciones se tiene que la región de rechazo es solo la región derecha (cola derecha o unilateral superior) las hipótesis son las siguientes.

$H_0$ : los datos provienen de la una muestra al azar de una población distribuida de acuerdo a un modelo teórico.

$H_a$ : los datos no provienen de una población distribuida de acuerdo con el modelo teórico.

El estadístico de contraste es:

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

Con  $k - r$  grados de libertad, donde

$k$  es el número de eventos o categorías

$r$  es el número de restricción ( $r \geq 1$  ya que  $\sum_{i=1}^k O_i = \sum_{i=1}^k E_i$ , es siempre una restricción, y cada parámetro que se estime es una restricción mas).

### **Relación peso-longitud**

La relación peso-longitud se estimó según la ecuación estandarizada para peces (Ricker, 1975):

$$P = aL^b$$

Dónde:

$P$ = peso del individuo       $L$ = Longitud patrón del organismo

$a$ = constante       $b$ = constante

Esta es una ecuación potencial. Para ajustar los datos a una regresión lineal o "linearización" de los parámetros " $a$ " y " $b$ " se utilizó una transformación logarítmica:

$$\text{Log } P = \text{Log } a + b \text{ Log } L$$

Esta transformación permite la determinación de las constantes empíricas ( $a$  y  $b$ ), utilizando el método de regresión lineal (mediante el método de mínimos cuadrados).

El valor de la pendiente " $b$ " fluctúa en especies pesqueras entre 2 y 4. En el caso de que los individuos mantienen su forma sin variación en sus proporciones durante su crecimiento (de manera isométrica), entonces el valor de  $b$  es igual a 3.0 (el peso y la talla aumenta en la misma proporción). Un valor significativamente menor o mayor a 3.0 indica un crecimiento alométrico. Un valor menor de 3 muestra que el pez es menos pesado para la longitud que alcanza (forma alargada); un exponente mayor de 3 indica que el pez llega a ser más pesado para su longitud conforme incrementa en talla (forma más cercana a una esfera) (Lagler, 1956; Tesch, 1978; Ricker, 1979; Pauly, 1984; Weatherley y Gill, 1987; Wootton, 1990; Granado, 1996).

La relación permitió establecer el tipo de crecimiento que presentó el ronco; para ello se utilizaron los datos de longitud patrón y peso total.

### **Relación cuerpo-otolito**

Para que se pueda considerar la lectura de los anillos en el otolito como un método para la estimación de la edad en *H. flaviguttatum* se estableció la relación de la longitud del organismo contra la el radio del otolito utilizando las siguientes expresiones (lineal, potencial, exponencial, cuadrática)

### **Estimación de la edad mediante otolitos**

Para la estimación de la edad mediante los anillos en los otolitos, se formaron grupos respecto al número de anillos presentes en los mismos de forma

que, organismos con otolitos que presentaron un anillo se agruparon en la edad o grupo 1 de igual forma en los anillos sucesivos.

### **Validación de los anillos en otolitos como marcas anuales.**

Las pruebas directas de validación más adecuadas son las que se obtienen por el examen de las estructuras de peces de edad conocida que han vivido en ambientes naturales o que han sido cultivados bajo condiciones semi-naturales.

Ya que los peces de edad conocida no siempre se encuentran disponibles frecuentemente es necesario usar algunos métodos indirectos para confirmar la determinación de la edad. El procedimiento cuantitativo involucra medir el incremento relativo de la amplitud del margen o incremento marginal de la estructura clasificada. Si el incremento es relativamente pequeño esto indica que un anillo se formó un poco antes (Salgado-Ugarte, 2005).

Se analizó la Razón de Incremento Marginal, definida como la división del incremento entre la longitud de la banda de crecimiento anterior (o la distancia del foco al anillo en los individuos con un solo anillo).

$$RIM = \frac{(R - r_n)}{(r_n - r_{n-1})}$$

Donde:

*RIM*= razón del incremento marginal.

*R*= radio del otolito.

*r<sub>n</sub>*= radio del foco al último anillo de crecimiento en el otolito.

*r<sub>n-1</sub>*= radio del foco al penúltimo anillo.

La distribución de estos valores en cada mes se analizó y se tomó la media de cada mes siendo los valores mínimos los que representan un menor incremento en el anillo lo cual indica que su formación es reciente.

### **Estimación de los parámetros de crecimiento mediante los modelos de Von Bertalanffy (FCVB), Gompertz y Logística.**

Se puede definir un modelo como una representación matemática conceptual a escala de un fenómeno con el fin de analizar su naturaleza, desarrollar o comprobar hipótesis y permitir una mejor comprensión del fenómeno real al cual el modelo representa (Sparre y Venema, 1997).

Para describir cuantitativamente el crecimiento de un pez, se han desarrollado varias expresiones matemáticas. En biología pesquera, el modelo de crecimiento más ampliamente utilizado es el de von Bertalanffy (1938) utilizado en pesquerías por Beverton y Holt (1957).

A) La función de crecimiento de von Bertalanffy (FCVB) ha sido muy útil pues sigue cercanamente el crecimiento observado en un gran número de especies (Salgado-Ugarte, *et al.* 2005).

La expresión matemática de von Bertalanffy para el crecimiento, expresa la longitud ( $L$ ) en función de la edad ( $t$ ) del pez:

$$L_t = L_\infty (1 - \exp[-K(t - t_0)])$$

dónde:

$L_\infty$  = La longitud infinita o asintótica interpretada como la longitud promedio máxima que un individuo podría alcanzar en caso de crecer hasta una edad muy avanzada (estrictamente infinita).

$K$  = parámetro de la curvatura (tasa de crecimiento), que determina la rapidez con la que el pez alcanza la  $L_{\infty}$ .

$t_0$  = "edad" hipotética que el pez debiera haber tenido para que su longitud fuese 0, o el origen de la función.

$L_t$  = longitud a la edad " $t$ ".

B). Algunas especies presentan crecimiento lento en etapas tempranas, se acelera posteriormente y al final se hace asintótico, es decir describen un patrón "sigmoideal". La función sigmoide antiasimétrica de Gompertz puede ajustar este tipo de crecimiento (Moreau, 1987; Salgado-Ugarte, et al. 2005). La expresión matemática de Gompertz para el crecimiento, expresa la longitud ( $L$ ) en función de la edad ( $t$ ) del pez:

$$L_t = L_{\infty} \exp(-\exp[-K(t-t_0)])$$

Dónde:

$L_t$  = Longitud a la edad " $t$ ".

$L_{\infty}$  = Longitud máxima promedio de la especie.

$K$  = Constante de crecimiento.

$t_0$  = Punto de inflexión de la curva.

$t$  = Edad

C). La otra función utilizada para modelar el crecimiento es la curva sigmoideal antisimétrica Logística (Moreau, 1987; Salgado-Ugarte, et al. 2005). La expresión matemática del modelo logístico, expresa la longitud ( $L$ ) en función de la edad ( $t$ ) del pez:

$$L_t = \frac{L_\infty}{(1 + \exp[-K(t - t_0)])}$$

Dónde:

$L_t$  = Longitud a la edad " $t$ ".

$L_\infty$  = Longitud máxima promedio de la especie.

$K$  = Tasa instantánea de crecimiento.

$t_0$  = Punto de inflexión de la curva donde  $L_t = L_\infty/2$ .

$t$  = Edad.

De acuerdo con Sparre y Venema (1997), la regresión no lineal por mínimos cuadrados es un método superior a cualquiera de los procedimientos lineales para estimar los parámetros de la FCVB. El método estima los parámetros de crecimiento en una forma tal que la suma de los cuadrados de las desviaciones de las observaciones respecto del modelo es minimizada.

Todos los cálculos se llevaron a cabo con las rutinas de Salgado-Ugarte *et al.*, (1992, 1997 y 2005) insertadas en StataCorp, (2013).

### **Comparación de los modelos de crecimiento.**

Prueba de  $F^2$  de Hotelling para comparación de parámetros de la FCVB de dos poblaciones (Bernard, 1981):

En biología pesquera, el modelo más usado para describir cuantitativamente el crecimiento de los peces es la función de crecimiento de von Bertalanffy (FCVB). Al investigar las poblaciones de peces uno puede terminar con varias expresiones, por ejemplo, una para machos y otra para hembras (Salgado-Ugarte, *et al.* 2005).



Un aspecto importante es saber si los parámetros obtenidos por la función tienen diferencias significativas.

Como afirmó Bernard (1981) para responder a la pregunta anterior, se puede considerar lo siguiente:

Los parámetros  $L_{\infty}$  (longitud asintótica),  $K$  (coeficiente de crecimiento), y  $t_0$  (tiempo al cual la longitud es cero) de la *FCVB* están por lo general, correlacionados y no deberían ser estimados independientemente. Cuando las correlaciones entre los valores de los parámetros son significativas, puede utilizarse el procedimiento multivariado de la  $T^2$  de Hotelling para probar las diferencias entre los vectores de medias (estimadores de los parámetros) de dos grupos. En este método, todas las diferencias entre los valores paramétricos se prueban simultáneamente considerando las covarianzas entre los parámetros.

El estadístico  $T^2$  de Hotelling se basa en los vectores de los valores paramétricos y sus matrices de covarianza suponiendo una distribución de probabilidad multivariada conjunta. Los parámetros de la *FCVB*  $L_{\infty}$ ,  $K$ ,  $t_0$ , y las diferencias correspondientes de los valores para los dos grupos de peces se expresan como vectores columna.

$$P_1 = \begin{bmatrix} L_{\infty(1)} \\ K_{(1)} \\ t_{0(1)} \end{bmatrix}, P_2 = \begin{bmatrix} L_{\infty(2)} \\ K_{(2)} \\ t_{0(2)} \end{bmatrix}, \text{ y } [P_1 - P_2] = \begin{bmatrix} L_{\infty(1)} - L_{\infty(2)} \\ K_{(1)} - K_{(2)} \\ t_{0(1)} - t_{0(2)} \end{bmatrix}$$

ó de manera equivalente, para la función Logística, longitud asintótica ( $L_{\infty}$ ), tasa instantánea de crecimiento ( $g$ ) y tiempo cuando la tasa de crecimiento es máxima ( $t_0$ ), y para la función de Gompertz, longitud asintótica ( $L_{\infty}$ ), tasa instantánea de crecimiento ( $g$ ) y tiempo en el punto de inflexión ( $t_0$ ):

$$P_1 = \begin{bmatrix} L_{\infty(1)} \\ g_{(1)} \\ t_{0(1)} \end{bmatrix}, P_2 = \begin{bmatrix} L_{\infty(2)} \\ g_{(2)} \\ t_{0(2)} \end{bmatrix}, \text{ y } [P_1 - P_2] = \begin{bmatrix} L_{\infty(1)} - L_{\infty(2)} \\ g_{(1)} - g_{(2)} \\ t_{0(1)} - t_{0(2)} \end{bmatrix}$$

$P_1$  y  $P_2$  son vectores columna de los valores paramétricos estimados a partir de medidas de edad y longitud en dos grupos de peces, y  $[P_1 - P_2]$  es un vector columna de las diferencias entre las estimadas del mismo parámetro.

El estadístico  $T^2$  se calcula como el producto de las diferencias en los parámetros  $[P_1 - P_2]$  elevada al cuadrado y la inversa de la matriz de varianza-covarianza conjunta.

$$T^2 = \frac{N_1 N_2}{N_1 + N_2} [\vec{P}_1 - \vec{P}_2]' S^{-1} = [\vec{P}_1 - \vec{P}_2]$$

Donde  $N_1$  y  $N_2$  son el número de peces en cada grupo,  $[\vec{P}_1 - \vec{P}_2]'$  es la traspuesta (vector fila) de  $[\vec{P}_1 - \vec{P}_2]$ ,  $S^{-1}$  y es la inversa de la matriz conjunta de varianza-covarianza

$$S = \frac{(N_1 - 1) S_1 + (N_2 - 1) S_2}{N_1 + N_2 - 2}$$

Donde  $S_1$  y  $S_2$  son las matrices de varianza-covarianza estimadas de  $L_{\infty}$ ,  $K$  (ó  $g$ ), y  $t_0$  de cada uno de los dos grupos de peces.

$S_1$  y  $P_2$  Pueden estimarse juntos cuando los datos de longitud – edad se han ajustado a la FCVB utilizando procedimientos numéricos (regresión no lineal). El valor calculado del estadístico  $T^2$  se utiliza para probar la hipótesis nula  $H_0: P_1 = P_2$  contra la hipótesis alternativa  $H_A: P_1 \neq P_2$ . Las expresiones anteriores se tomaron de Salgado-Ugarte, *et al.* (2005) que están correctamente escritas debido a que el trabajo original de Bernard (1981) tiene varios errores graves de imprenta. Para los

cálculos se utilizaron los programas para StataCorp, (2013) propuestos en Salgado-Ugarte, *et al.* 2005).

## **Resultados**

### **Análisis biométrico.**

Se procesaron los datos biométricos de 245 organismos, que se obtuvieron de la pesca artesanal de la zona de estudio; las tallas de las muestras estuvieron en un intervalo de 13.2 a 28.9 cm de longitud patrón y el peso total abarcó de los 50 a los 515 gr.

### **Lectura de otolitos**

A partir de los muestreos biológicos de las capturas en la pesca artesanal se extrajeron otolitos de 243 especímenes, de los cuales fueron incluidos organismos capturados con red agallera y debido a la apertura de malla sólo se pudieron obtener especímenes en su mayoría de tamaño medio siendo pocos grandes y pocos chicos.

Del 100% de organismos, aproximadamente al 79% de ellos se les apreciaron las marcas de crecimiento con bastante claridad, mientras que el resto, fueron descartados por varias razones, sobre todo porque no fue posible determinar el número de anillos que estos presentaban en las lecturas realizadas.

