



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**POSGRADO EN CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA**

Edad, crecimiento y periodo reproductivo del ronco (*Haemulon flaviguttatum*) en Puerto Angel, Oaxaca.

**TESIS**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS**

PRESENTA:

**BIOL. MARIO ANTONIO GATICA MARTINEZ**

**DIRECTOR DE TESIS:**

Dr. Isaías Hazarmabeth Salgado Ugarte.

Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM.

**MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR:**

Dra. Ana Laura Ibáñez Aguirre

Universidad Autónoma Metropolitana, Campus Iztapalapa.

Dr. Francisco José Gutiérrez Mendieta

Universidad Autónoma Metropolitana, Campus Iztapalapa.

Dra. Elaine Espino Barr

Centro Regional de Investigación Pesquera de Manzanillo

Dr. Oscar Sosa Nishizaki

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California.

**CD. MX., Noviembre 2018.**



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.



**Edad, crecimiento y periodo reproductivo del ronco (*Haemulon flaviguttatum*) en Puerto Ángel, Oaxaca.**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS**

(BIOLOGÍA MARINA)

PRESENTA:

**BIOL. MARIO ANTONIO GATICA MARTINEZ**

**DIRECTOR DE TESIS:**

Dr. Isaías Hazarmabeth Salgado Ugarte.

Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM.

**MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR:**

Dra. Ana Laura Ibáñez Aguirre

Universidad Autónoma Metropolitana, Campus Iztapalapa.

Dr. Francisco José Gutiérrez Mendieta

Universidad Autónoma Metropolitana, Campus Iztapalapa.

Dra. Elaine Espino Barr

Centro Regional de Investigación Pesquera de Manzanillo

Dr. Oscar Sosa Nishizaki

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California.

**MÉXICO, CD. MX., Noviembre 2018.**

## **DEDICATORIA**

### **Este trabajo está dedicado a:**

A mi madre, María Martínez Arango, quien a lo largo de todo este tiempo 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. Gatica Hernández, quien es mi ejemplo a seguir, por que me ha enseñado a ser una persona responsable y que solo se necesita constancia para salir adelante.

A mis hermanas, Mariely y Vero, 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 dado 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, en especial a los amigos que he conseguido durante la maestría y que gracias a ellos esta experiencia ha sido una de las mejores en mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES.**

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México, así como al Posgrado de Ciencias del Mar y Limnología por brindarme la mejor formación durante mi desarrollo académico. También al apoyo brindado por los proyectos PAPIME PE206213, PAPPIT IG201215 y PAPIME PE207417, sin los cuales este proyecto no se hubiera realizado.

De la misma forma expreso mi gratitud al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico otorgado durante los dos años de mi maestría. Asimismo agradezco al personal administrativo del Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología por todas las atenciones recibidas.

Agradezco al Dr. Isaías H. Salgado Ugarte, director de esta tesis. Por todo el apoyo brindado además de la paciencia durante el tiempo de este trabajo para transmitirme un poco de su conocimiento.

A los miembros de mi comité tutor:

- Dra. Ana Laura Ibáñez Aguirre y Dr. Francisco José Gutiérrez Mendieta; por el apoyo recibido durante este tiempo y por sus valiosos comentarios y/o sugerencias para mejorar el presente trabajo.
- Dra. Elaine Espino Barr y Dr. Oscar Sosa Nishizaki, por aceptar ser parte de mi jurado y por sus anotaciones para la mejora de esta tesis.

## **AGRADECIMIENTOS A TITULO PERSONAL.**

A la M. en C. Verónica Mitsui Saito Quezada quien en toda mi estancia en el laboratorio siempre me ha brindado su apoyo

A mis compañeros de laboratorio, en especial a Mitzi ya que fue un gran apoyo para el procesamiento de las muestras.

A candelario ya que en este poco tiempo de conocerlo se ha convertido en un buen amigo y un apoyo en el laboratorio.

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>Abstract.....</b>	<b>3</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>5</b>
<b>Familia Haemulidae.....</b>	<b>6</b>
<b>Descripción de la especie.....</b>	<b>7</b>
<b>Arte de pesca.....</b>	<b>8</b>
Línea de mano.....	8
Red agallera.....	9
<b>Situación de la especie en la zona.....</b>	<b>9</b>
<b>Métodos para la determinación de la edad.....</b>	<b>11</b>
<b>Otolitos.....</b>	<b>11</b>
Descripción del otolito de <i>Haemulon flavigittatum</i> .....	12
<b>Reproducción.....</b>	<b>12</b>
Índices corporales.....	13
<b>Clasificación de la especie.....</b>	<b>15</b>
<b>Zona de estudio.....</b>	<b>16</b>
Puerto Ángel, Oaxaca.....	16
<b>Clima.....</b>	<b>16</b>
<b>Actividades.....</b>	<b>16</b>
<b>Antecedentes.....</b>	<b>18</b>
<b>Justificación.....</b>	<b>20</b>
<b>Hipótesis.....</b>	<b>20</b>
<b>Objetivo general.....</b>	<b>21</b>
<b>Objetivos específicos.....</b>	<b>21</b>
<b>Método.....</b>	<b>22</b>
<b>Biometría.....</b>	<b>22</b>
<b>Actividad de laboratorio.....</b>	<b>23</b>
<b>Extracción de otolitos.....</b>	<b>23</b>
<b>Procesamiento de las muestras.....</b>	<b>24</b>
A). Limpieza.....	24
B). Montaje.....	24
C). Selección.....	24
D). Pulido.....	25
E). Lectura.....	25
<b>Trabajo de gabinete.....</b>	<b>27</b>

<b>Análisis de frecuencia de tallas.</b> .....	<b>27</b>
<b>Estructura poblacional por sexos.</b> .....	<b>29</b>
<b>Relación peso-longitud del pez.</b> .....	<b>30</b>
<b>Relación longitud del pez-longitud del otolito.</b> .....	<b>31</b>
<b>Estimación de la edad mediante otolitos.</b> .....	<b>31</b>
<b>Validación de los anillos en otolitos como marcas anuales.</b> .....	<b>32</b>
<b>Determinación del periodo de reproducción.</b> .....	<b>33</b>
<b>ANMUCOVA.</b> .....	<b>34</b>
<b>Estimación de los parámetros de crecimiento mediante los modelos de von Bertalanffy (FCVB), Gompertz y Logística.</b> .....	<b>35</b>
<b>Comparación de los parámetros en los modelos de crecimiento.</b> .....	<b>37</b>
Prueba de $T^2$ de Hotelling para comparación de parámetros de la <i>FCVB</i> de dos poblaciones (Bernard, 1981):.....	37
<b>Índice de desempeño (phi prima)</b> .....	<b>39</b>
<b>Resultados.</b> .....	<b>40</b>
<b>Distribución de tallas.</b> .....	<b>41</b>
<b>Distribución de tallas en machos y hembras.</b> .....	<b>43</b>
<b>Proporción por sexos.</b> .....	<b>43</b>
<b>Relación peso-longitud.</b> .....	<b>45</b>
Relación peso-longitud por muestreo. ....	47
<b>Índices morfofisiológicos</b> .....	<b>48</b>
Machos .....	48
Hembras .....	51
<b>ANMUCOVA</b> .....	<b>54</b>
Machos .....	54
Hembras. ....	59
<b>Edad y crecimiento.</b> .....	<b>63</b>
Relación longitud patrón-radio del otolito. ....	63
Validación de la periodicidad de las marcas. ....	64
<b>Modelación del crecimiento.</b> .....	<b>66</b>
Estimación de los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy mediante regresión no lineal ponderada.....	66
Estimación de los parámetros de Gompertz mediante método de regresión no lineal ponderada. ....	71
Estimación de los parámetros del modelo Logístico mediante método de regresión no lineal ponderada. ....	77
<b>Criterio de información de Akaike (AIC).</b> .....	<b>83</b>
<b>Índice de desempeño (Phi prima)</b> .....	<b>83</b>
<b>Discusión.</b> .....	<b>84</b>
<b>Distribución de tallas.</b> .....	<b>84</b>
<b>Relación Longitud-Peso</b> .....	<b>85</b>

<b>Periodo reproductivo. ....</b>	<b>86</b>
<b>ANMUCOVA. ....</b>	<b>87</b>
<b>Validación de la periodicidad de las marcas de crecimiento. ....</b>	<b>88</b>
<b>Edad y funciones de crecimiento. ....</b>	<b>88</b>
<b>Comparación de los parámetros de crecimiento entre machos y hembras. ....</b>	<b>92</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>93</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>95</b>
<b>Apéndice 1 .....</b>	<b>101</b>