A partir de las lecturas fue posible diferenciar las zonas claras de las oscuras, las cuales se presentaron a distancias asimétricas con relación al foco. En las zonas laterales posteriores, donde nace cada anillo, se observó un engrosamiento de las líneas, mientras que en la parte posterior del otolito, el anillo se formó por la agregación de varias líneas de una densidad tal, que no permiten el paso de la luz,

por lo que se observó como una franja clara con luz reflejada ya que el fondo es negro.

### **Estructura poblacional por tallas (EDKs)**

Un panorama general de las tallas se presenta en la Tabla 1. Sin embargo, el detalle de la distribución de tamaños se realizó por los histogramas suavizados (estimadores de densidad por kernel).

Tabla 1. Resumen estadístico de la longitud patrón (cm) por sexo.					
Sexo	Obs	Media	Des. Est.	Min	Max
Machos	100	20.797	2.337462	17	28.9
Hembras	103	21.11553	2.489852	15.4	28.8
Indiferenciados	42	17.50476	1.933271	13.2	20.1

Tabla 1. Longitud patrón (cm) por sexo

Se obtuvieron 245 ejemplares; 100 machos, 103 hembras y 42 indiferenciados. La composición de tallas para el total de los individuos capturados, en los diferentes meses en que se pudo obtener muestra, se observa de mejor manera en la figura 10, se observó en machos y hembras una distribución asimétrica con sesgo positivo multimodal para machos y bimodal para hembras, con una moda principal de 20.97 en machos y 20.54 en hembras. Los indiferenciados presentaron una distribución con un sesgo positivo lo que indica tallas más pequeñas; con una moda principal en 18 cm.

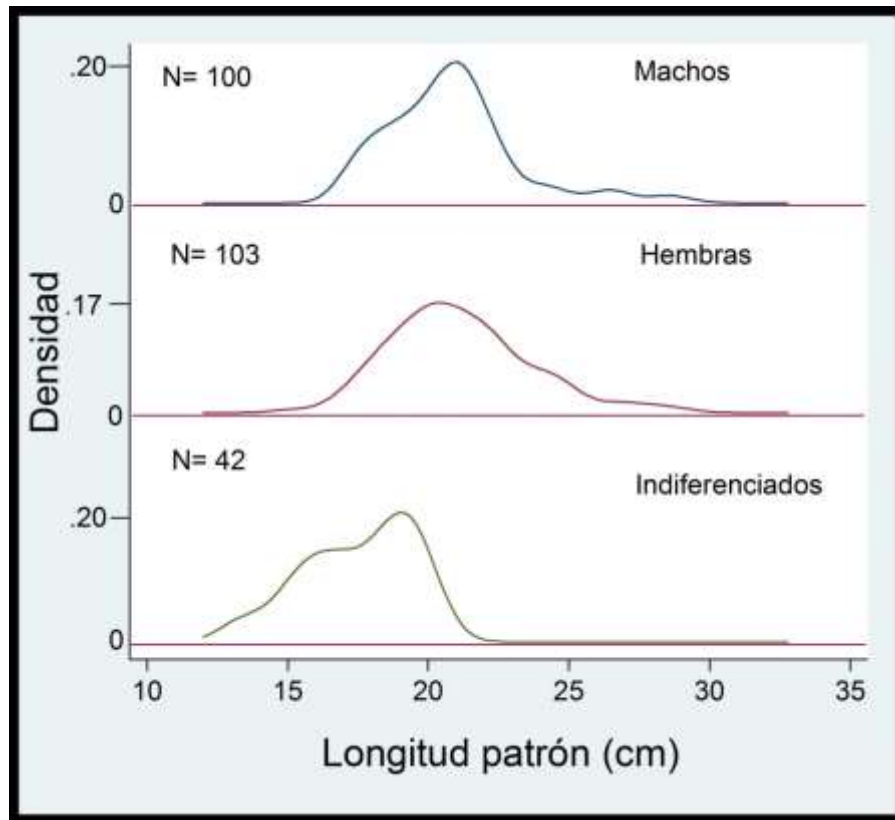


Figura 10. EDK's generales para machos, Hembras e indiferenciados.

La composición de tallas mensuales por sexos para los machos, de manera general, son distribuciones multimodales, siendo Octubre y Noviembre 2013 los meses en donde se observaron las modas con tallas más grandes (28 cm), mientras que las modas de tallas menores (17 cm) se observaron en Marzo 2013 y Enero 2014 (Figura 11).

Para las hembras se observó lo mismo que en los machos, distribuciones bimodales y a diferencia de los machos; en Febrero de 2014 se observaron las modas con tallas más grandes (26.2 cm) y en Noviembre de 2013, se registraron las modas con tallas menores (15 cm) (Figura 12).

Por último para los indiferenciados, de manera general las distribuciones son bimodales, donde las tallas de la mayoría de los individuos se concentran entre 15 y 20 cm. Las modas de las tallas menores se observaron en Octubre 2013. Las modas de tallas mayores en Enero 2014. El mes de Mayo y Agosto no están representados en la gráfica debido a que solo no había datos suficientes. (Figura 13).

*Edad y crecimiento por medio de lectura de otolitos en el ronco (Haemulon flaviguttatum) de Puerto Ángel, Oaxaca.*

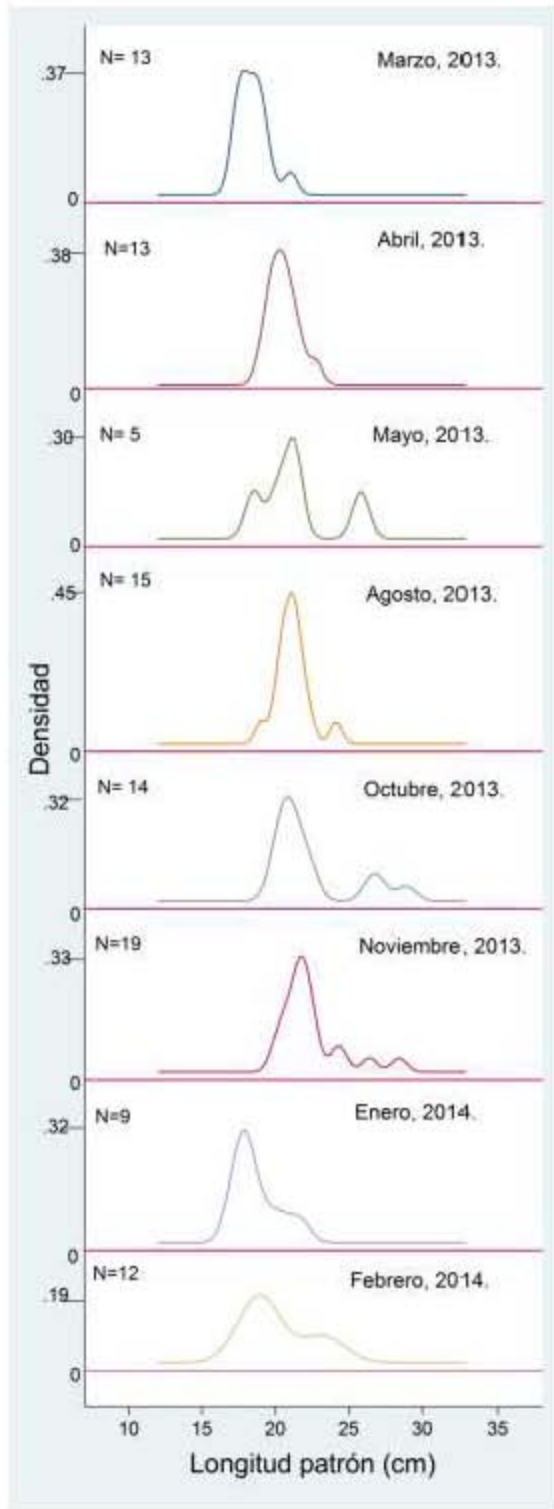


Figura 11. EDK's mensuales de machos.

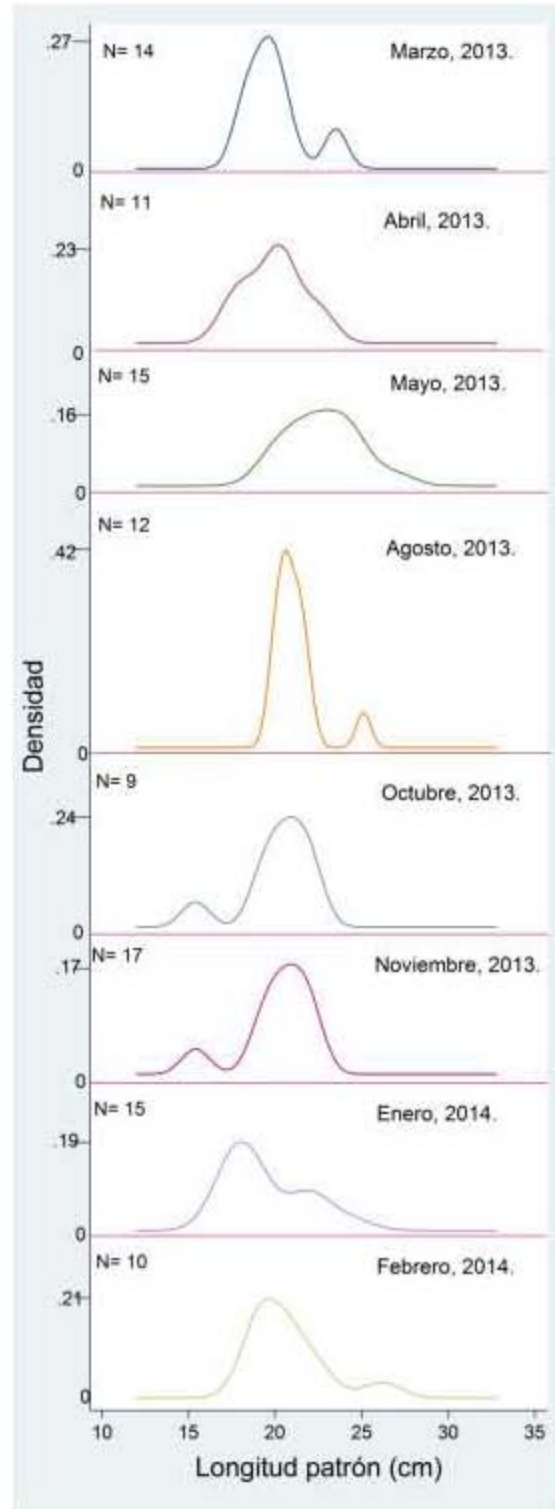


Figura 12. EDK's mensuales de hembras.

*Edad y crecimiento por medio de lectura de otolitos en el ronco (Haemulon flaviguttatum) de Puerto Ángel, Oaxaca.*

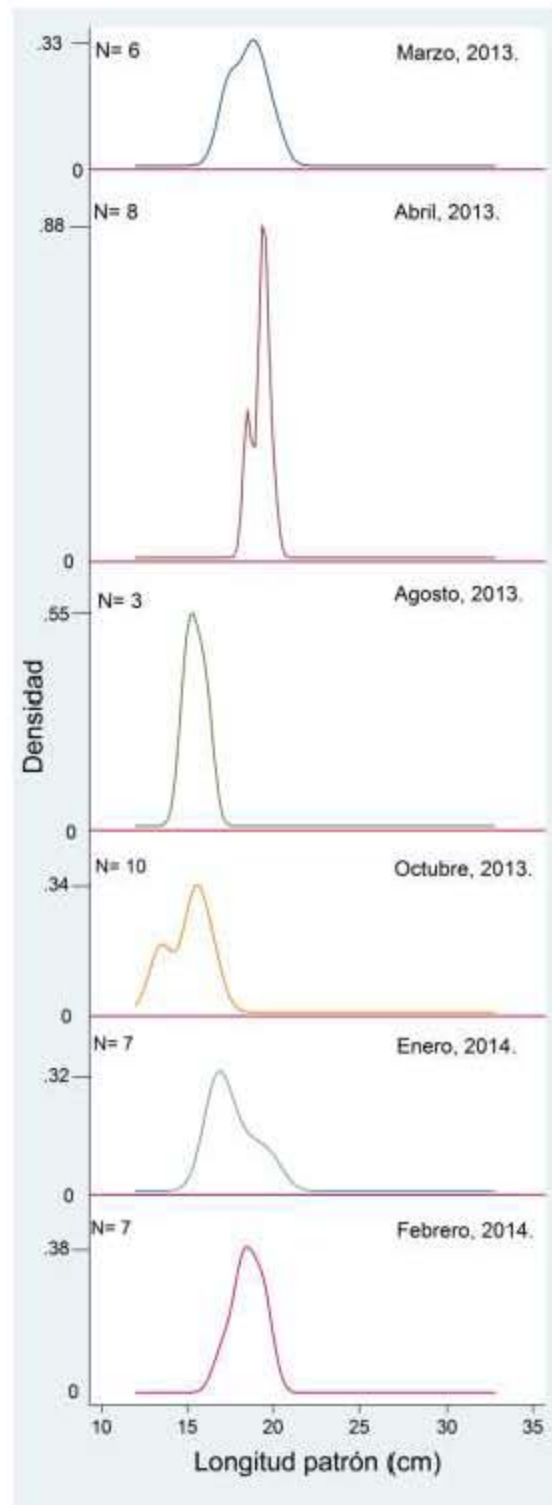


Figura 13. EDK's mensuales de indiferenciados.



### **Prueba Kolmogorov-Smirnov**

Se realizó la *prueba de Kolmogorov-Smirnov* con el fin de conocer si entre las distribución de machos y hembras hay diferencias respecto a las tallas. En la tabla 2 se pueden observar los valores obtenidos en la prueba con un  $\alpha = 0.01$  y el valor teórico es  $D = .22849852$  y como el observado  $D = 0.1015907 < D = .22849852$  no se rechaza  $H_0$ . Debido a que los valores observados son menores a los valores de tablas la hipótesis nula no se rechaza, esto nos está indicando que entre hembras y machos no hay diferencias significativas respecto a las tallas (para los edks de la Figura 10).

Tabla 2. Resultados de la prueba de Kolmogorov-Smirnov. F1= Frecuencia acumulada machos, F2= Frecuencia acumulada Hembras, F1n1= F1/la muestra de machos (100), F12n2= F2/la muestra de hembras (103), D= desviación máxima entre las muestras.					
Variable	Observaciones	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
F1	100	57.23917	42.61795	3.84E-24	100
F2	100	57.33905	43.55221	3.63E-08	103
F1n1=F1/100	100	0.5723917	0.4261795	3.84E-26	1
F2n2=F2/103	100	0.5566898	0.422837	3.53E-10	1
D=F1n1-F2n2	100	0.0157018	0.029571	-9.71E-03	0.1015907

### **Proporción por sexos**

Como ya se mencionó de los 8 meses de muestreo realizados de Marzo de 2013 a Febrero de 2014 se obtuvieron un total de 245 organismos de los cuales fueron 100 machos, 103 hembras y 42 indeterminados. Para verificar si de manera total y por muestreo la proporción macho: hembra registrada fue 1:1 se realizó la prueba de  $\chi^2$  de bondad de ajuste para distribución uniforme (Marques, 2004). Los resultados se muestran en la Tabla 3 y en ella se aprecia que sólo en el mes de Mayo (2013), cuando 15 hembras y sólo 5 machos, la  $H_0$  de proporciones iguales.

***Edad y crecimiento por medio de lectura de otolitos en el ronco (*Haemulon flaviguttatum*) de Puerto Ángel, Oaxaca.***

---

Tabla 3. Valores observados por sexos en los muestreos mensuales, proporción sexual observada, prueba de  $\chi^2$ , significancia estadística y conclusión con respecto a la proporción 1:1, S (Significativo) N.S. (No significativo).

Muestreo mensual	total	Observados			Proporción		$\chi^2$ $\alpha=0.1$	P	
		Machos	Hembras	Esperados	Machos	Hembras			
Marzo, 2013	27	13	14	13.5	1.00	1.08	0.03704	0.84739	N.S.
Abril, 2013	24	13	11	12	1.18	1.00	0.16667	0.68309	N.S.
Mayo, 2013	20	5	15	10	1.00	3.00	5.00000	0.02535	S
Agosto, 2013	27	15	12	13.5	1.25	1.00	0.33333	0.56370	N.S.
Octubre, 2013	23	14	9	11.5	1.56	1.00	1.08696	0.29715	N.S.
Noviembre, 2013	35	19	16	17.5	1.19	1.00	0.25714	0.61209	N.S.
Enero, 2014	24	9	15	12	1.00	1.67	1.50000	0.22067	N.S.
Febrero, 2014	23	12	11	11.5	1.09	1.00	0.04348	0.83483	N.S.
Total	203	100	103	101.5				4.08427	N.S.

### **Relación cuerpo-otolito**

El análisis de regresión entre la relación del largo del otolito y la longitud total del pez para la población total de *H. flaviguttatum*, presentó una tendencia lineal con un alto coeficiente de determinación, que explica el 59% de la correlación entre ambas variables.

Los resultados indican que existe una relación lineal moderada y significativa entre estas dos variables con un coeficiente de determinación ( $r^2 = 0.59$ .  $P < 0.000$ ). Con esto se comprueba que el crecimiento por individuo es directamente proporcional al de sus otolitos (Tabla 4, Figura 14). Con esto validamos el uso de los otolitos para la determinación de la edad en el ronco blanco.

*Edad y crecimiento por medio de lectura de otolitos en el ronco (Haemulon flaviguttatum) de Puerto Ángel, Oaxaca.*

Tabla 4. Resultados de la relación lineal entre el radio del otolito y la longitud patrón del pez.

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	cuadrados medios	Número de observación = 192 F( 2, 192) = 18770.09 Probabilidad > F = 0.0000 R-cuadrada = 0.5987 R-cuadrada ajustada = 0.5967 Error de estimación = 1.5368		
Modelo	697.708	1	697.708			
Residuos	468.18	191	2.361			
Total	89235.16	192	5.855			
Longitud patrón	Coeficiente	Error estándar	t	P> t	[Intervalo de confianza 95%]	
Radio escama	4.347	0.252	17.19	0.000	3.848	4.846
Constantes	1.549	1.135	1.36	0.174	0.690	3.789

Tabla 5. Análisis de la regresión lineal entre el radio de la escama (distancia entre el foco y el borde) y la longitud patrón de *H. flaviguttatum*.

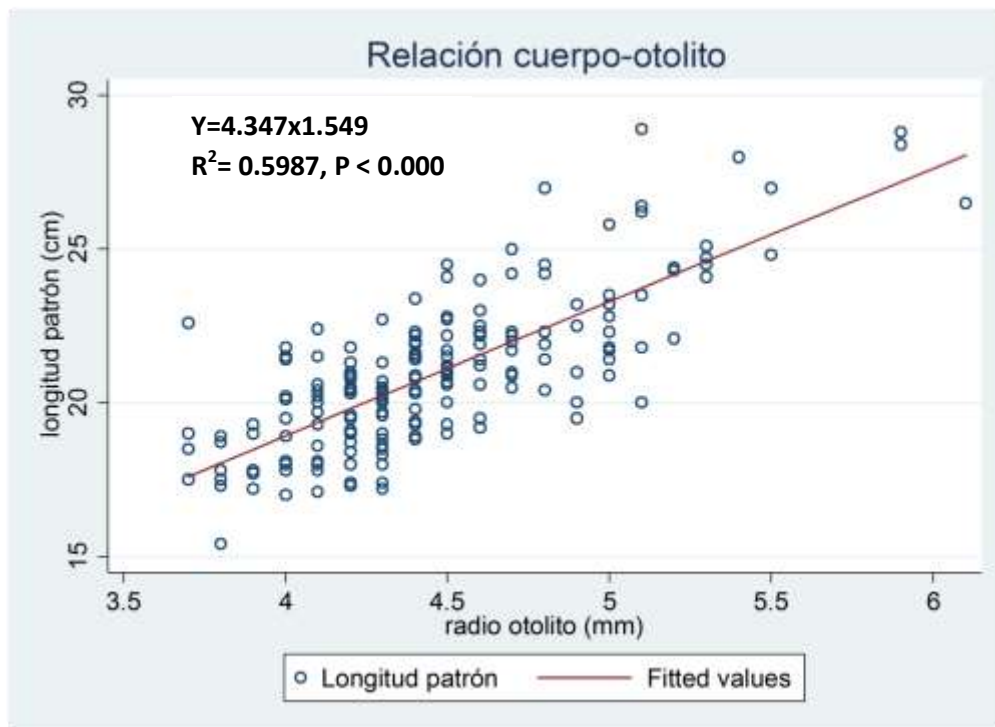


Figura 14. Relación entre el radio del otolito y la longitud patrón del pez.

## **Relación peso-longitud**

Para establecer la relación se utilizó el peso total y la longitud patrón. Debido a que en algunas ocasiones el proceso de la pesca y el manejo de organismos la aleta caudal resultó dañada, se prefirió utilizar a la longitud patrón en lugar de la longitud total.

Considerando el valor del exponente de la relación longitud peso ( $b$ ), machos y hembras mostraron valores ligeramente menores a 3. Debido a que en ambos casos los intervalos de confianza del 95 % incluyen al 3, se puede decir que el crecimiento es isométrico con una ligera tendencia a la alometría negativa, sobre todo en hembras (Figura 15 y 16). Para poder corroborar que en ambos casos el valor de  $b$  no tienen diferencias significativas respecto al valor de 3 se realizó la prueba *t de student* para machos se obtuvo una  $P = .45470197$  y para hembras  $P = .55940721$  en ambos casos se comprueba que no se encontró una diferencia significativa de 3.

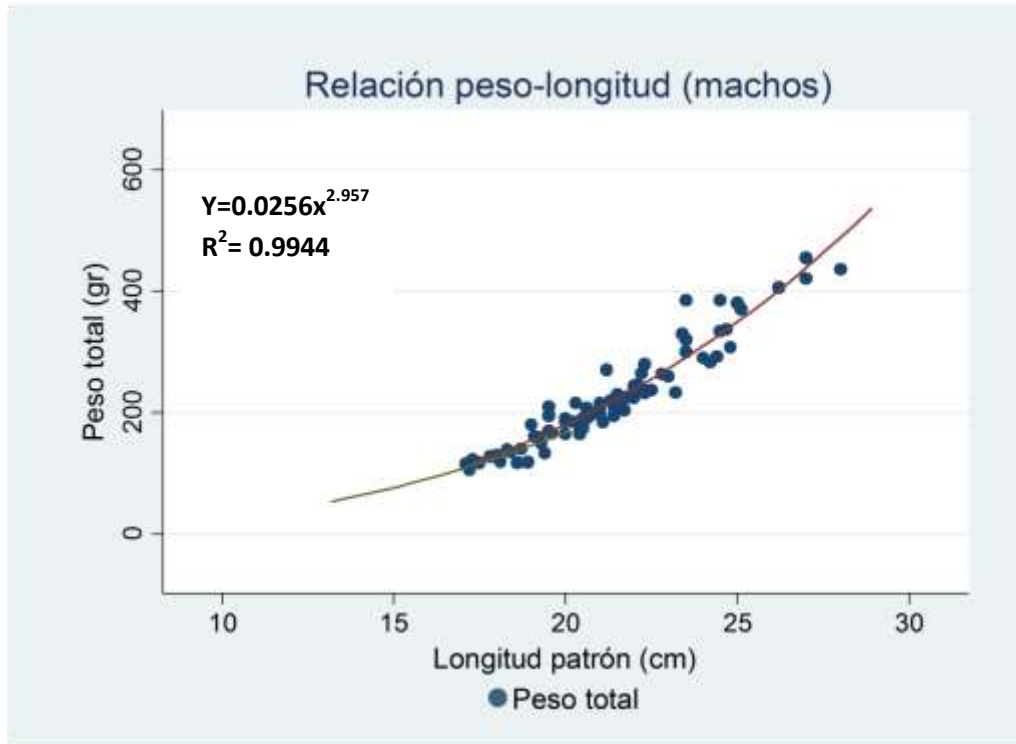


Figura 15. Grafica de la relación potencial entre el peso total y la longitud patrón en machos.

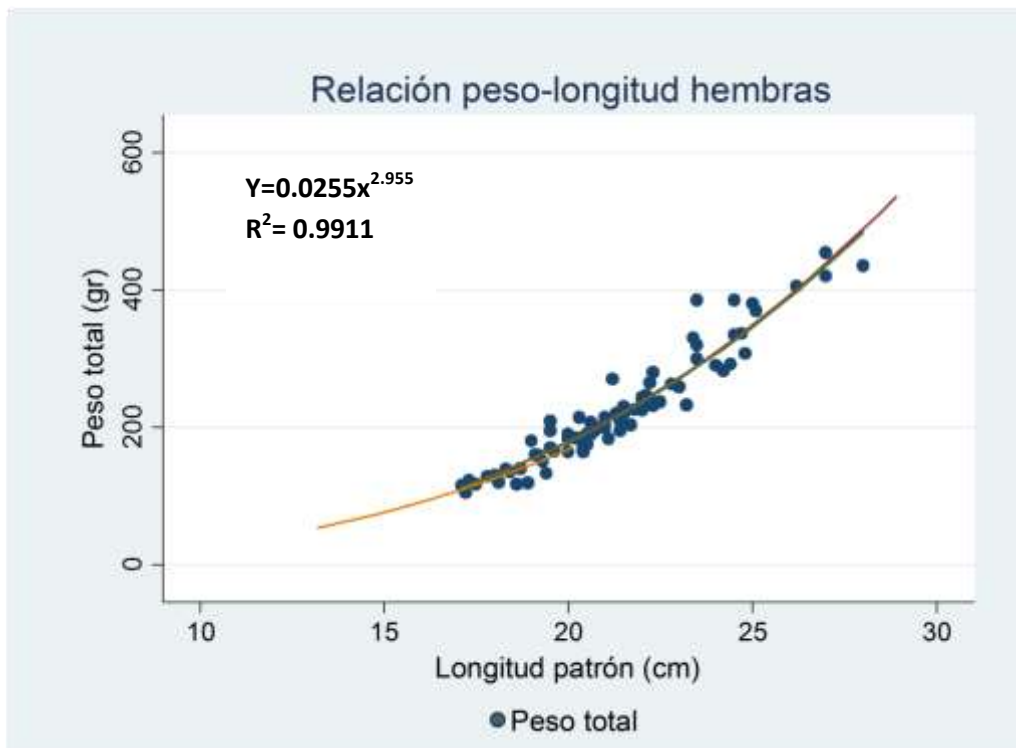


Figura 16. Grafica de la relación potencial entre el peso total y la longitud patrón en hembras.

### Validación de la periodicidad de marcas

La validación muestra que valores menores en la razón de incremento marginal, se dan en los meses de febrero y marzo, mientras que en el mes de enero se registró un valor mayor, lo que sugiere la formación de un anillo anual en los meses de Febrero y Marzo (Figura 17).

El análisis anterior se basa en que el incremento debe ir aumentando de un mes al siguiente, hasta que empieza a aparecer un engrosamiento en el borde, significando un nuevo anillo (Espino-Barr *et al.*, 2008), por lo que, de acuerdo al gráfico (Figura 17), el valor más bajo del cálculo del RIM correspondió a los meses de Febrero y Marzo.