## Lista de figuras

Figura 1. Esquema de otolitos de <i>Haemulon flaviguttatum</i> (foto modificada de Mascareñas-Osorio et al. 2003). .....	12
Figura 2. <i>Haemulon flaviguttatum</i> Gill, 1862 .....	15
Figura 3. Bahía de Puerto Ángel, coordenadas 15° 39' 59.04" latitud N, 096° 29' 35.44" longitud O (mapa modificado de Geoportal de UNINMAR) .....	17
Figura 4. Zona de estudio. (Mapa modificado de Google Earth) .....	17
Figura 5. Mediciones realizadas en el organismo. ....	22
Figura 6. Corte de la cabeza de un espécimen.....	23
Figura 7, 8. Corte de la cabeza de un espécimen con el cerebro removido para la observación de la cavidad otica y otolitos recién extraídos. ....	24
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. ....	26
Figura 10. EDK's generales para el total de los datos, machos y hembras. ....	41
Figura 11,12. EDK's mensuales población.....	42
Figura 13. Gráfica de la relación potencial entre el peso total y la longitud patrón en machos.....	45
Figura 14. Gráfica de la relación potencial entre el peso total y la longitud patrón en hembras. ....	46
Figura 15. Variación mensual de los valores medianos de <i>IGS</i> e <i>IHS</i> para machos.....	48
Figura 16. Variación mensual de los valores medianos de <i>IGS</i> y <i>K</i> para machos. ....	49
Figura 17. Variación mensual de los valores medianos de <i>IHS</i> y <i>K</i> para machos. ....	49
Figura 18. Variación mensual de los valores medianos de <i>IGS</i> e <i>IHS</i> para hembras. ....	51
Figura 19. Variación mensual de los valores de <i>IGS</i> y <i>K</i> para hembras. ....	52
Figura 20. Variación mensual de los valores medianos de <i>IHS</i> y <i>K</i> para hembras.....	52
Figura 21. Variación mensual de los pesos medio de gónada, hígado y eviscerado para machos. ....	54
Figura 22. Comparación mensual de <i>IGS</i> y pesos medio de gónada en machos.....	56
Figura 23. Comparación mensual de <i>IHS</i> y pesos medio de hígado para machos. ....	57
Figura 24. Comparación mensual de <i>K</i> y pesos medio eviscerado de machos. ....	58
Figura 25. Variación mensual de los Pesos medio de gónada, hígado y eviscerado para hembras.....	59
Figura 26. Comparación mensual de <i>IGS</i> y pesos medio de gónada para hembras.....	61
Figura 27. Comparación mensual de <i>IHS</i> y pesos medio de hígado para hembras.....	61
Figura 28. Comparación mensual de <i>k</i> y pesos medio de eviscerado en hembras. ....	62
Figura 29. Relación entre longitud patrón del pez y radio del otolito. ....	63
Figura 30. Gráfica de las medianas de la razón del incremento marginal ( <i>RIM</i> ) y la temperatura superficial promedio.....	64
Figura 31. Función de crecimiento de von Bertalanffy estimada por regresión no lineal ponderada para el total de los datos.....	67
Figura 32. Función de crecimiento de von Bertalanffy estimada por regresión no lineal ponderada para machos. ....	68
Figura 33. Función de crecimiento de von Bertalanffy estimada por regresión no lineal ponderada para la Hembras. ....	69
Figura 34. Comparación de la función de crecimiento de von Bertalanffy estimada por regresión no lineal ponderada entre machos y hembras. ....	70
Figura 35. Función de crecimiento de Gompertz estimada por regresión no lineal ponderada para el total de los datos de <i>H. flaviguttatum</i> . ....	73
Figura 36. Función de crecimiento de Gompertz estimada por regresión no lineal ponderada para machos. 74	

Figura 37. Función de crecimiento de Gompertz estimada por regresión no lineal ponderada para hembras. .....	74
Figura 38. Comparación de la función de crecimiento de von Bertalanffy estimada por regresión no lineal ponderada entre machos y hembras. ....	75
Figura 39. Función de crecimiento de logístico estimada por regresión no lineal ponderada para el total de los datos. ....	79
Figura 40. Función de crecimiento de logístico estimada por regresión no lineal ponderada para machos... ..	79
Figura 41. Función de crecimiento de logístico estimada por regresión no lineal ponderada para hembras. ....	80
Figura 42. Comparación de la función de crecimiento de logístico estimada por regresión no lineal ponderada entre machos y hembras. ....	81

## Lista de tablas.

Tabla 1. Resumen estadístico de la longitud patrón (cm) por sexo. ....	40
Tabla 2. Muestreo por mes y número de organismos para cada mes. ....	40
Tabla 4. 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). ....	44
Tabla 5. Valores de la relación peso-longitud por mes para la población.....	47
Tabla 6. Correlación entre valores medianos de <i>IGS</i> , <i>IHS</i> y <i>K</i> para machos. ....	50
Tabla 7. Correlación entre valores medianos de <i>IGS</i> , <i>IHS</i> y <i>K</i> para machos de <i>Haemulon flaviguttatum</i> .....	53
Tabla 8. Valores de significancia de la variación mensual de los pesos medios de la gónada, hígado y eviscerado para machos. ....	55
Tabla 9. Correlación entre valores medianos de <i>IGS</i> , <i>IHS</i> y <i>K</i> y los pesos medios de la gónada, hígado y eviscerado para machos. ....	58
Tabla 10. Valores de significancia de la variación mensual de los pesos medios de la gónada, hígado y peso eviscerado para hembras. ....	60
Tabla 11. Correlación entre valores medianos de <i>IGS</i> , <i>IHS</i> y <i>K</i> y los pesos medios de la gónada, hígado y peso eviscerado en hembras. ....	62
Tabla 12. Resultados de la relación lineal entre el radio del otolito y la longitud patrón del pez. ....	63
Tabla 13. Parámetros calculados por la función no lineal de crecimiento de von Bertalanffy para el total de datos.....	66
Tabla 14. Parámetros calculados por la función no lineal de crecimiento de von Bertalanffy para machos...	67
Tabla 15. Parámetros calculados por la función no lineal de crecimiento de von Bertalanffy para hembras.	68
Tabla 16. Prueba de $T^2$ de Hotelling para comparación de parámetros de la FCVB de dos poblaciones (Bernard, 1981) .....	70
Tabla 17. Parámetros calculados por la función no lineal de crecimiento de Gompertz para el total de los datos.....	71
Tabla 18. Parámetros calculados por la función no lineal de crecimiento de Gompertz para machos. ....	73
Tabla 19. Parámetros calculados por la función no lineal de crecimiento de Gompertz para hembras.....	74
Tabla 20. Prueba de $T^2$ de Hotelling para comparación de parámetros de la FCVB de dos poblaciones (Bernard, 1981) .....	76
Tabla 21. Parámetros calculados por la función no lineal de crecimiento logístico para todos los datos. ....	77
Tabla 22. Parámetros calculados por la función no lineal de crecimiento de logístico para machos. ....	79
Tabla 23. Parámetros calculados por la función no lineal de crecimiento logístico para hembras. ....	79
Tabla 24. Prueba de $T^2$ de Hotelling para comparación de parámetros de la FCVB de dos poblaciones (Bernard, 1981) .....	82
Tabla 25. Valores obtenidos por el criterio de información de Akaike (AIC) para cada modelo.....	83
Tabla 26. Comparación de $\emptyset'$ entre especies de la familia Haemulidae. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 27. Resultados de la relación lineal entre longitud total y longitud patrón. ....	91

## Resumen.

Se determinó el periodo reproductivo, dimorfismo sexual, tipo de crecimiento, proporción sexual y parámetros de edad y crecimiento, en la especie *Haemulon flaviguttatum* de Puerto Ángel, Oaxaca, México. De agosto de 2014 a diciembre de 2016, se registraron los datos biométricos de 372 organismos (165 machos, 191 hembras y 16 indiferenciados), provenientes de la pesca artesanal de la zona de estudio; las tallas de las muestras estuvieron en un intervalo de 13.2 a 37.3 cm de longitud patrón y el peso total abarcó de los 45.7 a los 939.5 gramos.

La composición de longitudes para el total de los individuos capturados en los diferentes meses en que se pudo obtener organismos mostró una distribución multimodal (5 modas): 13.6 cm, 15.0 cm, 22.2 cm, 30.3 cm, 37.3 cm; en los machos se observaron 4 modas: 14.6 cm, 21.7 cm, 30.4 cm, 36.8 cm y las hembras mostraron una distribución trimodal con modas de 16.4 cm, 22.2 cm y 24.8 cm; las tres distribuciones tuvieron un sesgo positivo. La prueba de *Kolmogorov-Smirnov* indicó que entre hembras y machos no hay diferencias significativas en las distribuciones de tallas. La proporción sexual macho:hembra fue de 1:1.

El tipo de crecimiento para machos y para hembras fue alométrico negativo (hipoalométrico) ya que en ambos casos se obtuvieron valores de *b* significativamente (prueba *t* de Student) menores.

Para *H. flaviguttatum* se determinó un periodo reproductivo que va de octubre a enero. El ANMUCOVA presentó un patrón de variabilidad mensual más claro y definido en comparación con los métodos tradicionales.

La relación longitud patrón-radio del otolito presentó un coeficiente de determinación ( $r^2$ ) de 0.56 con una significancia  $P < 0.001$  lo que comprueba que el crecimiento del individuo es directamente proporcional al crecimiento de sus otolitos. El análisis de la razón del incremento marginal (*RIM*) indicó que el periodo para la formación de los anillos es anual y se llevó a cabo en marzo 2015 y abril 2016, ya que los valores más bajos del *RIM* se presentaron en estos meses. Para machos y hembras se registraron 5 grupos de edad (años).

El modelo que mejor describe el crecimiento de *H. flaviguttatum* fue el de von Bertalanffy en comparación con el Logístico y el de Gompertz. Para respaldar lo anterior se utilizó el criterio de información de Akaike (*AIC*), donde los resultados indican que de los tres modelos utilizados (total de datos, machos y hembras) los de von Bertalanffy registraron los valores mas bajos (mejor ajuste).

Las expresiones para la función de crecimiento longitudinal de von Bertalanffy por el método de regresión no lineal ponderada para el total de los datos, machos y hembras son:

$$L_t=32.719[1-\exp \{-0.174(t+2.558)\}] \quad \text{total de los datos.}$$

$$L_t=32.646[1-\exp \{-0.204(t+1.812)\}] \quad \text{machos}$$

$$L_t=34.145[1-\exp \{-0.151(t+2.806)\}] \quad \text{hembras}$$

## **Abstract.**

The reproductive period, sexual dimorphism, type of growth, sexual proportion and parameters of age and growth of *Haemulon flaviguttatum* of Puerto Ángel, Oaxaca, Mexico were determined. From August 2014 to December 2016, the biometric data of 372 organisms (165 males, 191 females and 16 undifferentiated) from the artisanal fisheries of the study area were recorded; the sizes of the samples were in a range of 13.2 to 37.3 cm of standard length and the total weight ranged from 45.7 to 939.5 grams.

The length composition for the total of captured individuals in the different months when organisms could be obtained showed a multimodal distribution (5 modes): 13.6 cm, 15.0 cm, 22.2 cm, 30.3 cm, 37.3 cm; for males 4 modes were observed: 14.6 cm, 21.7 cm, 30.4 cm, 36.8 cm and females had a trimodal distribution with modes at 16.4 cm, 22.2 cm and 24.8 cm; all three distributions had a positive bias. The Kolmogorov-Smirnov test indicated that between females and males there were no significant differences with respect to size distributions. The sexual ratio male: female was 1: 1.

The male and female type of growth was negative allometric (hypoallometric) since for both cases  $b$  values significantly (Student's  $t$  test) lower than 3 were obtained.

For *H. flaviguttatum* a reproductive period from October to January was determined. ANMUCOVA presented a clearer and more defined pattern of monthly variability compared to traditional methods. The body length - otolith radius relationship presented a determination coefficient ( $r^2$ ) of 0.56 with a significance  $P < 0.001$ , verifying that the individual growth is directly proportional to the growth of its otoliths. The analysis of the marginal increase ratio ( $MIR$ ) indicates that the period for the formation of the rings is annual and took place in March 2015 and April 2016, since the  $MIR$  lowest values occurred in these months. For males and females, 5 age groups (years) were recorded.