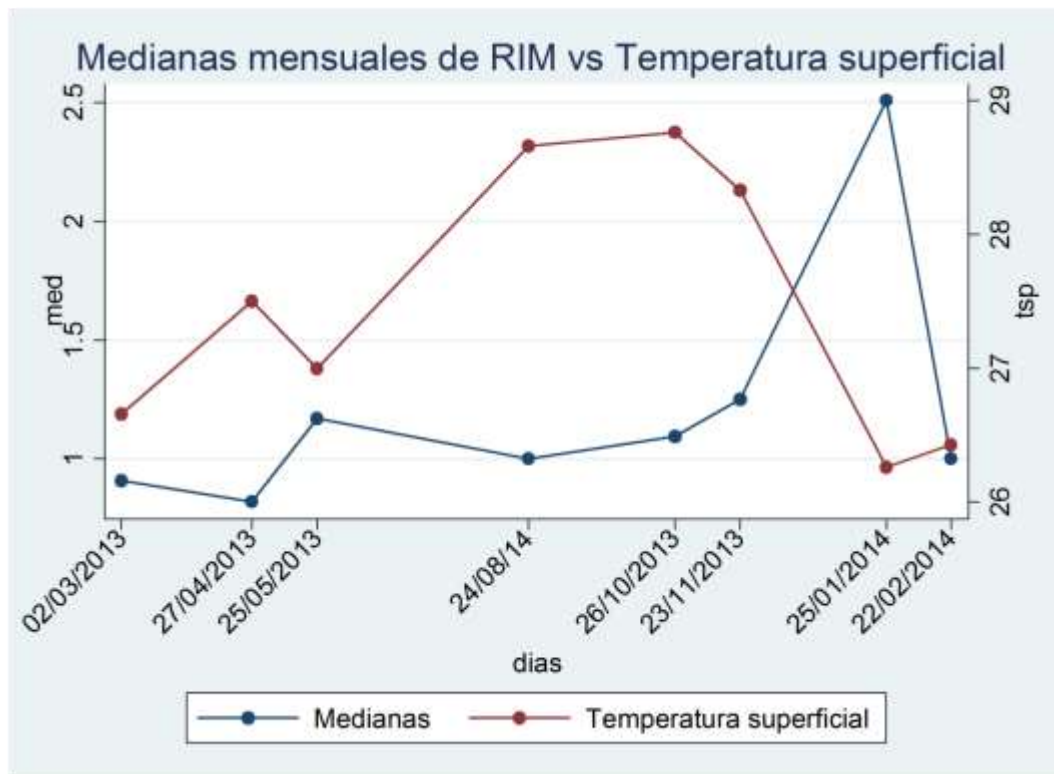


Figura 17. Gráfica de las medianas de la Razón del Incremento Marginal (RIM) contrastadas con la temperatura superficial promedio.

## **Edad y crecimiento.**

En la lectura de los otolitos un aspecto que se tomó en cuenta para el conteo y medición de los anillos fue que se realizaran dos lecturas, la concordancia exacta ocurrió en el 78 % de los casos.

De las tallas registradas que van de 13.2 a 28.9 cm de  $L_p$  en *H. Flaviguttatum* se pudieron identificar los anillos de crecimiento en los otolitos, con los cuales se pudo estimar la edad. Al realizar el conteo de anillos se pudieron identificar 5 anillos en *H. flaviguttatum*, las tallas medias entre cada anillo para la muestra fueron de: 15.7, 17.23, 20.06, 21.37, 23.81 cm de  $L_p$ . La mayoría de los organismos registrados en la muestra se encuentra entre los anillos 3 (43%) y 4 (35%) lo cual vuelve a corroborar que el enfoque de la pesca en esta zona se lleva a cabo para los especímenes de tamaños medios. Esto además puede estar indicando que a la población se le está permitiendo llegar a una talla adulta y posiblemente reproductiva. Lo anterior deberá corroborarse con estudios sobre la reproducción de esta especie en esta zona.

## **Parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy mediante regresión no lineal ponderada**

Se hizo el ajuste mediante una regresión no lineal con los tamaños medios a cada edad ponderada por el número de organismos de cada edad; los resultados para la función de crecimiento de von Bertalanffy ( $FCVB$ ) se presentan en la Tabla 5. Esta ponderación mejora sustancialmente el ajuste en contraste con una regresión no lineal sin ponderación.

***Edad y crecimiento por medio de lectura de otolitos en el ronco (*Haemulon flaviguttatum*) de Puerto Ángel, Oaxaca.***

Tabla 5. Parámetros calculados por la función no lineal de crecimiento de von Bertalanffy						
Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	cuadrados medios	Número de observaciones = 192 F( 2, 201) = 5412.45 Probabilidad > F = 0.0000		
Modelo	81672.911	3	27224.303	R-cuadrada = 0.9885		
Residuos	950.658	189	5.029	R-cuadrada ajustada = 0.9883		
Total	82623.569	192	430.331	Error de estimación = 2.2427 Desviación residual = 852.0069		
Longitud patrón	Coeficiente	Error estándar	t	P> t	[Intervalo de confianza 95%]	
$L_{\infty}$	33.572	17.710	1.90	0.060	-1.363	68.508
K	.14552	.196080	0.74	0.459	-.241267	.532307
$t_0$	-3.131	3.039	-1.03	0.304	-9.128	2.864
(Errores estándares de P, intervalos de confianza y correlaciones son aproximaciones asintóticas)						

Con los parámetros de crecimiento estimados se obtuvo la curva de crecimiento para la población (Figura 18), donde se indica también la curva ajustada.

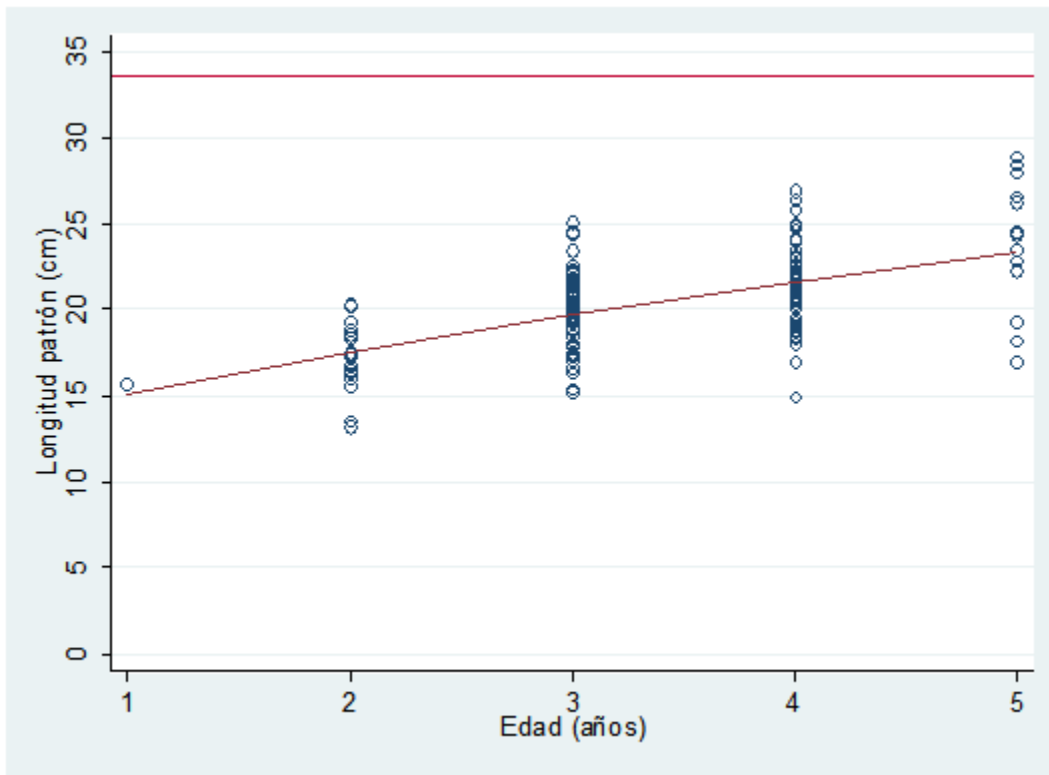


Figura 18. Función de crecimiento de von Bertalanffy estimada por regresión no lineal ponderada para la población de *H. flaviguttatum*.



También se hicieron ajustes para cada sexo: para los machos los estimadores se presentan en la Tabla 6 y la curva de crecimiento en la Figura 19.

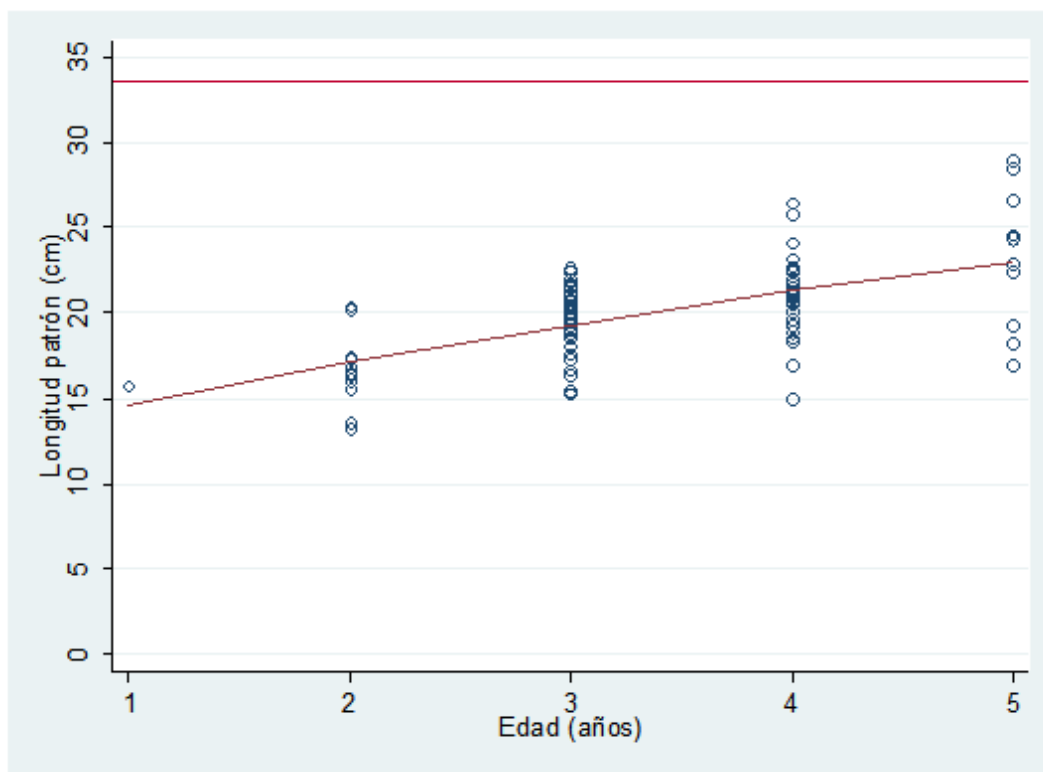


Figura 19. Función de crecimiento de von Bertalanffy estimada por regresión no lineal ponderada para los machos de *H. flaviguttatum*.

Tabla 6. Parámetros calculados por la función no lineal ponderada de crecimiento de von Bertalanffy (machos)						
Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	cuadrados medios	Número de observación = 108 F( 2, 201) = 2768.72 Probabilidad > F = 0.0000		
Modelo	43712.322	3	14570.774	R-cuadrada = 0.9875		
Residuos	552.576	105	5.262	R-cuadrada ajustada = 0.9872		
Total	44264.899	108	409.860	Error de estimación = 2.2940 Desviación residual = 482.7965		
Longitud patrón	Coficiente	Error estándar	t	P> t	[Intervalo de confianza 95%]	
$L_{\infty}$	33.61675	21.930	1.53	0.128	-9.867	77.101
K	.143775	.230839	0.62	0.535	-.313937	.601487
$t_0$	-2.973	3.421	-0.87	0.387	-9.757	3.810
(Errores estándar de P, intervalos de confianza y correlaciones son aproximaciones asintóticas)						

***Edad y crecimiento por medio de lectura de otolitos en el ronco (*Haemulon flaviguttatum*) de Puerto Ángel, Oaxaca.***

Para las hembras los estimadores se presentan en la Tabla 7 y la curva de crecimiento en la Figura 20.

Tabla 7. Parámetros calculados por la función no lineal ponderada de crecimiento de von Bertalanffy (Hembras)						
Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	cuadrados medios	Número de observación = 124 F( 2, 201) = 2808.87 Probabilidad > F = 0.0000 R-cuadrada = 0.9858 R-cuadrada ajustada = 0.9855 Error de estimación = 2.4397 Desviación residual = 570.0458		
Modelo	50156.666	3	16718.888			
Residuos	720.213	121	5.952			
Total	50876.879	124	410.297			
Longitud patrón	Coeficiente	Error estándar	t	P> t	[Intervalo de confianza 95%]	
$L_{\infty}$	25.145	4.197	5.99	0.000	16.835	33.455
K	.344556	.265442	1.30	0.197	-.180958	.870070
$t_0$	-1.370	1.648	-0.83	0.407	-4.635	1.893
(Errores estándar de P, intervalos de confianza y correlaciones son aproximaciones asintóticas)						

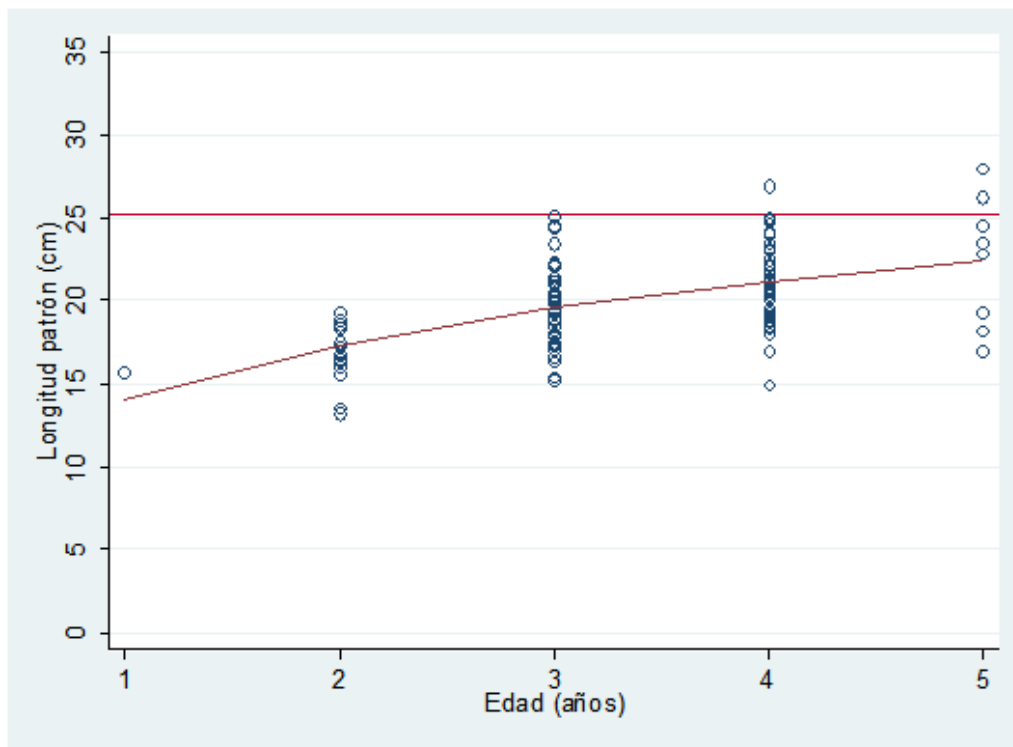


Figura 20. Función de crecimiento de von Bertalanffy estimada por regresión no lineal ponderada para las hembras de *H. flaviguttatum*.

Por último se realizó un gráfico (figura 21) donde se comparan las curvas de crecimiento entre machos y hembras en la cual se aprecia una pequeña diferencia en las curvas y otra más marcada en los valores de la longitud asintótica. Para determinar si estas diferencias son estadísticamente significativas se realizó la Prueba de  $T^2$  de Hotelling para comparación de parámetros de von Bertalanffy de dos poblaciones (Bernard, 1981) utilizando las rutinas computarizadas de Salgado-Ugarte, et al. (2005).

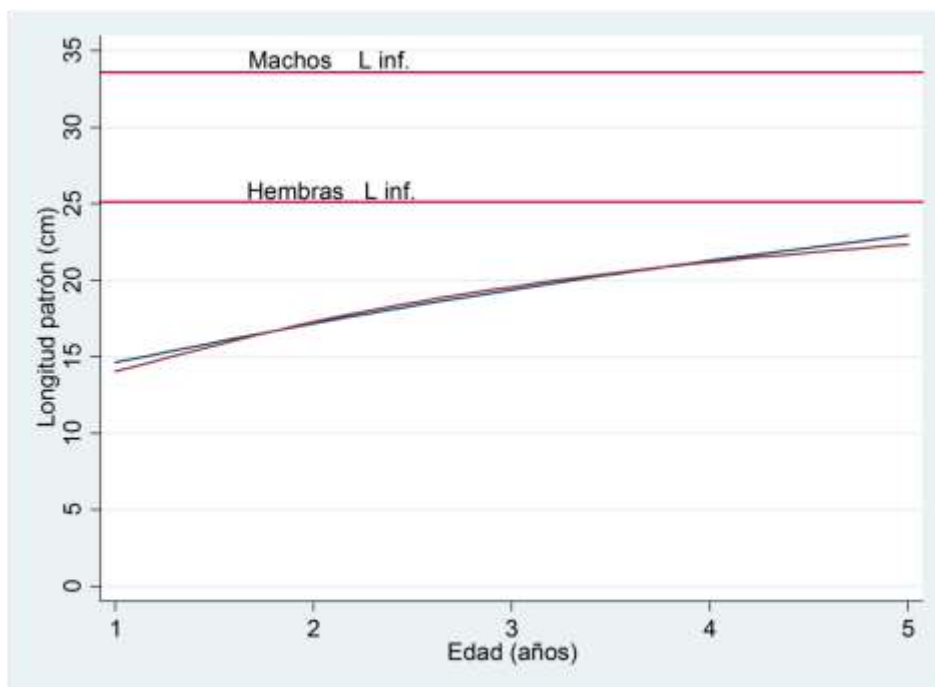


Figura 21. Comparación de la función de crecimiento de von Bertalanffy estimada por regresión no lineal ponderada entre machos y hembras de *H. flaviguttatum*.

Tabla 8. Prueba de $T^2$ de Hotelling para comparación de parámetros de la FCVB de dos poblaciones (Bernard, 1981)					
Matriz de varianza-covarianza (S)			Inversa de S		
233.171	-2.931	-37.213	0.037	-0.801	0.268
	0.062	0.590		101.689	-13.035
		6.899			2.712
[8.4715 - 0.2008 -1.6024] = [P1 - P2]'					
$T^2 = 40.2297$ $T^2_{0.01: 3,228} = 11.7077$ $F_{0.01: 3,228} = 3.8686$					
					<i>F crítica</i>
1.5946	<= L_inf1 - L_inf2 <=	15.2485	5.8707		
-0.3133	<= K1 - K2 <=	-0.0882	12.3087		
-2.7854	<= t_o1 - t_o2 <=	-0.4195	7.0985		

Los resultados de la prueba de  $T^2$  Hotelling se presentan en la Tabla 8, en la cual se aprecia el rechazo de la Hipótesis nula de igualdad en los vectores de estimadores de los parámetros:  $T^2$  calculada (40.23) >>  $T^2$  de Tablas con alfa de 0.1 (11.71). Los intervalos de confianza de Roy-Bose para la diferencia de estimadores indican diferencia significativa en los tres estimadores, con  $L_\infty$  de machos mayor a la de hembras y valores menores para estos de  $K$  y  $t_0$ . Los valores críticos de F señalan a los parámetros de curvatura ( $K$ ) como el parámetro con mayor influencia en la diferencia, seguido de las  $t_0$ s y por último las longitudes asintóticas.

Las curvas de crecimiento muestran un incremento en longitud que decrece con la edad. Los valores diferentes concuerdan con hembras alcanzando su longitud asintótica (menor) en menos tiempo.

## Parámetros de Gompertz mediante método de regresión no lineal ponderada

Con los valores medios de longitud total por grupo de edades en años se estimaron mediante regresión no lineal ponderada por el número de organismos de cada edad; los parámetros correspondientes para el modelo de Gompertz.

Tabla 9. Parámetros calculados por la función no lineal de crecimiento (población) de Gompertz						
Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	cuadrados medios	Número de observación = 191 F( 2, 201) = 5409.62 Probabilidad > F = 0.0000 R-cuadrada = 0.9885 R-cuadrada ajustada = 0.9883 Error de estimación = 2.2433 Desviación residual = 852.106		
Modelo	81672,419	3	27224.1399			
Residuos	951.149	189	5.032			
Total	82623.569	192	430.331			
Longitud patrón	Coeficiente	Error estándar	t	P> t	[Intervalo de confianza 95%]	
$L_{\infty}$	30.414	10.284	2.96	0.003	10.128	50.700
g	.236520	.203268	1.16	0.246	-.164446	.637486
$t_0$	-.581539	.542504	-1.07	0.285	-1.651	.488602
(Errores estándar de P, intervalos de confianza y correlaciones son aproximaciones asintóticas)						

A partir de la aplicación de rutinas computarizadas incluidas en el paquete Stata (StataCorp, 2013) para ajuste por regresión no lineal del modelo de Gompertz se obtuvieron estimaciones de los parámetros de crecimiento para la población (Tabla 9); a partir de este ajuste se obtuvo la curva de crecimiento (Figura 22). Se observó que la  $L_{\infty}$  (30.14) es menor en comparación con el método de von Bertalanffy.

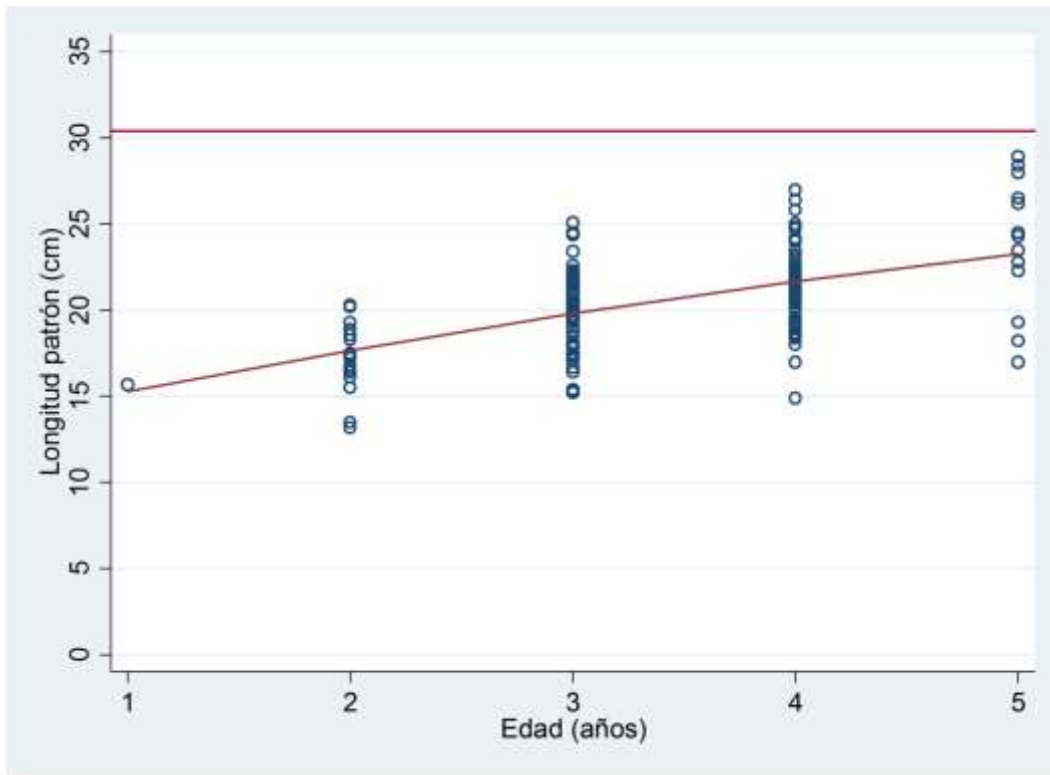


Figura 22. Función de crecimiento de Gompertz estimada por regresión no lineal ponderada para la población de *H. flaviguttatum*.

También se hicieron ajustes por sexos. Para los machos los resultados se presentan en la Tabla 10 y en la Figura 23. Se observó que la  $L_{\infty}$  (29.66) es menor en comparación con el método de von Bertalanffy.

*Edad y crecimiento por medio de lectura de otolitos en el ronco (Haemulon flaviguttatum) de Puerto Ángel, Oaxaca.*

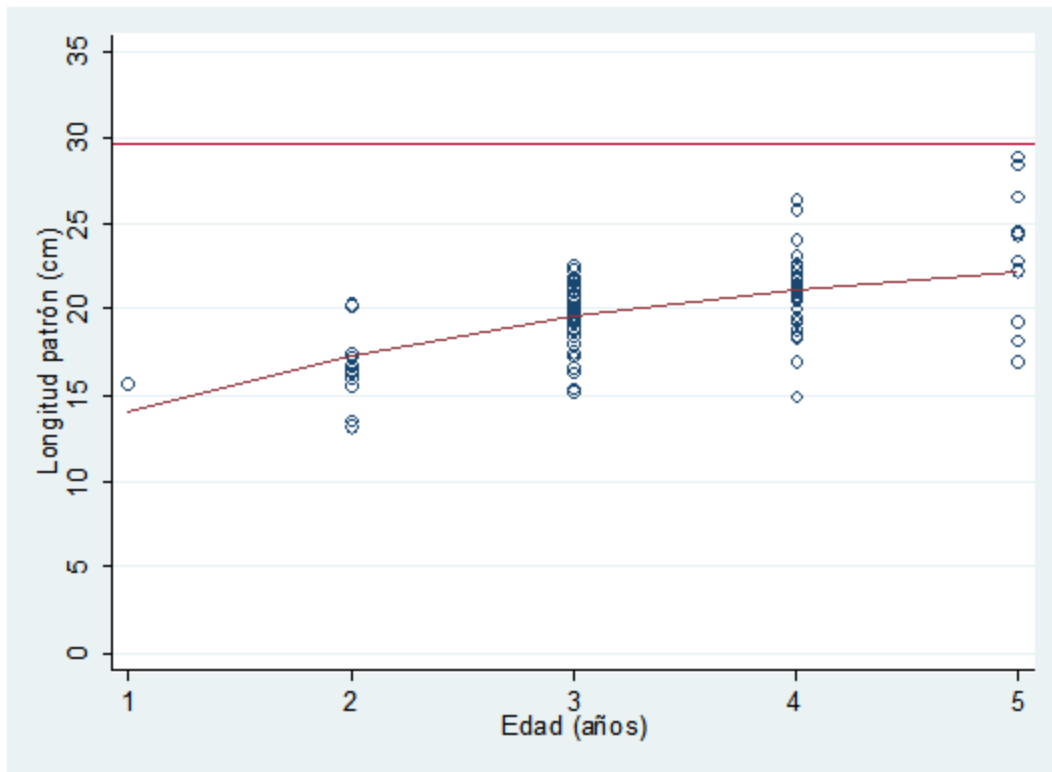


Figura 23. Función de crecimiento de Gompertz estimada por regresión no lineal ponderada para los machos de *H. flaviguttatum*.