The model that best described the growth of *H. flaviguttatum* was that of von Bertalanffy compared with Logistic and Gompertz. In order to support this determination the Akaike's information criterion ( $AIC$ ) was performed, where the results show that of the

three models used (total data, males and females) those of the von Bertalanffy model registered the lowest values (best fit).

The expressions for the longitudinal growth function of von Bertalanffy by the weighted non-linear regression method for the total data, males and females are:

$$L_t=32.719[1-\exp \{-0.174(t+2.558)\}] \quad \text{total data.}$$

$$L_t=32.646[1-\exp \{-0.204(t+1.812)\}] \quad \text{males}$$

$$L_t=34.145[1-\exp \{-0.151(t+2.806)\}] \quad \text{females}$$

## **Introducción.**

La producción pesquera en México ha fluctuado alrededor de los 1.3 millones de toneladas durante las últimas tres décadas y en los últimos años ha ocupado el lugar 16 a nivel mundial (Cerdenares-Ladrón de Guevara *et al.* 2014). Sin embargo las zonas pesqueras en México presentan diferentes niveles de desarrollo. En el noroeste del país (Baja California Norte, Baja California Sur, Sonora y Sinaloa) aportó casi 80% de la producción pesquera nacional, mientras que el Pacífico sur de México (Guerrero, Oaxaca, y Chiapas) registró una captura marina de alrededor de 40.3 mil toneladas, que representó apenas 2.8% de la producción total del país (CONAPESCA, 2012). El crecimiento en número más notable se ha dado en la flota ribereña, pues en las tres últimas décadas ha aumentado más del 500%, de 17,000 a 103,000 embarcaciones entre 1970 y 2003. Antes de 1982, el ritmo de crecimiento de la flota artesanal era de cerca de 1,600 embarcaciones nuevas por año. Después de ese año el ritmo de aumento se incrementó a casi 3,200 embarcaciones nuevas por año (CONAPESCA, 2003). El ritmo de crecimiento global de las embarcaciones ribereñas ha sido más alto en el Pacífico (cerca de 350%: desde cerca 16,000 embarcaciones en 1980 hasta alrededor de 55,000 en 2003). EL mayor número de embarcaciones se concentra en la región del Pacífico norte (Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa y Nayarit), con 28,746 para el año 2001, del total de 53,412. En los estados del sur (Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas) se encontraron 27,666 embarcaciones (CONAPESCA, 2001, CONAPESCA, 2003).

En Oaxaca existen 8 oficinas y una subdelegación en las cuales se tienen registrados a 17,635 pescadores dedicados a la pesca ribereña y de grandes embalses; para el estado se tiene registro de 14 plantas pesqueras, 76 embarcaciones mayores y 5,090 embarcaciones ribereñas (CONAPESCA, 2011). La modalidad de pesca ribereña no se ha podido regular, debido al gran número de pescadores que constantemente se incorporan a esta actividad y que no se constituyen legalmente, siendo esto los denominados pescadores libres (pesca ilegal). Lo anterior ha provocado un descontrol para la autoridad normativa en el sentido de no saber cuál es el esfuerzo aplicado y la producción por especie capturada. Esta situación se agrava debido a que en las

estadísticas de pesca, es habitual que los pescadores utilicen diversos nombres para denominar a una especie o un grupo de especies, todo esto dependiendo de la zona en que se dé la pesca, e incluso dentro de una misma localidad, una especie es conocida bajo diferentes nombres, situación que dificulta el seguimiento adecuado de la explotación de los recursos pesqueros. Este problema de registro de las especies explotadas es común en todas las pesquerías multiespecíficas de México (Cerdenares-Ladrón de Guevara *et al.*, 2014).

Como se mencionó anteriormente, uno de los principales problemas con que se encuentran los estudiosos del tema, es precisamente la gran biodiversidad de la zona, dado que existen especies muchas veces difíciles de diferenciar entre sí, aun por los especialistas (Cerdenares- Ladrón de Guevara *et al.*, 2014).

#### **Familia Haemulidae.**

A continuación se transcribe de McKay y Schneider (1995). Peces perciformes de cuerpo oblongo y moderadamente comprimido. Cabeza de perfil más o menos convexo y enteramente cubierta por escamas, excepto en el perfil anterior del hocico, labios y mentón; boca de tamaño generalmente pequeño a moderado, extremo posterior de la mandíbula de superior (maxilar) oculto bajo el suborbitario (lacrimal) cuando la boca está cerrada; mentón con dos poros y una foseta posterior (que aloja una pequeña fisura o poro a cada lado), o bien, con cuatro a seis poros separados. Dientes generalmente cónicos, dispuestos en una banda estrecha en cada mandíbula, los de la serie externa más grandes, pero no caniniformes; paladar sin dientes o con dientes muy fino el vómer de algunos géneros. Borde posterior del suborbitario oculto: preopérculo de borde posterior generalmente cóncavo y finamente aserrado, a veces con dentelladuras más grandes en el ángulo; opérculo con uno o dos espinas poco aparentes. Una sola aleta dorsal (casi totalmente dividida en *Xenistius* y *Xenichthys*), con IX a XV fuertes espinas de 12 a 26 radios blandos; aleta anal con III espinas, la segunda a menudo más larga y fuerte que la tercera, y 7 a 18 radios blandos; aletas pectorales largas; aletas pélvicas situadas por debajo de la base de las pectorales y con una espina y cinco radios blandos; aleta caudal truncada o redondeada (redondeada en juveniles). Escamas generalmente ctnoides

(rugosas), de tamaño pequeño a moderado; porción blanda de la aleta dorsal y anal desnudas, con una hilera de escamas interradales o bien, densamente escamosa; línea lateral completa, pero no extendida sobre la aleta caudal. Vejiga gaseosa a veces con “cuernos” anteriores. Color variable, los juveniles a menudo de coloración muy diferente de aquella de los adultos.

### **Descripción de la especie.**

*H. flaviguttatum* Gill 1862: A continuación se transcribe de McKay y Schneider (1995). 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 con cuatro poros, los dos posteriores en forma de fisuras alojados en una foseta profunda, bien evidente, apareciendo en conjunto como dos diminutos poros anteriores seguidos por un surco mediano posterior; preopérculo finamente aserrado en los adultos. Aleta dorsal escotada, con X a XII espinas y 15 a 18 radios blandos, la segunda espina anal más larga y fuerte que la tercera; porciones blandas de las aletas dorsal y anal densamente escamosas; 50 a 53 escamas y 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, dos perforadas por un poro y 11 a 12 ventrales, 23 o 23 en total. Vejiga gaseosa más o menos truncada anteriormente, sin apéndices anteriores. Color: juveniles con dos franjas laterales y una mancha notoria en la base de la aleta caudal, que desaparece con la edad. Adultos con una, ancha azul-perla bajo el centro de cada escama, tomando líneas que siguen las series de escamas; membrana bajo el preopérculo negra; altas amarillentas, aletas amarillentas, de color más intenso en los juveniles. Interior de la boca rojo.

Talla máxima: 42 cm; común hasta 35 cm.

Hábitat y biología: una especie bentónica de aguas costeras; depredador nocturno que forma cardúmenes sobre sustratos rocosos y arenosos.

Pesca y utilización: explotado a nivel local y capturado con redes de arrastre y líneas de mano con anzuelos. Comercializado en fresco.

### **Arte de pesca.**

#### **Línea de mano.**

Las líneas de mano son las más empleadas para la captura de especies como el huachinango *Lutjanus peru* 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*), el barrilete (*Euthynnus affinis*), la sardina (*Sardinops sagax caeruleus*) y la anchoveta (*Engraulis ringens*) (Gutiérrez-Zavala y Cabrera-Mancilla 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 y Cabrera-Mancilla 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 Zavala y Cabrera-Mancilla, 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 (*Sconberomus 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 y Cabrera-Mancilla 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, ésta 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 y Cabrera-Mancilla 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 más alejado de la costa, por lo que los organismos son de tallas y pesos mayores (Gutiérrez-Zavala y Cabrera-Mancilla 2012).

### **Situación de la especie en la zona.**

La especie *Haemulon flaviguttatum* que junto con un par de especies de la familia Haemulidae (*Haemulon maculicauda*, *Microlepidotus brevipinnis*) suelen ser objeto de pesca en Puerto Ángel, son conocidas por los pescadores como blanco (debido a la coloración de la carne) o ronco (por el sonido que producen cuando se encuentran fuera del agua), los organismos capturados se registran con el mismo nombre por ser de la misma categoría comercial, debido a que son especies en las cuales los pescadores no llegan a diferenciar una de la otra. En datos presentados por CONAPESCA (2015) en el anuario estadístico de pesca, se registró la captura de organismos reconocidos como

ronco, que presentan un total de 119 toneladas de peso vivo para el año 2015. *H. flaviguttatum* se encuentra entre las especies asociadas a las capturas del huachinango, pargos, sierra y robalo. Es una especie que por su volumen en las capturas, demanda comercial, bajo costo y su alto valor nutritivo, hace que sea un recurso de gran importancia local.

En la actualidad se hace más común la mención generalizada del deterioro de las pesquerías en el contexto mundial y por extensión en el nacional, así como el efecto negativo de la pesca que se genera en los ecosistemas (FAO, 2008). Debido a esto se requiere generación de conocimiento como soporte a la administración del uso de los recursos pesqueros, siendo el objetivo general el uso sustentable de los mismos (Arreguín-Sánchez y Arcos-Huitrón *et al.* 2011).

Para los estudios de biología pesquera es muy importante la determinación de la edad y el crecimiento, ya que por este medio se puede obtener mucha información para el manejo sustentable de los organismos. Los parámetros que se obtienen a partir de los estudios de edad son de suma importancia para conocer el estado de la población como son: edad de primera madurez, talla mínima de captura, longevidad, etc. La edad en peces se puede estimar a partir de los cambios en sus tasas de crecimiento reflejadas en las estructuras esqueléticas de un pez, estas marcas en zonas templadas se ven condicionadas a un régimen estacional, pero debido a que en las zonas tropicales la estacionalidad es distinta, a causa principalmente de cambios que son determinados por otras causas, como las temporadas de lluvias y secas, otro factor que afecta la formación de marcas sería la temporada de reproducción. El crecimiento o cambio en tamaño del pez puede ser evaluado sobre el análisis de las tasas de desarrollo. Si la edad de un pez es desconocida, como en los estudios de peces en ambientes naturales, entonces la determinación de la edad viene a ser un prerrequisito importante y necesario en tales estudios. Al relacionarlo con información sobre longitudes y pesos se logra determinar el crecimiento y con esto, a través de una formulación matemática adecuada, determinar las ganancias de biomasa utilizables (o producción) bajo diversos esquemas de explotación (Salgado-Ugarte *et al.*, 2005).

## **Métodos para la determinación de la edad.**

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. 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 cambios estacionales del ambiente (Gómez-Márquez, 1994; Salgado-Ugarte *et al.* 2005.). Los métodos indirectos, se basan en la distribución de frecuencia de tallas en la población de peces

## **Otolitos.**

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).

Se encuentran 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. 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 y Panfili, 2002).

En la mayoría de los peces el par de *sagittae* 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).

## Descripción del otolito de *Haemulon flavigittatum*.

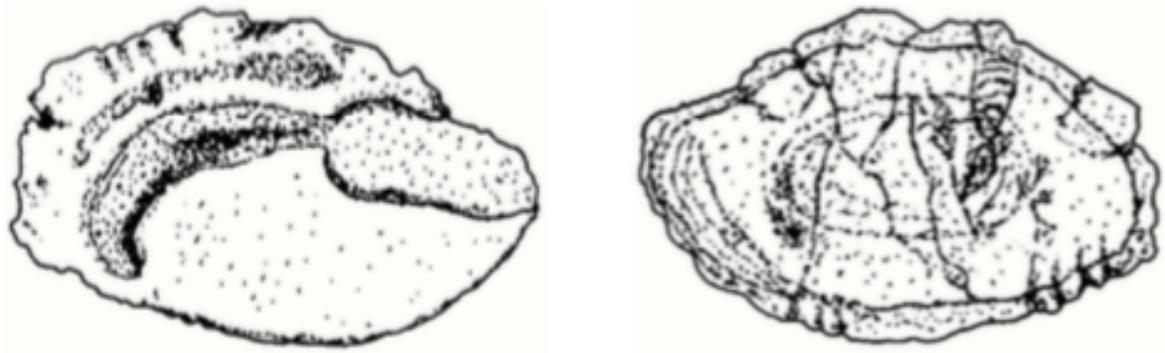


Figura 1. Esquema de otolitos de *Haemulon flavigittatum* (foto modificada de Mascareñas-Osorio *et al.* 2003).

**Forma:** globosa. **Margen posterior:** sinuado. **Borde ventral:** sinuado. **Borde dorsal:** irregular. **Cauda:** larga, fuertemente encorvada, la última sección casi termina en el borde ventral. **Ostio:** de forma rectangular, en dirección al dorso, de diferente textura que la cauda y se extiende sobre el rostro. **Colículo:** localizado en el ostio, de forma ovalada. **Colum:** ausente. **Rostro:** muy ancho redondeado, de borde irregular. **Antirostro:** ausente. **Sulco acústico:** heterosuoidal, ostial. **Depresión ventral:** surco que corre a lo largo de todo el dorso. **Depresión ventral:** ausente. **Cisura:** ausente. **Concreciones calcáreas:** ausentes. **Cara externa:** en la sección media con estrías. **Crista superior:** bien marcada o desarrollada. **Crista inferior:** bajo el ostio pobremente desarrollada, sobre la cauda bien marcada. **Grosor:** moderadamente grueso. **Perfil de la cara externa:** cóncava. **Perfil de la cara interna:** convexa (Mascareñas-Osorio *et al.* 2003).

### Reproducción.

El estudio de la reproducción es un tópico fundamental en las ciencias pesqueras. Se han establecido varios métodos para llevar a cabo este objetivo que va desde procedimientos histológicos detallados hasta índices derivados de medidas corporales. Estos índices morfométricos están basados generalmente en medidas corporales tales como el peso total y eviscerado, de gónadas, del hígado y la longitud corporal. En general, estas medidas están correlacionadas positivamente con el tamaño y se utilizan para

estimar otros procesos relacionados. De esta forma, el peso de las gónadas está relacionado con la madurez y el desove, los cuales a su vez dependen del sexo, estadio de madurez sexual, tamaño individual, temporada del año, etc. El peso total o eviscerado se usa para estimar la condición (robustez o grado de bienestar de los animales) suponiendo que los individuos más pesados a una longitud dada están en mejor condición (Salgado-Ugarte *et al.*, 2005).

### **Índices corporales.**

Se han introducido buscando un criterio simple y objetivo de cuantificar el desarrollo gonadal. Son índices que relacionan el tamaño gonadal con el somático.

Índice gonadosomático o gonadal (*IGS*). Es el más común, también llamado coeficiente de madurez. Es el peso de la gónada expresado como porcentaje del peso corporal eviscerado o eviscerado y sin ovario. En la mayoría de especies con puesta estacional este índice cambia muy notoriamente en las sucesivas etapas del desarrollo gonadal. En cambio en peces sin estacionalidad en la puesta este índice apenas varía a nivel poblacional. Los índices gonadales pueden ser una herramienta útil para la identificación del momento de la puesta, pero no suele permitir la clasificación en estados de madurez, por lo que tienen que usarse junto con otros métodos de diagnóstico (Saborido-Rey, 2014).

Índice hepatosomático (*IHS*). Es el peso del hígado en proporción al peso corporal, expresado en porcentaje. Permite cuantificar los cambios cíclicos en el peso del hígado, que son debidos fundamentalmente a la acumulación de lípidos y a la síntesis de vitelogenina, precursora del vitelo almacenado en los ovocitos durante la vitelogénesis. Se utiliza con frecuencia como indicador del nivel de reservas del organismo y presenta una tendencia contraria a la del *IGS*, por eso aunque la interpretación de los cambios cíclicos en el peso del hígado es más compleja, sirve como índice indirecto del estado de madurez sexual. Obviamente, este índice es útil sólo en aquellas especies en las que el hígado juega un papel importante en la acumulación de reservas alimenticias (Saborido-Rey, 2014).

Factor de condición ( $K$ ) explica fundamentalmente el grado de bienestar del organismo, el cual está principalmente relacionado con el crecimiento y/o madurez sexual, ya que el peso corporal es un reflejo de los procesos fisiológicos, por lo que la disminución de la condición es atribuida a la disminución de las reservas del cuerpo durante la maduración de las gónadas (Granado-Lorencio, 1996; Pérez-Olivares, 2015).

**Clasificación de la especie.**

**Clasificación según Nelson (2006).**

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



Figura 2. *Haemulon flaviguttatum* Gill, 1862

## **Zona de estudio.**

### **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. Dentro de las playas cercanas a Puerto Ángel destacan en sentido de oeste a este: Ventanilla, Mermejita, Mazunte, San Agustín, Zipolite, bahía principal de Puerto Ángel con playa Panteón, bahía Estacahuite, bahía de la Mina, bahía la Boquilla, playa Tijera. Ubicación geográfica en los 15° 39' 59.04" latitud N y Long. O 96° 29' 35.44".

### **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; La precipitación muestra una marcada estacionalidad, con meses extremadamente secos (enero a abril) y meses muy lluviosos (de mayo a octubre).

La estacionalidad en el área está influenciada por intensos vientos que ocurren durante octubre-abril (Nortes) e incentivan el crecimiento de la biomasa donde la intensidad del viento incentiva la mezcla de la columna, esto genera altas concentraciones de biomasa que son transportadas por el viento hacia mar adentro (Frías-Velasco *et. al.* 2005).

### **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 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.

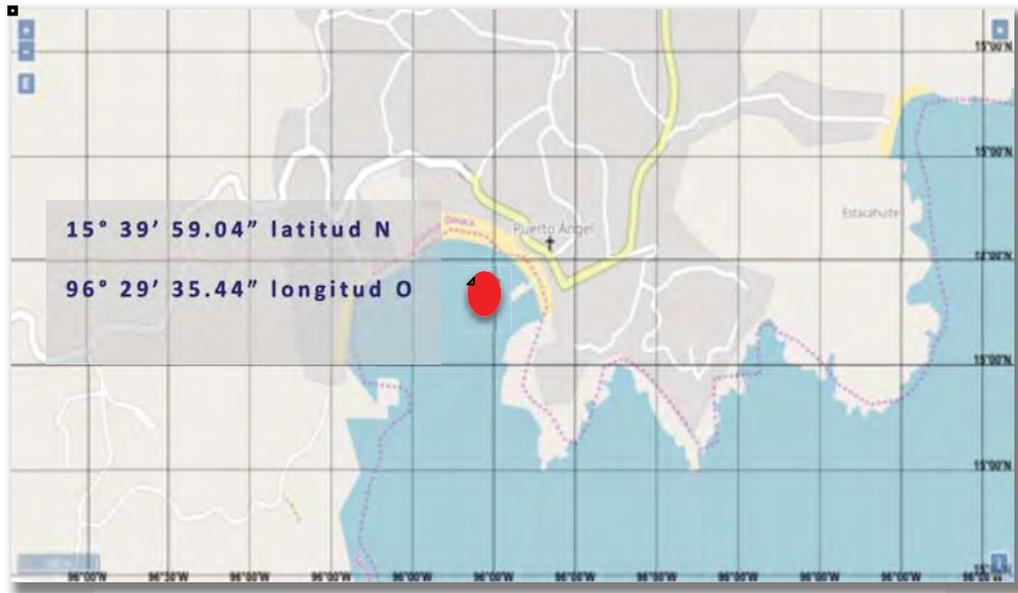


Figura 3. Bahía de Puerto Ángel, coordenadas 15° 39' 59.04" latitud N, 096° 29' 35.44" longitud O (mapa modificado de Geoportal de UNINMAR)



Figura 4. Zona de estudio. (Mapa modificado de Google Earth)

## Antecedentes.

Cruz-Romero *et al.* (1993) presentaron resultados de 5 especies de la familia Haemulidae (*Anisotremus interruptus*, *Haemulon sexfasciatum*, *Haemulon flaviguttatum*, *Orthopristis reddingi*, *Haemulon maculicauda*), donde sus tallas promedio 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 *et al.* (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 en el cual crece 12.52 cm, en el segundo año 4.95 cm y en el tercero 4.60 cm.