Tabla 10. Parámetros calculados por la función no lineal de crecimiento (Machos) de Gompertz						
Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	cuadrados medios	Número de observación = 108 F( 2, 201) = 2768.36 Probabilidad > F = 0.0000		
Modelo	43712.251	3	14570.750	R-cuadrada = 0.9875		
Residuos	552.647	105	5.263	R-cuadrada ajustada = 0.9872		
Total	44264.899	108	409.860	Error de estimación = 2.2941		
Longitud patrón	Coeficiente	Error estándar	t	P> t	[Intervalo de confianza 95%]	
$L_{\infty}$	29.665	11.157	2.66	0.009	7.542	51.789
g	.250392	.240909	1.04	0.301	-.227286	.728070
$t_0$	-.406937	.621940	-0.65	0.514	-1.640	.826256
(Errores estándar de P, intervalos de confianza y correlaciones son aproximaciones asintóticas)						

A partir de la aplicación del modelo de Gompertz para obtener los parámetros de crecimiento para las hembras (Tabla 11) a partir de esto se obtuvo la curva de crecimiento (Figura 24). Se puede ver que al igual que en los parámetros calculados de población y machos se subestima la  $L_{\infty}$  (24.20) los tres cálculos obtenidos por este modelo fueron menores a los obtenidos con la *FCVB*.

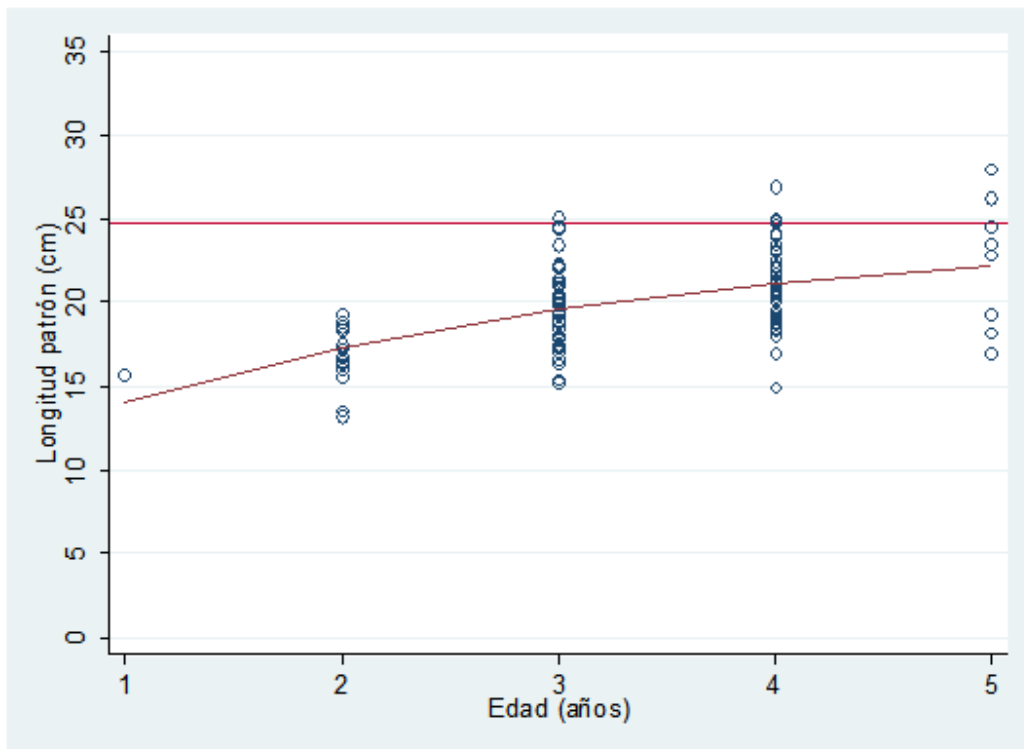


Figura 24. Función de crecimiento de Gompertz estimada por regresión no lineal ponderada para las hembras de *H. flaviguttatum*.



Tabla 11. Parámetros calculados por la función no lineal de crecimiento (Hembras) de Gompertz						
Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	cuadrados medios	Número de observación = 124 F( 2, 201) = 2811.02 Probabilidad > F = 0.0000		
Modelo	50157.2105	3	16719.070	R-cuadrada = 0.9859		
Residuos	719.669	121	5.947	R-cuadrada ajustada = 0.9855		
Total	50876.879	124	410.297	Error de estimación = 2.4387 Desviación residual = 569.952		
Longitud patrón	Coeficiente	Error estándar	t	P> t	[Intervalo de confianza 95%]	
$L_{\infty}$	24.240	2.957	8.20	0.000	18.384	30.095
g	.467610	.281030	1.66	0.099	-.088763	1.023
$t_0$	-.300394	.791208	-0.38	0.705	-1.866	1.266
(Errores estándares de P, intervalos de confianza y correlaciones son aproximaciones asintóticas)						

Al igual que el anterior modelo de la *FCVB* se realizó un gráfico (Figura 25) donde se comparan las curvas de crecimiento entre machos y hembras en el cual se puede observar que las curvas tienen una pequeña diferencia entre ellas. Para lograr ver si la diferencia en ambas es significativa se realizó la Prueba de  $T^2$  de Hotelling para comparación de parámetros de Gompertz de dos poblaciones (Bernard, 1981; Salgado-Ugarte, et al. 2005) .

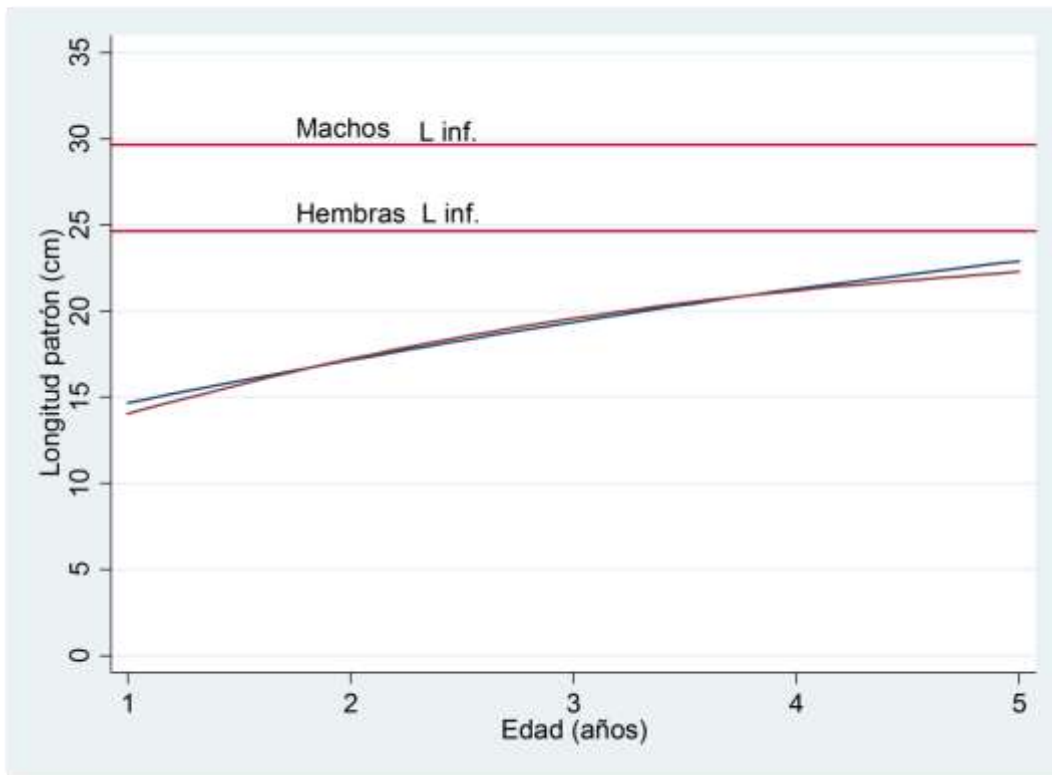


Figura 25. Comparación de las funciones de crecimiento de Gompertz para machos y hembras estimada por regresión no lineal ponderada de *H. flaviguttatum*.

Tabla 12. Prueba de $T^2$ de Hotelling para comparación de parámetros de Gompertz de dos poblaciones (Bernard, 1981)					
Matriz de varianza-covarianza (S)			Inversa de S		
58.089	-1.595	.618	0.187	5.730	-1.177
	0.700	0.087		193.523	-39.052
		0.524			9.813
[5.425 -0.2172 -0.106] = [P1 - P2]'					
$T^2 = 49.317$ $T^2_{0.01: 3,228} = 11.6767$ $F_{0.01: 3,228} = 3.8612$					
				F critica	
2.1149	$\leq L_{inf1} - L_{inf2} \leq$	8.7356	10.3710		
-0.3322	$\leq K1 - K2 \leq$	0.1023	13.7865		
-0.4210	$\leq t_{o1} - t_{o2} \leq$	0.2079	0.4434		

Con la prueba de  $T^2$  Hotelling ajustada por Bernard (Tabla 12) se rechaza la igualdad de vectores medios (estimadores) ya que  $T^2$  calculada (49.32)  $>>$   $T^2$  de Tablas (11.68) con significancia de 0.1; los intervalos de confianza Roy-Bose indican diferencia significativa sólo para las longitudes asintóticas siendo mayor la de los machos.

**Parámetros del método logístico mediante regresión no lineal ponderada.**

Tabla 13. Parámetros calculados por la función no lineal de crecimiento Logístico.						
Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	cuadrados medios	Número de observación = 124 F( 2, 201) = 2812.64 Probabilidad > F = 0.0000		
Modelo	50157.619	3	16719.206	R-cuadrada = 0.9859		
Residuos	719.260	121	5.944	R-cuadrada ajustada = 0.9855 Error de estimación = 2.4380		
Total	50876.879	124	410.297	Desviación residual = 569.881		
Longitud patrón	Coeficiente	Error estándar	t	P> t	[Intervalo de confianza 95%]	
$L_{\infty}$	23.663	2.283	10.36	0.000	19.143	28.184
g	.589266	.297349	1.98	0.050	-.000585	1.177947
$t_0$	.338025	.482310	0.70	0.485	-.616834	1.292
(Errores estándares de P, intervalos de confianza y correlaciones son aproximaciones asintóticas)						

Para el modelo logístico por regresión lineal sólo se obtuvieron los parámetros para el crecimiento de las hembras (Tabla 13) con los cuales se graficó la curva de crecimiento (Figura 26). Debido a que no se ajustó a la población ni a los machos en este podemos ver que el valor de  $L_{\infty}$  (23.6) se subestima en comparación con los anteriores si bien el coeficiente de determinación es alto ( $r^2=0.985$ ) y la regresión es significativa ( $P < 0.000$ ).

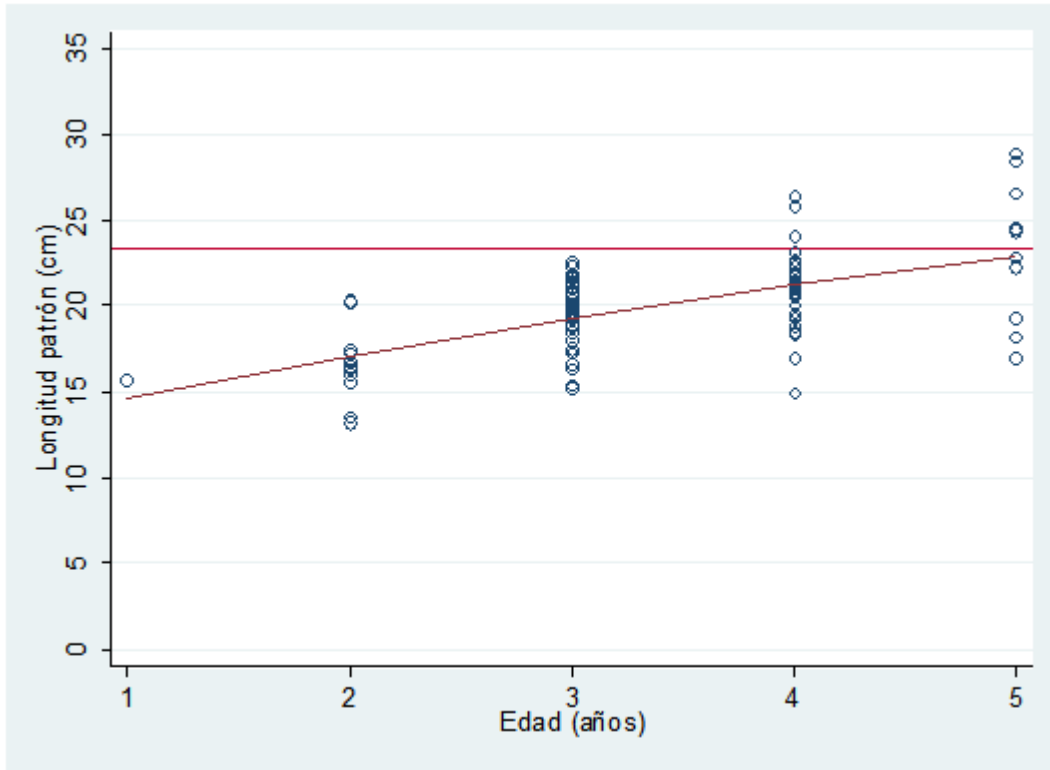


Figura 26. Función de crecimiento logístico estimada por regresión no lineal ponderada para las hembras de *H. flaviguttatum*.

En todos los modelos obtenidos (FCVB, Gompertz, Logístico), los grupos de edad estimados por medio de la lectura de otolitos en las gráficas anteriores muestran que un incremento cada vez menor en longitud del organismo a través del tiempo (edad) sobre todo para la población y los machos; en las hembras se observa que la curva es ligeramente más aplanada además de una  $K$  (tasa de crecimiento) ligeramente más alta y esto nos indica que le lleva menos años llegar a su  $L_{\infty}$  (Longitud asintótica).