Por medio de la lectura de secciones de otolitos, Murie y Parkym (2005) realizaron el análisis del incremento marginal y los depósitos de oxitetraciclina en el otolito, con esto 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 0 a 18 años mientras que su longitud total se ubica de 0 a 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 plumierii*) 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” ( $t = -1.01$ ,  $p > 0.05$ ), registraron un crecimiento acelerado hasta los 2 años de edad, que luego se hizo lento a medida que el pez alcanzó la longitud máxima.

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

En el estudio de *Haemulon flaviguttatum*, Espino-Barr *et al.* (2012) encontraron una relación entre sexos de 1.23:1 H: M y sus meses de máxima reproducción 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  $L_t = 48.8 [1 - \exp \{-0.29 (t + 0.503)\}]$

Salgado-Cruz (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 1,216g. Establece 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 como la tasa de crecimiento o más completos como el de población virtual, para estos métodos se requieren datos de edad, ya que sus cálculos requieren 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 se desarrollan técnicas que ayudan a evaluar y administrar las pesquerías, y así entender 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 secas y lluvias de la zona de estudio), con zonas transparentes durante verano y zonas opacas durante invierno lo que permitirá estudiar el crecimiento de la especie y determinar la edad.

Los índices morfofisiológicos (*IGS*, *IHS* y *K*) presentarán valores máximos y mínimos, con los cuales se podrá determinar la época reproductiva de *H. flaviguttatum*.

### **Objetivo general.**

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

### **Objetivos específicos.**

- Obtener la relación peso-longitud para conocer el tipo de crecimiento (isométrico o alométrico) de la especie.
- Determinar la estructura poblacional por tallas (por estimadores de densidad por kernel) y por sexos (proporción sexual).
- Determinar la época reproductiva de *H. flaviguttatum* mediante el cálculo del índice gonadosomático (*IGS*) por sexos.
- Relacionar el índice hepatosomático (*IHS*) y el factor de condición (*K*) por sexos con el índice gonadosomático (*IGS*).
- Comparar el índice gonadosomático (*IGS*), hepatosomático (*IHS*) y de condición (*K*) con las medias ajustadas por tamaño provenientes del análisis multivariado de covarianza (ANMUCOVA).
- 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) por medio de regresiones no lineales ponderadas.
- Comparar las funciones de crecimiento entre sexos por medio de: Prueba  $T^2$  de Hotelling para comparación de parámetros de las funciones de crecimiento (von Bertalanffy, Gompertz, Logística) de dos poblaciones (Bernard, 1981).

## Método

### Actividad de campo.

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 agosto del 2014 a noviembre del 2016.

### Biometría.

La muestra que se tuvo constó de 337 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 midió la longitud total cm ( $lt$ ), longitud furcal cm ( $lf$ ), longitud patrón cm ( $lp$ ) y altura (cm), con precisión de 0.1 cm. Se determinó el sexo de cada espécimen (figura 5).

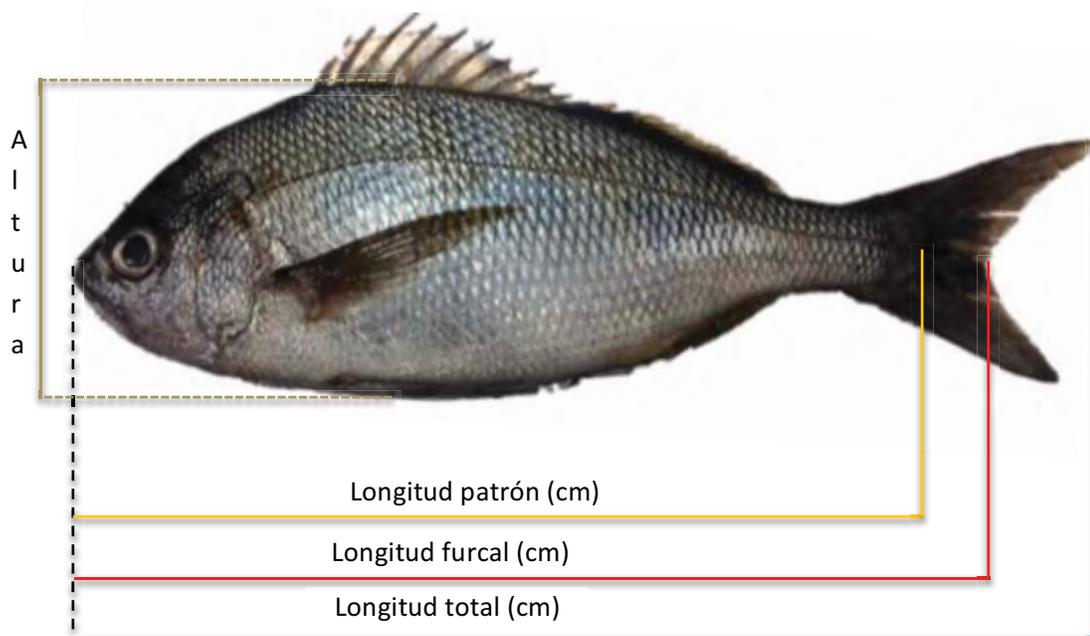


Figura 5. Mediciones realizadas en el organismo.

## Actividad de laboratorio.

### 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 (*saculus*) que los envuelve, así como la materia orgánica acompañante (figura 7, 8).



Figura 7, 8. Corte de la cabeza de un espécimen con el cerebro removido para la observación de la cavidad otica y otolitos recién extraídos.

### **Procesamiento de las muestras.**

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**

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).

#### **E). 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, se utilizó un ocular micrométrico (Nikon) con precisión de 0.1 mm (figura 9).

- Los verdaderos anillos (*annuli*) se observan alrededor del foco del otolito.
- 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 8) (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 (EDK's). Los EDK's 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 (EDK's).

Los EDK's 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 EDK's 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:

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

Dónde:

$\sigma$  = 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, 2005) en paquete estadístico Stata versión 13.

### **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 sólo 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 más).

### **Relación peso-longitud del pez.**

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 " $b$ " (en la expresión logarítmica) fluctúa en especies pesqueras entre 2 y 4. En el caso de que los individuos mantengan 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 longitud del pez-longitud del 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 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 (conociendo su periodicidad de formación), 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 calcificada. Si el incremento es relativamente pequeño esto indica que un anillo se formó un poco antes (Salgado-Ugarte *et al.*, 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.

$r_n$ = radio del foco al último anillo de crecimiento en el otolito.

$r_{n-1}$ = radio del foco al penúltimo anillo.

### **Determinación del periodo de reproducción.**

La época reproductiva se estableció analizando la distribución de los valores de los índices corporales. Se utilizaron tres índices morfofisiológicos.

Factor de condición (*Kr*)

$$Kr = Pe/a (Lt)^b$$

Donde:

*Pe* = peso eviscerado

*Lt* = longitud total

*a* = ordenada al origen de la relación P-L logarítmica

*b* = pendiente de la relación P-L logarítmica

Índice gonadosomático (*IGS*).

$$IGS = Pg/Pe * 100$$

Donde:

*Pg* = peso de la gónada

*Pe* = peso eviscerado

Índice hepatosomático (*IHS*)

$$IHS = Ph/Pe * 100$$

Donde:

*Ph* = peso del hígado

*Pe* = peso eviscerado

Los cálculos de los índices se realizaron con los comandos para expresiones algebraicas del paquete estadístico Stata versión 11.

## **ANMUCOVA.**

Los índices corporales se compararon con las medias ajustadas por tamaño provenientes del análisis multivariado de covarianza (ANMUCOVA), el cual es un procedimiento alternativo para analizar el ciclo reproductivo.

Este análisis hace posible la interpretación simultánea de medidas ya que permite la comparación de las medias en una escala similar al estar ajustadas por la covariada (longitud). De esta forma se elimina el efecto del tamaño (longitud) sobre los pesos (García-Berthou y Moreno-Amich, 1993; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005; Salgado-Ugarte, 1995; 2016).

Para su cálculo se incluyen como variables de respuesta (dependientes) a todas las medidas morfométricas relacionadas con la actividad reproductiva, y como factores el sexo y fecha de muestreo.

Para mejorar el comportamiento estadístico de las variables en cuanto a gaussianidad y homoscedasticidad por grupos, se transformaron los valores a una escala logarítmica; y con el fin de trabajar valores mayores a cero se multiplicaron los valores por la constante 106.

Las variables que se utilizaron para el ANMUCOVA quedaron de la siguiente manera.

VARIABLES DEPENDIENTES:

- Peso eviscerado
- Peso de la gónada
- Peso del hígado

Factor: Fecha de muestreo

Covariada: Longitud patrón.

Se hicieron análisis para cada sexo.

## **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:

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

Donde:

$L_\infty$  = 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 “sigmoidal”. La función sigmoide antisimétrica 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:

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

Donde:

$L_t$  = 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 sigmoidal 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:

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

Donde:

$L_t$  = 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.* (1993, 1997 y 2005) insertadas en Stata Corp (2013).

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

#### **Prueba de $T^2$ 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.

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

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 ( $t_0$ ):

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

$P_1$  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  $L_\infty$ ,  $K$  (o  $g$ ), y  $t_0$  de cada uno de los dos grupos de peces.

$S_i$  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 Stata Corp (2013) propuestos en Salgado-Ugarte *et al.* (2005).

### Índice de desempeño (phi prima)

Los parámetros de crecimiento de estimados para *H. flaviguttatum* se compararon con resultados presentados por otros investigadores además de valores tomados de fishbase para organismos de la misma familia en diferentes regiones, mediante el índice de phi prima ( $\phi'$ ) de Pauly y Munro (1984).

$$\phi' = \text{Log}_{10}k + 2 \text{Log}_{10}L_\infty$$

Donde:

$K$  = parámetro de curvatura (tasa de crecimiento).

$L_\infty$  = Longitud infinita o asintótica.

## Resultados.

Se procesaron los datos biométricos de 372 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 37.3 cm de longitud patrón y el peso total abarcó de los 45.7 a los 939.5 gramos.

**Tabla 1. Resumen estadístico de la longitud patrón (cm) por sexo.**

Sexo	n	Media	Des. Est.	Min	Max
Machos	165	22.97	3.31	14.8	28.8
Hembras	191	21.96	2.33	14.9	28.5
Indiferenciados	16	15.92	2.95	13.2	21.3

Se tienen datos de 372 ejemplares; 165 machos, 191 hembras y 16 indiferenciados. La composición de longitudes para el total de los individuos capturados, en los diferentes meses en que se pudo obtener organismos, se muestra de mejor manera en la figura 9, para el total de los datos se observó una distribución multimodal (5 modas) 13.6 cm, 15.0 cm, 22.2 cm, 30.3 cm, 37.3 cm; para machos la distribución es multimodal (4 modas) 14.6 cm, 21.7 cm, 30.4 cm, 36.8 cm y para hembras se observa una distribución trimodal, 16.4cm, 22.2 cm, 24.8 en las 3 distribuciones se observa un sesgo positivo. En la tabla 2 se presentan los muestreos que se llevaron a cabo el número de organismos para cada uno.

**Tabla 2. Muestreo por mes y número de organismos para cada mes.**

agosto-14	26	noviembre-15	17
octubre-14	14	diciembre-15	20
noviembre-14	3	febrero-16	31
enero-15	7	abril-16	13
marzo-15	10	mayo-16	23
mayo-15	17	junio-16	17
junio-15	22	agosto-16	18
agosto-15	37	octubre-16	36
septiembre-15	15	diciembre-16	15
octubre-15	31		

## Distribución de tallas.

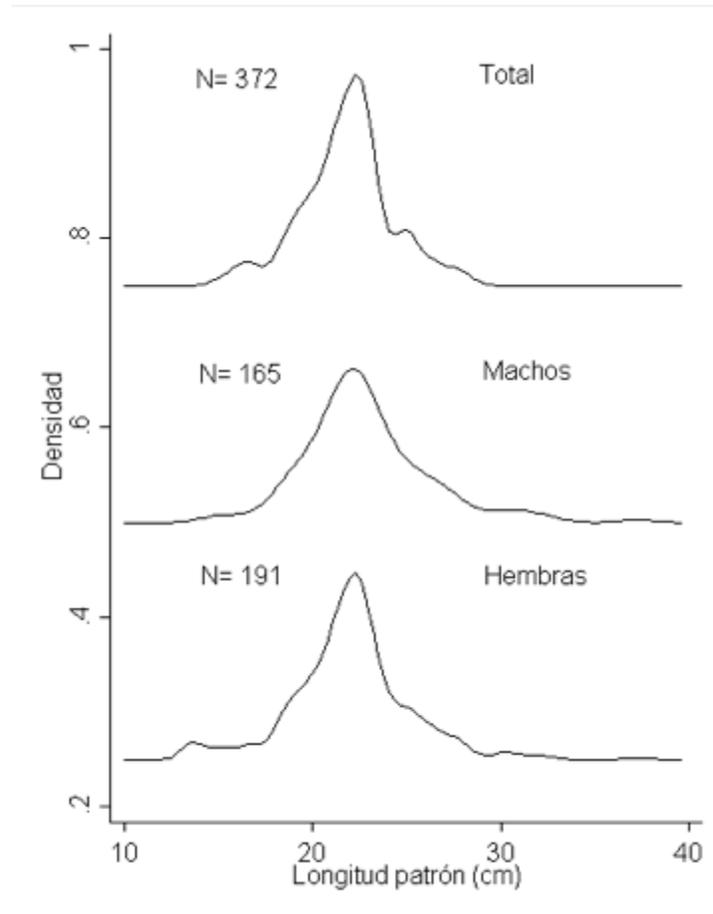


Figura 10. EDK's generales para el total de los datos, machos y hembras.

La composición de tallas mensuales por sexos para los machos, de manera general, son distribuciones multimodales, siendo noviembre y diciembre del 2015 los meses en donde se observaron las modas con tallas más grandes (30 cm), mientras que las modas de tallas menores (17 cm) se observaron en agosto y noviembre 2016 (Figura 11, 12).

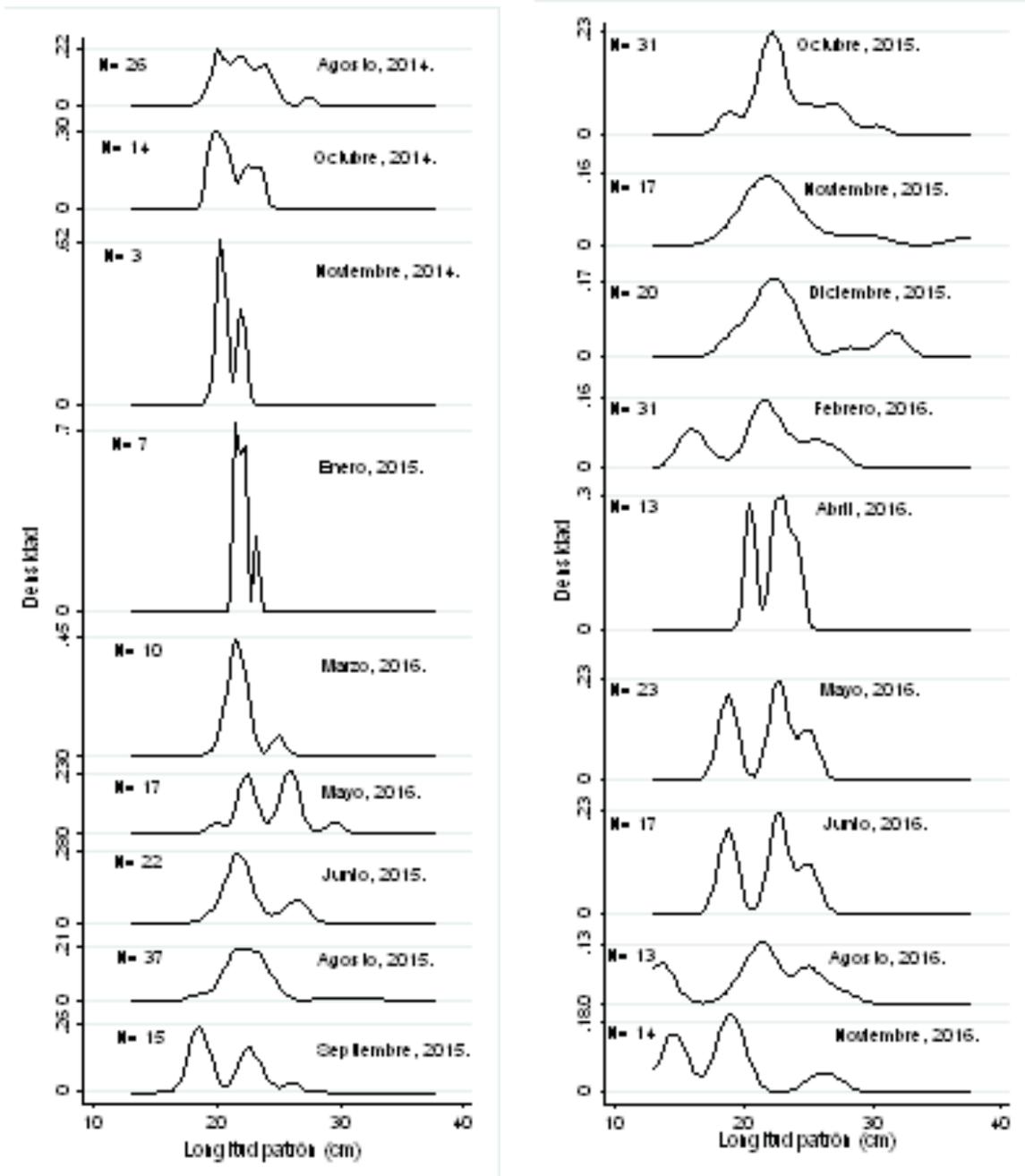


Figura 11,12. EDK's mensuales población.

### Distribución de tallas en machos y hembras.

Se realizó la *prueba de Kolmogorov-Smirnov* (tabla 3) con el fin de conocer si entre las distribución de machos y hembras hay diferencias respecto a las tallas. En la tabla 3 se pueden observar los valores obtenidos en la prueba con un  $\alpha= 0.05$ ; el valor calculado es  $D=0.0042$  siendo menor al valor teórico  $D=0.1514$  por lo tanto 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 indica que entre hembras y machos no hay diferencias significativas respecto a las tallas (para los edks de la Figura 10).

**Tabla 3. 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	94.48	64.65	0.013777	161
F2	100	105.84	69.86	0.000246	176
F1n1=F1/100	100	0.6018	0.411	0.000087	1
F2n2=F2/103	100	0.6414	0.4234	0.000001	1
D=F1n1-F2n2	100	-0.0399	0.0428	-0.139462	0.00419

### Proporción por sexos.

De los 18 meses de muestreo realizados de agosto de 2014 a octubre de 2016 se tiene 372 organismos, de los cuales fueron 165 machos, 191 hembras y 16 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 (tabla 4) (Marques, 2004). Los resultados se muestran en la Tabla 4 y en ella se aprecia que en noviembre 2014, marzo 2015, septiembre 2015 y noviembre 2015, no se cumple la proporción 1:1 sin embargo para todo el muestreo la proporción en general es 1:1.

Tabla 4. 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		$\chi^2_c$	P	
		Machos	Hembras	Esperados	Machos	Hembras			
agosto 14	26	11	14	12.5	1.00	1.27	0.36000	0.54851	N.S.
octubre 14	14	8	6	7	1.33	1.00	0.28571	0.59298	N.S.
noviembre 14	3	3	0	1.5	3.00	0.00	3.00000	0.08326	S.
enero 15	7	4	3	3.5	1.33	1.00	0.14286	0.70546	N.S.
marzo 15	10	1	9	5	1.00	9.00	6.40000	0.01141	S
mayo 15	17	10	7	8.5	1.43	1.00	0.52941	0.46685	N.S.
junio 15	21	9	12	10.5	1.00	1.33	0.42857	0.51269	N.S.
agosto 15	37	16	21	18.5	1.00	1.31	0.67568	0.41108	N.S.
septiembre 15	15	4	11	7.5	1.00	1.47	3.26667	0.07070	S.
octubre 15	31	17	14	15.5	1.21	1.00	0.29032	0.59001	N.S.
noviembre 15	17	12	5	8.5	2.40	1.00	2.88235	0.08956	S.
diciembre 15	20	13	7	10	1.86	1.00	1.80000	0.17971	N.S.
febrero 16	31	11	20	15.5	1.00	1.82	2.61290	0.10600	N.S.
abril 16	13	8	5	6.5	1.60	1.00	0.69231	0.40538	N.S.
mayo 16	22	11	11	11	1.00	1.00	0.00000	1.00000	N.S.
junio 16	15	6	9	7.5	1.00	1.50	0.60000	0.43858	N.S.
agosto 16	13	6	7	6.5	1.00	1.17	0.07692	0.78151	N.S.
octubre 16	30	11	19	15	0.58	1.73	2.13333	0.14413	N.S.
diciembre-16	15	4	11	7.5	0.36	2.75	4.04242	0.04437	S.
	<b>356</b>	<b>165</b>	<b>191</b>	<b>168.5</b>				<b>7.40378</b>	<b>N.S.</b>

### 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 marcadamente menores a 3. Debido a que en ambos casos los intervalos de confianza del 95 % no incluyen al 3, se puede decir que el crecimiento es alométrico negativo, sobre todo en hembras (Figura 13 y 14). Para poder corroborar que en ambos casos el valor de  $b$  es diferente al valor de 3 se realizó la prueba  $t$  de student. Para machos se obtuvo una  $P = 0.000$  y para hembras  $P = 0.0000$  en ambos casos se comprueba que hay una diferencia significativa de 3 y se confirma lo antes mencionado presentando un crecimiento alométrico negativo.