## **Discusión**

### **Distribución de tallas.**

Los EDKs permitieron observar la distribución de tallas de machos y hembras; las medias fueron de 20.97 y 20.54 respectivamente; al realizar la *prueba de Kolmogorov-Smirnov para dos muestras* se observó que no hay diferencia significativa entre las distribuciones de talla de machos y hembras; esto puede estar indicando que en esta especie no presenta dimorfismo sexual respecto al tamaño.

Cruz-Romero *et al.* (1993) registró tallas entre 11 a 33cm con un promedio de 24cm de  $L_p$ ; Espino-Barr *et al.* (2004) mencionan que las tallas oscilan entre los 20.9 y 49.2 cm con  $L_t$  promedio de 31.43 cm de  $L_t$  en la costa de Jalisco; Espino-Barr *et al.* (2012) registraron tallas entre los 23 a 35 cm de  $L_t$  con un promedio de 30.7; por último en la costa de Oaxaca Salgado-Cruz (2014) registró tallas que van de los 18 a 46 cm de  $L_t$ ; los promedios fueron 26.5 y 25.5 cm de  $L_t$  en machos y hembras respectivamente. Esto indica que los organismos de esta zona se encuentran dentro de las tallas explotadas. Durante el muestreo no se pudieron obtener tallas muy variadas (menores o más grandes) lo cual se debe al arte de pesca utilizado, ya que los pescadores buscan tamaños medios que son más atractivos para la venta de los mismos.

### **Relación peso-longitud**

Los exponentes de la función potencial de la relación longitud-peso ( $L_p$ ) tuvieron, tanto en machos como en hembras, valores puntuales menores a 3. Sin embargo, estadísticamente no fueron diferentes de este valor indicador de isometría. Al realizar la prueba t de student se comprobó que los valores obtenidos

no son significativamente diferente de 3 y se puede decir que el crecimiento de la especie es isométrico pero con tendencia a la alometría negativa.

Esto concuerda con lo reportado por Cruz-Romero et al. (1993); Espino-Barr et al. (2003); Espino-Barr et al. (2012) los cuales reportan un crecimiento alométrico negativo y con lo reportado por Salgado-Cruz (2014) quien reporta un crecimiento isométrico (crecimiento de talla y peso en la misma proporción). La concordancia se destaca si se considera que Salgado-Cruz obtuvo valores inferiores a 2 pero realizando una prueba *t* de Student encontró que sus valores no son diferentes a 3.

### **Validación de la periodicidad de las marcas de crecimiento.**

El análisis de la razón del incremento marginal (*RIM*) indica que el periodo de la formación de los anillos es anual y se lleva a cabo en los meses de febrero y marzo (valores de las medianas mensuales más bajos de la *RIM*) lo cual concuerda con la temperatura superficial promedio mas baja ademas de que algunas especies crecen en invierno muestran zonas transparentes durante verano y zonas opacas durante invierno (Salgado-Ugarte, et al, 2005). Se manifiestan durante períodos alternados de rápido y lento crecimiento y reflejan las influencias ambientales e internas (Tesch, 1978; Weatherley y Gill, 1987; Granado, 1996; Salgado-Ugarte, et al, 2005).

Esto concuerda con lo reportado por Neves y Silva (2007) quienes determinaron que la formación va de enero a marzo para *H. plumierii*. Por otra parte Granados-Flores (2009) reporta que la formación de los anillos es en el mes junio para *M. brevipinnis* siendo así un periodo anual para la formación. Por otra parte, Gallardo-Cabello y Espino-Barr (2003) reportan que la formación de los anillos en *A. interruptus* es anual siendo el mes de abril el que muestra los valores mínimos de las medianas de la razón del incremento marginal por lo tanto es el

mes de formación. En contraste Cruz-Salgado (2014) reporta que para *H. flaviguttatum* la periodicidad de las marcas es bianual, siendo que el primer anillo se forma en el mes de marzo y el segundo en el mes de noviembre. Esto tal vez se deba a la estructura utilizada para su estudio. Con lo antes mencionado a excepción de lo reportado por Cruz-Salgado (2014) todos conciden con la formación de los anillos en los primeros meses del año y la periodicidad con la que se forman (anual). En la mayoría de los resultados se puede observar una tendencia en hemúlidos, ya que todos coinciden con periodos de formación de los anillos en los primeros meses del año y la periodicidad con la que se forman.

### **Edad y funciones de crecimiento**

En este trabajo se llevó a cabo la lectura de anillos de crecimiento en otolitos que junto con las escamas, además de otras estructuras duras (radios, espinas, opérculos etc.), son de los métodos que más frecuentemente se usan para la determinación de la edad. Este método se basa en la interpretación y conteo de las zonas o marcas de crecimiento, las cuales aparecen en las partes duras de los peces. Si éstas se forman una vez al año, son denominadas marcas anuales, anillos anuales o annuli. Se manifiestan durante períodos alternados de rápido y lento crecimiento y reflejan las influencias ambientales e internas (Tesch, 1978; Weatherley y Gill, 1987; Granado, 1996, Salgado-Ugarte *et al.*, 2005), agregando que utilizar otolitos para la determinación resultó muy práctico porque, considero que su obtención, limpieza y almacenado resultaron relativamente sencillos.

La relación estructura-cuerpo tuvo una correlación significativa ( $r = 0.59$ ,  $P < 0.05$ ), lo que significa que el 59 % de la variación del tamaño del cuerpo está explicado por la variación del tamaño del otolito. Por lo que se considera que los otolitos crecen proporcionalmente con el tamaño del pez y por tanto son estructuras



adecuadas para estimación de edad y modelación del crecimiento de *H. Flaviguttatum*.

El estudio de los otolitos permitió identificar 5 años de edad en *H. flaviguttatum*. Durante la observación de los anillos no hubo grandes complicaciones ya que los primeros anillos se diferenciaban de buena manera y aunque en los últimos (4 y 5 años) se estrechaba la distancia entre uno y otro, aun así se podían identificar de buena manera comparándolo con lo que reportó Salgado-Cruz (2014) quien identificó 5 grupos de edad en el caso de los machos y 4 para las hembras de *H. Flaviguttatum* se concuerda que para los machos existen 5 grupos de edad a diferencia de las hembras que presentan 4 grupos de edad por otro lado Por otra parte Granados-Flores (2009) reporta 13 grupos de edad para *M. brevipinnis*.

.Para poder modelar el crecimiento se aplicaron tres métodos (von Bertalanffy, Gompertz y Logística), a los datos obtenidos por las lecturas de otolitos, con el modelo de von Bertalanffy y Gompertz, se obtuvo un buen ajuste de la  $L_{\infty}$ , además de un alto coeficiente de determinación ( $r^2=0.985$ ) el cual es el mismo para los dos modelos del total de individuos (población). Para poder especificar que modelo es mejor se compararon las sumas de cuadrados residuales para ambos modelos: para la *FCVB* fue de 5.029 y para Gompertz fue 5.032, lo cual, aunque es una diferencia muy pequeña nos permite sugerir que se ajusta mejor la *FCVB*. Otras razones para preferir a la *FCVB* es que se ha convertido en una de las piedras angulares de la biología pesquera, ya que se ha usado como submodelo en modelos más complejos que describen la dinámica de poblaciones de peces (King, 1995; Sparre y Venema, 1997). esta función se vuelve de gran relevancia en el análisis de poblaciones de peces ya que hay tres factores que se cumplen de forma satisfactoria : a) significado acorde con el proceso biológico del crecimiento, b) exhibe un mejor ajuste a la mayoría de las poblaciones de peces y c) permite

incorporar fácilmente sus constantes a modelos de rendimiento y evaluación pesquera (Csirke, 1989; Sparre y Venema, 1989; King, 1995).

Por otro lado, el modelo de Gompertz se ajusta mejor al crecimiento en moluscos de acuerdo a Weymouth y Millan (1931) y siempre es una curva de forma sigmoidea (S), presentando un punto de inflexión (Ricker, 1975). Esta función de crecimiento se ha utilizado eficazmente en la descripción del crecimiento durante las etapas de larva y juvenil de los peces (Lomes-Olmo, 2002) Finalmente, la función logística proporciona una representación matemática de la ley autocatalítica fisiológica y química. Esta función plantea que la talla evoluciona con el tiempo y que ha sido ocasionalmente usada para describir el crecimiento individual de un pez (Moreau, 1987).

Los parámetros de crecimiento para *H. flaviguttatum* calculados mediante la FCVB en el presente estudio fueron:  $L_{\infty}=33.57$  cm de  $L_p$  pero para poder hacer una comparación se realizó una regresión lineal de la longitud total y longitud patrón la cual tuvo un alto coeficiente de determinación ( $r^2=0.957$ ) (Tabla 14) con la cual mediante los valores obtenidos se hizo la conversión a longitud total que presentó valor de  $L_{\infty} = 40.6$  cm de  $L_t$ , siendo menor a lo reportado por Cruz-Romero *et al.*, (1993) quienes calcularon una  $L_{\infty}= 42.4$  en la costa de Colima; lo cual se acerca a lo estimado por Espino-Barr *et al.* (2012) para *H. flaviguttatum* en la costa de Jalisco con una  $L_{\infty}= 48.8$  de  $L_t$ . Por último Salgado-Cruz (2014) reporta la mayor  $L_{\infty}(52.68)$ . La longitud asintótica calculada en el presente trabajo fue menor esto quizás a que las tallas capturadas en los otros estudios fueron mayores que en el actual.

Con respecto al parámetro de curvatura de *H. flaviguttatum*, se determinó que esta especie tiene un crecimiento relativamente rápido para la población. Cruz-Romero *et al.* (1993) establecieron una  $K=0.115$  años<sup>-1</sup>, valores más cercanos a los del

presente estudio, sin embargo Espino-Barr et al. (2012) determinaron una constante de crecimiento  $k= 0.29 \text{ años}^{-1}$  y Salgado-Cruz (2014) una constante de crecimiento  $k= 0.221 \text{ años}^{-1}$ .

Los valores reportados en el trabajo y su variación con otros estudios nos está indicando que las condiciones de las zonas en las que se realizan los muestreos pueden ser las principales razones de cambio entre uno y otro.

Tabla 14. Resultados de la relación lineal entre longitud total y longitud patrón.						
Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	cuadrados medios	Número de observación = 189 F( 1, 187) = 4256.40 Probabilidad > F = 0.0000 R-cuadrada = 0.9579 R-cuadrada ajustada = 0.9577 Error de estimación = 0.68		
Modelo	1998.05	1	1998.05			
Residuos	87.78	187	0.46			
Total	2085.83	188	11.09			
Longitud patrón	Coficiente	Error estándar	t	P> t	[Intervalo de confianza 95%]	
Lp	1.212	0.018	65.24	0.000	1.17	1.24
Constantes	-0.048	0.385	0.13	0.900	-0.80	0.71

### **Comparación de los parámetros de crecimiento entre machos y hembras**

Para la prueba con la *FCVB* podemos decir que machos y hembras crecen de manera diferente ( $\mathcal{T}^2$  calculada, 40.2297 >>  $\mathcal{T}^2$  tablas, 11.7077). Tanto  $L_\infty$  como  $K$  son diferentes (los intervalos de confianza no incluyen al cero) lo que indica que los machos alcanzan tallas mayores y crecen más lentamente que los hembras ya que los valores son positivos y por último la  $t_0$  es mayor en hembras. Los valores críticos de  $F$  indican que el parámetro más significativo que contribuye a la diferencia es  $K$  seguida por  $L_\infty$ .

Por otro lado para el modelo de Gompertz podemos decir que sucede lo mismo ( $\mathcal{T}^2$  calculada, 49.317 >>  $\mathcal{T}^2$  tablas, 11.6767). En este caso la  $L_\infty$  es diferente (los

*Edad y crecimiento por medio de lectura de otolitos en el ronco (Haemulon flaviguttatum) de Puerto Ángel, Oaxaca.*

---

intervalos de confianza no incluyen al cero) lo que indica que los machos alcanzan tallas mayores por otro lado tanto  $K$  como  $t_0$  pudieran tener los mismos valores (los intervalos de confianza incluyen al 0).

## Conclusiones

- Se presenta una distribución asimétrica con sesgo positivo presentando tres modas (20.97, 26.49, 28.70) de Lp siendo la primera la moda principal en machos, 20.54 y 26.54 en hembras, 16 y 18.69 en indeterminados.
- Mediante el análisis de la relación cuerpo otolito se muestra que los otolitos son una estructura útil para la determinación de la edad en *H. flaviguttatum* ya que los resultados indican que existe una relación entre estas dos variables con un buen índice de correlación ( $r = 0.59$ ). lo cual mostró que el crecimiento del individuo es directamente proporcional al de sus otolitos.
- La relación potencial peso total – longitud patrón en machos y hembras, indicó un crecimiento isométrico con tendencia a la alometría negativa.
- Mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov se pudo observar que entre machos y hembras que no hay diferencia significativa entre las distribuciones de las tallas; esto nos indica que en esta especie no presenta dimorfismo sexual respecto a la talla.
- Para la mejor conservación de los otolitos se almacenaron en bolsas cerciorándose de que se mantengan bien secos evitando que se degraden.
- Se pulieron y midieron 243 otolitos, los cuales 192 se pudieron leer y medir los anillos de manera adecuada.
- A partir de la lectura de anillos de crecimiento en otolitos se registraron cinco grupos de edad que van de 1 a 5 años con intervalos de 1.0 años.
- Las ecuaciones del modelo de von Bertalanffy en longitud, además de Gompertz y Logístico generados por la lectura de anillos de crecimiento en escamas son:

***Edad y crecimiento por medio de lectura de otolitos en el ronco (*Haemulon flaviguttatum*) de Puerto Ángel, Oaxaca.***

---

FCVB

$$L_t = 33.572[1 - \exp\{-0.1455(t + 3.131)\}]$$

Población

$$L_t = 33.616[1 - \exp\{-0.1437(t + 2.973)\}]$$

Machos

$$L_t = 25.145[1 - \exp\{-0.3445(t + 1.370)\}]$$

Hembras

Gompertz

$$L_t = 30.414 \exp[-\exp\{-0.2365(t + 0.581)\}]$$

Población

$$L_t = 29.665 \exp[-\exp\{-0.2503(t + 0.406)\}]$$

Machos

$$L_t = 24.240 \exp[-\exp\{-0.4676(t + 0.791)\}]$$

Hembras

Logística

$$L_t = 23.663 / [1 + \exp\{-0.5892(t + 0.338)\}]$$

Hembras

- El modelo de von Bertalanffy resultó ser el que mejor explica el crecimiento de *H. flaviguttatum*.
- En la comparación de machos y hembras para la FCVB y Gompertz se determinó que los machos tienden a alcanzar mayores tallas respecto a su longitud asintótica.