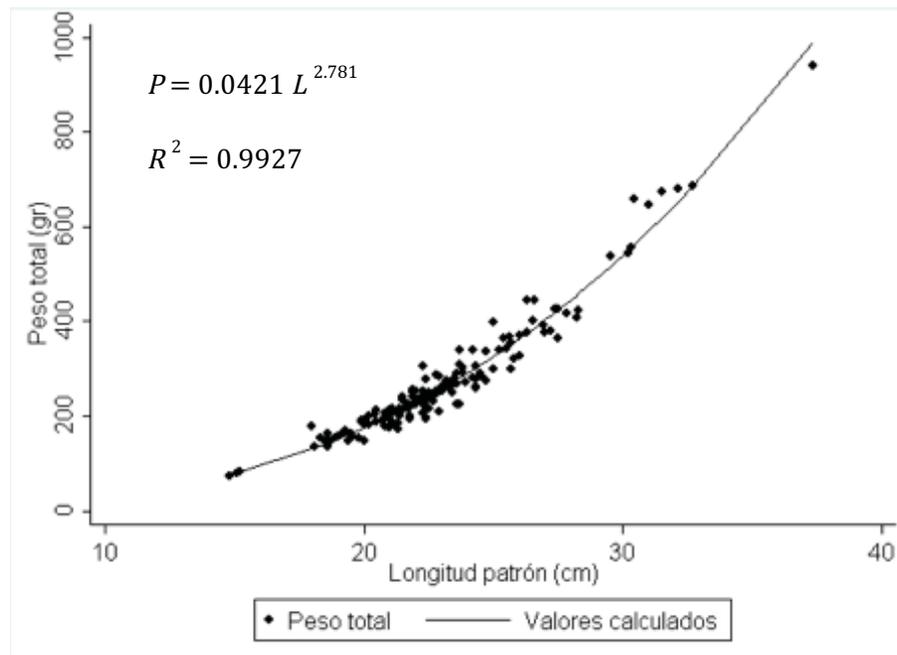


Figura 13. Gráfica de la relación potencial entre el peso total y la longitud patrón en machos.

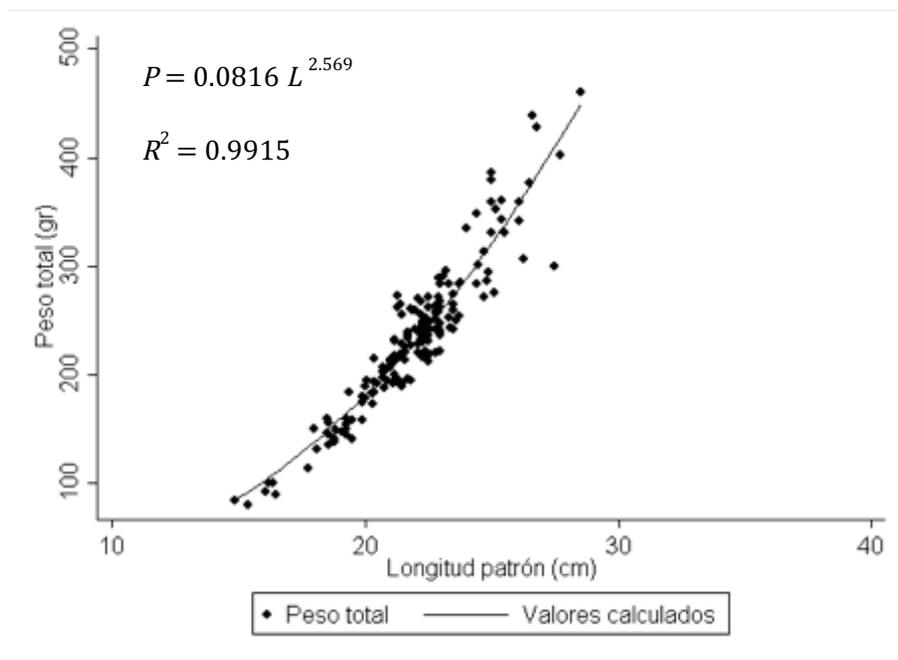


Figura 14. Gráfica de la relación potencial entre el peso total y la longitud patrón en hembras.

### Relación peso-longitud por muestreo.

Se obtuvo la relación peso longitud por mes en la tabla 5 se puede observar en tres meses la relación no fue negativa, enero 2015, junio 2015 y diciembre 2015.

Tabla 5. Valores de la relación peso-longitud por mes para la población.

Mes	<i>a</i>	<i>R</i> <sup>2</sup>	<i>b</i>	Valor de <i>t</i>	Prob. de <i>t</i> >
Agosto-14	0.3686	0.9852	2.109	3.41	0.0023
Octubre-14	0.0595	0.9941	2.674	1	0.3369
Noviembre-14	1.047	0.9955	1.748	5.14	0.2644
Enero-15	0.0067	0.9966	3.388	.42	0.6924
Marzo-15	0.0642	0.9971	2.695	.99	0.3498
Mayo-15	0.0579	0.9954	2.694	1.61	0.1280
Junio-15	0.0199	0.9988	3.037	0.22	0.6432
Agosto-15	0.0402	0.9954	2.806	2.68	0.0110
Septiembre-15	0.0686	0.9969	2.614	2.93	0.0115
Octubre-15	0.0467	0.9960	2.746	2.60	0.0142
Noviembre-15	0.0288	0.9986	2.873	2.91	0.0106
Diciembre-15	0.0087	0.9966	3.251	2.89	0.0096
Febrero-16	0.0731	0.9945	2.581	3.88	0.0006
Abril-16	0.3615	0.9968	2.075	3.19	0.0085
Mayo-16	0.0614	0.9966	2.662	1.52	0.1428
Junio-16	0.0528	0.9984	2.706	2.69	0.0167
Agosto-16	0.0388	0.9970	2.774	2.1	0.0518
Octubre-16	0.0681	0.9957	2.596	7.72	0.0000
Diciembre-16	0.0681	0.9676	2.610	3.09	0.0085

## Índices morfofisiológicos

### Machos

Para el *IGS* se registraron valores (figura 15) de la mediana altos en el mes de octubre del 2014 y 2016 para el 2015 el valor más alto de *IHS* se dio en el mes de septiembre. Vista de manera general la gráfica indica una relación negativa (inversamente proporcional) entre ambos índices.

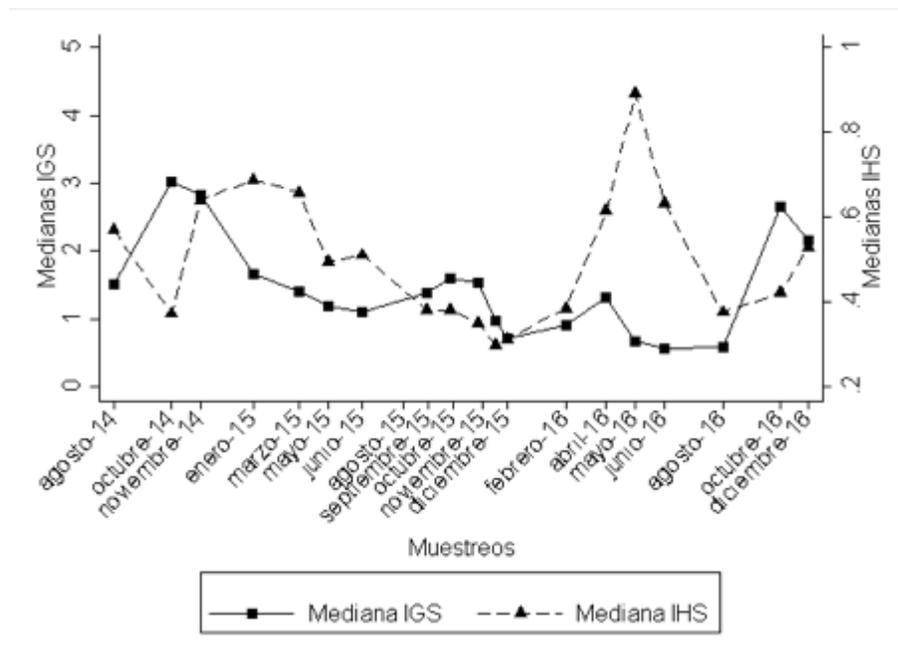


Figura 15. Variación mensual de los valores medianos de *IGS* e *IHS* para machos.

Para el factor de condición (*K*) (figura 16) se registraron valores de la mediana altos en los meses de agosto y noviembre de 2014, marzo 2015, mayo, junio y octubre de 2016; en los meses de noviembre de 2014 y octubre de 2016 se registraron valores altos en ambos índices; los demás presentan una relación inversa respecto al *IGS*. Los valores bajos de las medianas se observaron en octubre de 2014, noviembre y diciembre de 2105 y septiembre de 2016.