## Referencias:

1. Arreguín-Sánchez F., E. Arcos-Huitrón 2011. *La pesca en México: estado de la explotación y uso de los ecosistemas*. Centro interdisciplinario de ciencias marinas de IPN. La Paz Baja California Sur, México.
2. Bernard, D. R., 1981. Multivariate analysis as a means of comparing growth in fish. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 38: 233 – 236.
3. Bertalanffy, L. von, 1938. A quantitative theory of organic growth. *Human Biology* 10: 181 – 243.
4. 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)*, Vol. 19.
5. Bhattacharya, C. G. 1967. A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. *Biometrics*, 23: 115-135.
6. Bravo, E., N. Eslava. y L. González., 2009. Crecimiento y mortalidad natural del pez *Haemulon aurolineatum* (Teleostei: Haemulidae) del suroeste de la isla de Margarita, Venezuela. *Revista Biología Tropical (Int. J. Trop. Biol.)* **57** (3): 699-706. ISSN-0034-7744
7. Campana, S., y E. Moksness, 1991. Accuracy and precision of age and hatch data estimates from otolith microstructure examination. *ICES Journal of Marine Science*, 48: 303 –316.
8. Campana, S.E. y S.R. Thorrold. 2001. Otoliths, increments, and elements: keys to a comprehensive understanding of fish populations? *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 58: 30-38.
9. Chambers, J.M., W.S. Cleveland, B. Kleiner and P.A. Tukey 1983. *Graphical methods for data analysis*. Belmont, CA: Wadsworth.

10. Chapman, D.G. 1961. Statistical problems in dynamics of exploited fisheries populations. Proceedings 4th Berkeley Symposium on Mathematics Statistics and Probability. *Cont. Biol. And Prob. Med.* 4: 153-168.
11. Cruz-Romero M., E. Espino-Barr y A. Garcia-Boa, 1993. Aspectos poblacionales de cinco especies de la familia Haemulide (Pisces) en la Costa de Colima, México. Centro regional de investigación pesquera (CRIP) Manzanillo, Colima. *Ciencia pesquera* 10: 43 – 54 p.
12. Escoto R. G., 1988. Contribución a la Sistemática de Algunas Especies de la Familia Serranidae (Pisces:Perciformes), de los litorales de México; con énfasis en la Descripción Morfológica de su Neurocráneo y otolito (Sagitta), Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias UNAM, México, 218 p.
13. Espino Barr, E., E.G. Cabral Solís, A. Garcia Boa y M. Puente Gómez, 2004. *Especies marinas con valor comercial de la costa de Jalisco, México.* SAGARPA – INP, ISBN –968-800-570-3, México, 145 p
14. Espino-Barr, E., M. Cruz-Romero & A. García-Boa. 2003. Peces marinos de valor comercial de la costa de Colima, México. Instituto Nacional de Pesca, CRIP Manzanillo, Colima. México. 106 pp.
15. Espino-Barr, E.A., M., Puente-Gómez, A., García-Boa & E.G., Cabral-Solís. 2012. Aspectos biológico-pesqueros del ronco chano *Haemulon flaviguttatum*, Gill, 1862, en la costa de Jalisco, México. Cap. 15: 201-214p. En: del Moral Flores, L.F., J.A. Martínez Pérez, J. Franco López, A.J. Ramírez Villalobos & J.L. Tello Musi (Eds.). *Investigación ictiológica en México. Temas selectos en honor al Dr. José Luis Castro-Aguirre.* UNAM, FES. Iztacala, SIMAC, ISBN 978-607-02-3628-0, 304p.
16. FAO, 2010. *Estudio social de la pesca en México: diagnóstico sobre la problemática social de los pescadores, su entorno y su visión sobre las*



- posibles soluciones a los problemas que afectan la pesca.* Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 22p.
17. FAO. 1995. *Code of Conduct for Responsible Fisheries*. FAO. Roma: 41 p.
18. FAO. 2008. Fisheries management. 2. The ecosystem approach to fisheries. 2.1 Best practices in ecosystem modelling for informing an ecosystem approach to fisheries. *FAO Fish. Tech. Guidelines for Responsible Fisheries*. No. 4, Suppl. 2, Add. 1. Rome,
19. Flores-Ortega J. R., 2009. *Interacciones tróficas de las seis especies de peces más abundantes en la pesquería artesanal en dos bahías del Pacífico Central Mexicano*. Departamento de estudios para el desarrollo sustentable de zonas costeras. Universidad de Guadalajara. Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744) Vol. 57 (4): 383-397 p.
20. Fox, J. 1990. Describing univariate distributions. In: *Modern Methods of Data Analysis*, eds. J. Fox and J.S. Long, 58-125. Newbury Park, CA: Sage publications.
21. Gallardo-Cabello M., E. Espino-Barr, 2003. Determinación de la edad de *Anisotremus interruptus* (Perciformes: Haemulidae) de lecturas de escamas, en la costa de Colima, México. Rev. Biol. Trop. 2003, vol.51, n.2, 519-528 p.
22. García, Enriqueta 2004. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. Quinta edición. UNAM, Instituto de Geografía, México D.F.
23. Gómez-Márquez J. L., 1994. Métodos para determinar la edad en los organismos acuáticos. FES Zaragoza, UNAM, México, 99p.
24. Granado, L.C., 1996. *Ecología de peces*. Universidad de Sevilla. Secretariado de Publicaciones, España. 353 p.
25. Granados-Flores, K.M. 2009. 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. Tesis de maestría. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. México. 99 p.
26. Gulland, J.A., 1969. *Manual of methods for fish stocks assessment. Part I. Fish population analysis*. FAO Manual Fisheries Science.
27. Gutiérrez-Zavala. R.M., E. Cabrera-Mancilla, 2012. *La pesca ribereña de Guerrero*. Instituto Nacional de Pesca. Primera edición 29-45 p.
28. Härdle, W., 1991, *Smoothing techniques. With implementation in S*. Springer – Verlag, Nueva York, E.U.A.
29. Isoteco P.J., 2011. Determinación de edad y crecimiento del huachinango *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922) por medio de la lectura de los anillos de crecimiento. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, 112 p.
30. King, M. 1995. *Fisheries biology, assessment and management*. Fishing News Books. Blackwell Science, Ltd., 341 p.
31. Lagler, F.K., 1956. *Freshwater Fishery Biology*. Segunda edición. WM.C.Brown Co. Publishers: 111 p.
32. Marques dos Santos, M. J., 2004, *Probabilidad y Estadística. Para Ciencias Químico – Biológicas*, Segunda edición, U.N.A.M. F.E.S. Zaragoza, México, D. F., 626 p.
33. Morales M., 2009. Edad y crecimiento del pez *Haemulon steindachneri* (Perciformis: Haemulide) en el suroeste de la isla de Margarita. Venezuela. Escuela de ciencias aplicadas del mar. Universidad de Oriente. Núcleo Nueva Esparta, Venezuela. Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744) Vol. 58 (1): 299-310 p.
34. Morales-Nin B, J. Panfili (2002) Preparation and observation techniques. Observacion, In; Panfili J, de Pontual H, Troadec H, Wright P J (Eds) Manual of fish sclerochronology. Ifremed-IRD coedition, Brest, France, 358-369 p.

35. Moreau, J. 1987. Mathematical and biological expression of growth in fishes: Recent trends and further developments. In: R.C. Summerfelt y G. E. Hall (Eds.), *The Age and Growth of Fish*. Iowa State University Press, Ames. 81-113 p.
36. Murie, D. J., y D. C. Parkym . 2005. Age and growth of the White grunt (*Haemulon plumieri*): A comparison of two populations along the West coast of Florida, *Bulletin of Marine Science*, 76(1):73-93 p.
37. Nelson S. J. 2006. Fishes of the world, fourth edition, Department of Biological Sciences, University of Alberta, Edmonton, Alberta T6G 2E9 Canada, 601 p.
38. Neves A. J y A. Silva M. 2007. Age, growth and mortality of the White grunt (*Haemulon plumieri*) from the central coast of Brazil, *Scientia Marina*. Barcelona, España, **71**(4):793-800 p.
39. Pauly, D., 1984. Fish Population Dynamics in Tropical Water: A Manual for Use With Programmable Calculator. International Center for Living Aquatic Resources Management, *ICLARM, Estudios and Reviews* 8, Manila Filipinas, 179 p.
40. Ricker, W. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bulletin Fisheries Research. Board of Canada*. 191: 382 p.
41. Rojo-Vásquez J. A., 1997. *Composición específica de la captura con redes de enmalle en Bahía de Navidad, Jalisco, México*. Centro de ecología costera. Universidad de Guadalajara. *Oceánides*, 12(2):121,126 p.
42. Saito-Quezada. V. M., 2004. Edad y crecimiento por lectura de otolitos de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) en la presa Emiliano Zapata, Morelos. Tesis de Licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 95 p.
43. Salgado-Cruz, L. 2014. Determinación de la edad y descripción del crecimiento y algunos aspectos reproductivos del blanquito, *Haemulon*

- flaviguttatum* Gill 1862 (Pisces: Haemulidae) de la costa de Oaxaca. Tesis de Licenciatura, Universidad del Mar, campus Puerto Ángel. Puerto Ángel, Oaxaca, México. 60 p.
44. Salgado-Ugarte I. H. 1992. *El análisis exploratorio de datos biológicos. Fundamentos y aplicaciones*. ENEP-Zaragoza, UNAM and Marc ediciones. México. 243 p.
45. Salgado-Ugarte I. H. M. Shimizu y T. Taniuchi. 1993. Exploring the shape of univariate data using kernel density estimators. *Stata Technical Bulletin* 26: 8-19 p.
46. Salgado-Ugarte I. H. 1995. Nonparametric methods for fisheries data analysis and their application in conjunction with other statistical techniques to study biological data of the Japanese sea bass *Lateolabrax japonicus* in Tokyo Bay. Tesis de doctorado en Biociencia Acuática desarrollada en el Departamento de Pesquerías, Facultad de Agricultura de la Universidad de Tokio, Japón, 389 p.
47. Salgado-Ugarte I. H., M. Shimizu y T. Taniuchi, 1995a. ASH, WARPing, and kernel density estimation for univariate data. *Stata Technical Bulletin* 26:2-10 p.
48. Salgado-Ugarte I. H., M. Shimizu y T. Taniuchi, 1995b. Practical rules for bandwidth selection in univariate density estimation. *Stata Technical Bulletin*, 27:5-19 p.
49. Salgado-Ugarte I. H., M. Shimizu y T. Taniuchi. 1997. Nonparametric assessment of multimodality for univariate data. *Stata Technical Bulletin* 38: 27-35 p.
50. Salgado-Ugarte I. H. 2002. *Suavización no paramétrica para análisis de datos*. FES Zaragoza y DGAPA, UNAM, México: 189 p.

51. Salgado-Ugarte I. H., J. L. Gómez-Márquez y B. Peña-Mendoza 2005. *Métodos actualizados para análisis de datos biológico-pesqueros*. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza y DGAPA, UNAM, México: 235 p.
52. Salgado-Ugarte I. H. 2013. *Métodos estadísticos exploratorios y confirmatorios para análisis de datos. Un enfoque biométrico*. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza y DGAPA. UNAM, México: 291 p.
53. Scott, D.W. 1992. *Multivariate Density Estimation: Theory, Practice, and Visualization*. New York: John Wiley & Sons.
54. Silverman, B.W. 1981b. Using kernel density estimates to investigate multimodality. *Journal of the Royal Statistical Society, B*, 43: 97-99 p.
55. Silverman, B. W., 1986, *Density estimation for statistics and data analysis*. Chapman & Hall, Londres, R. U.
56. Solano-Fernández. M., 2007. Determinación de edad y crecimiento del dorado *Coriphaena hippurus* (Linnaeus, 1758) en el Pacífico sur mexicano. Tesis de licenciatura. Universidad del Mar, campus Puerto Ángel. Puerto Ángel, Oaxaca, México. 71p.
57. Sparre, P. y S.C. Venema, 1997. *Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Manual*. FAO Documento Técnico de Pesca, 306.1. Rev. 2. Roma, FAO: 420 p.
58. Stata Corporation, 2013. *Stata Statistical Software: Release 7.0*. Stata Corporation. College Station.
59. Tesch, F.W., 1978. Age and Growth: 93-123. En: Ricker, W.E. (Ed.): *Methods for Assessment of Fish production in Fresh Waters*. Blackwell Scientific Publications. IBP HANDBOOK No. 3. Oxford.
60. Viera, M. 2011. Características eco-morfométricas de los otolitos sagita de *Genypterus blacodes* y *Genypterus brasiliensis* provenientes de la zona

común de pesca argentino-uruguay. Tesina de licenciatura. Universidad de la Republica Uruguay. 30 p.

61. Walford, L. A., 1946, A new graphic method of describing the growth of animals. *Biology Bulletin* **90** (2): 141 – 147 p.
62. Weatherley A.H. y H.S. Gill, 1987. *The biology of fish growth*. Academic Press: 242 p.
63. Wootton, R. J., 1990. *Ecology of Teleost Fishes*. Chapman and Hall. Fish and Fisheries Series 1: 159-195 p.