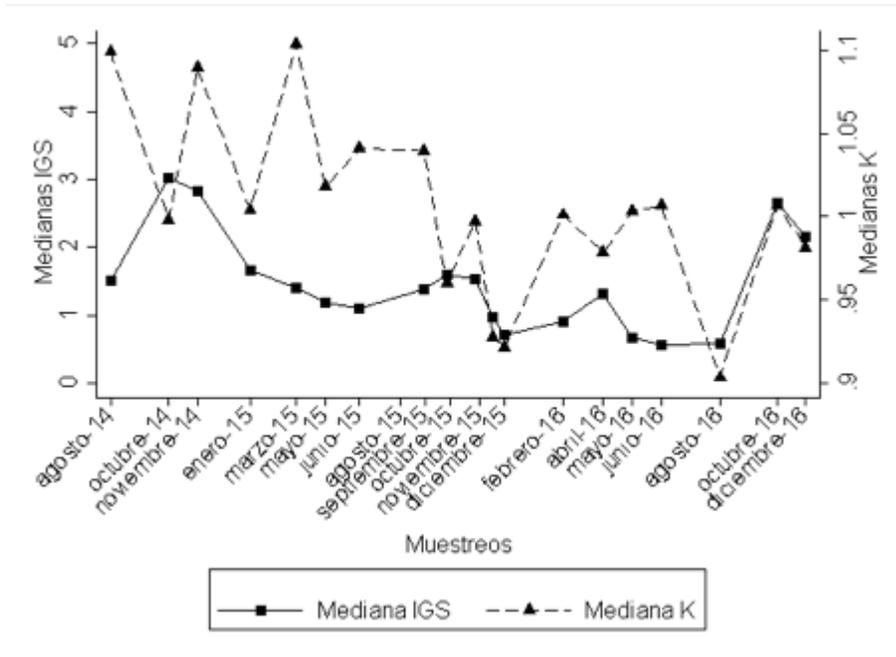


Figura 16. Variación mensual de los valores medianos de *IGS* y *K* para machos.

Al comparar *IHS* y *K* (figura 17), se observa una relación directa, ya que cuando los valores de la mediana de *IHS* son altos también lo son para *K* y cuando el *IHS* es bajo lo mismo sucede con *K*.

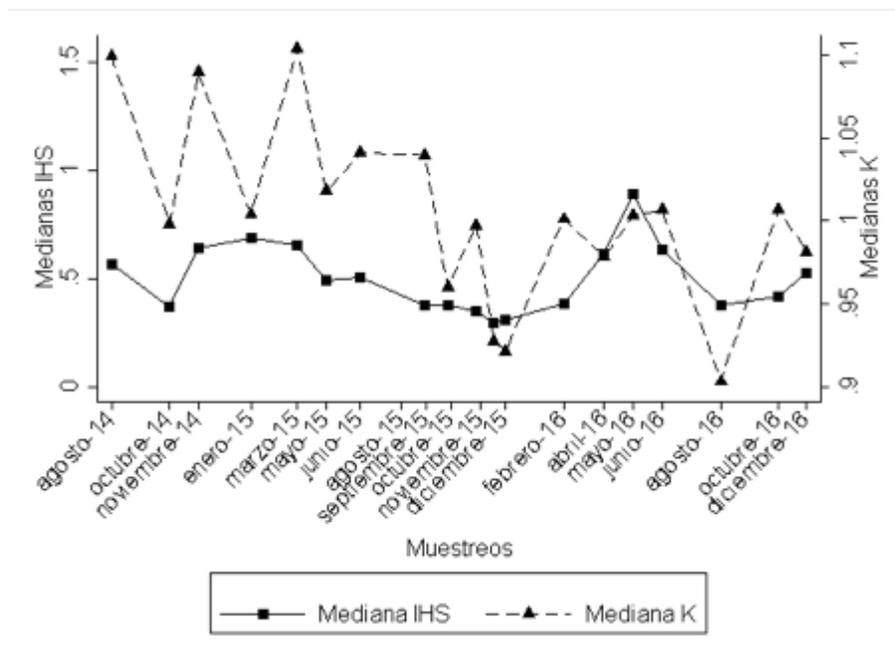


Figura 17. Variación mensual de los valores medianos de *IHS* y *K* para machos.

Tabla 6. Correlación entre valores medianos de *IGS*, *IHS* y *K* para machos.

ÍNDICES MORFOFISIOLÓGICOS	<i>IGS</i>	<i>IHS</i>
	<i>r</i> ( <i>p</i> )	<i>r</i> ( <i>p</i> )
<i>IHS</i>	-0.1500 (0.607)	
<i>K</i>	0.3404 (0.0000)	0.4189 (0.0000)

Para la determinación de la relación que se tiene entre los índices se llevó a cabo una prueba de correlación que se muestra a continuación (tabla 6).

En la prueba de correlación entre los valores medianos de *IGS* e *IHS* se obtuvo una *r* negativa, pero no significativa, aunque la *r* no fue significativa la relación concuerda con lo mostrado por la gráfica; por tal motivo se puede decir que los datos a disposición sugieren una relación negativa entre el *IGS* y el *IHS*, como suele suceder en peces.

En el caso de los valores medianos de *IGS* y *K*, se obtuvo una *r* positiva y significativa, lo cual coincide con lo que se observa en la gráfica, debido a esto se puede decir que existe una relación positiva, siendo diferente a lo que se esperaba.

En la última prueba de correlación entre los valores medianos de *IHS* y *K*, se obtuvo una *r* positiva y significativa, lo cual coincide con la gráfica; por esta razón existe una relación positiva, tal como se esperaba.

## Hembras

En el caso de las hembras, al comparar el *IGS* e *IHS* (figura 18), los valores altos de la mediana se registraron en los meses de enero y octubre de 2015, febrero y octubre de 2016 de los cuales sólo en el mes de febrero del 2016 se observa un valor bajo de *IHS*. Los valores bajos de la mediana para *IGS*, se observaron en junio y noviembre de 2015, junio de 2016; los cuales coinciden con valores altos de *IHS*. Debido a esto se puede decir que existe una relación negativa entre ambos índices.

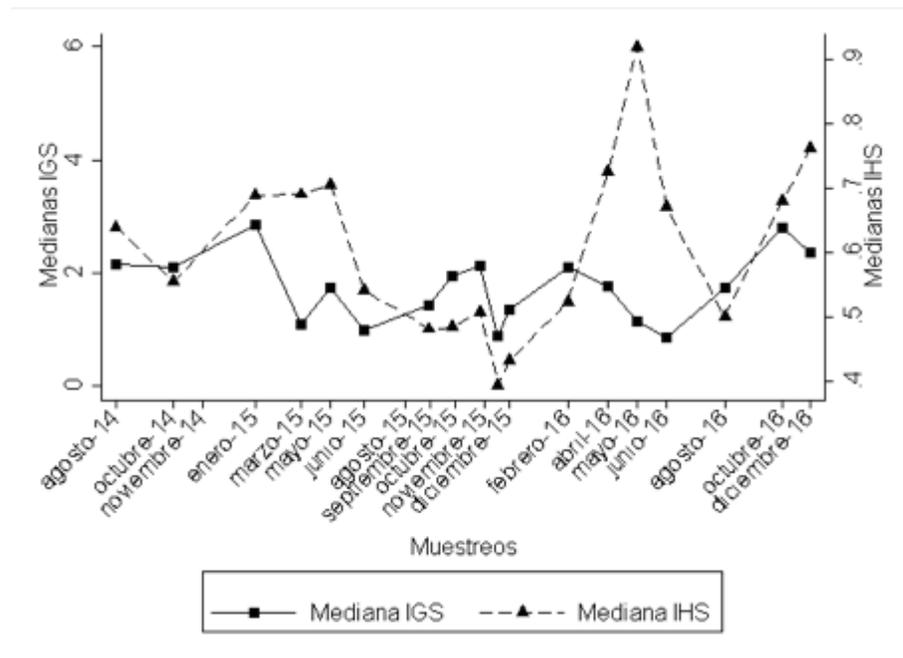


Figura 18. Variación mensual de los valores medianos de *IGS* e *IHS* para hembras.

En la comparación de *IGS* y *K* (figura 19) se registró que los valores de la mediana altos para *K* fueron en los meses agosto de 2014, marzo de 2015 y octubre de 2016; en el mes de marzo y octubre coincide con valores altos de la mediana para *IGS*. Los valores de la mediana bajos para *K* se observaron en los meses de octubre de 2014, diciembre de 2015 y febrero de 2016; en los dos primeros meses mencionados coinciden los valores bajos de *IGS*. Mediante lo analizado se puede decir que existe una relación positiva, aunque en algunos casos ocurre lo contrario, ya que ambos índices aumentan y disminuyen casi a la par.

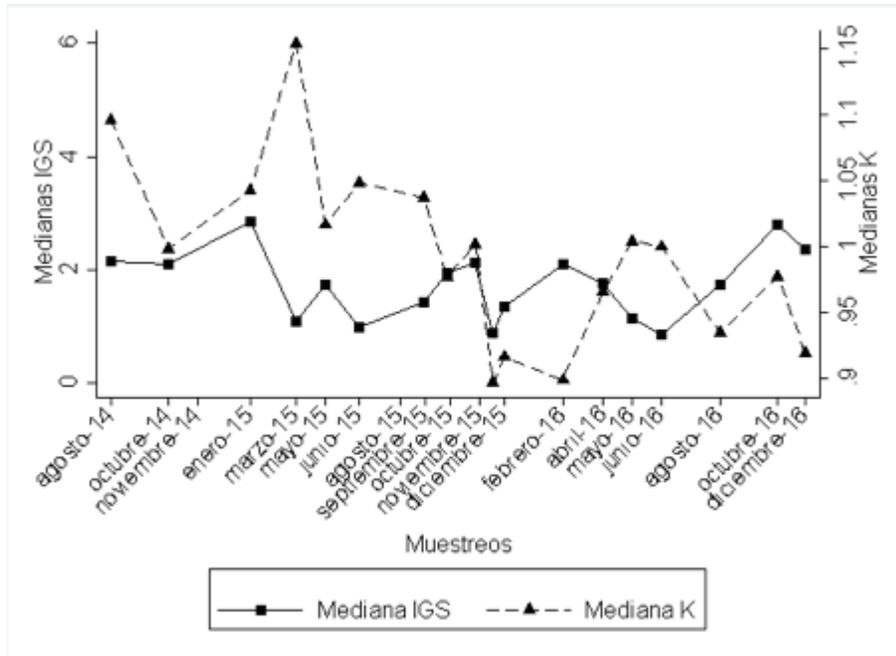


Figura 19. Variación mensual de los valores de IGS y K para hembras.

Al comparar *IHS* y *K* (figura 20) se observa que en los valores altos y bajos de la mediana hay coincidencia entre ambos índices; esto indica que hay una relación positiva entre los mismos.

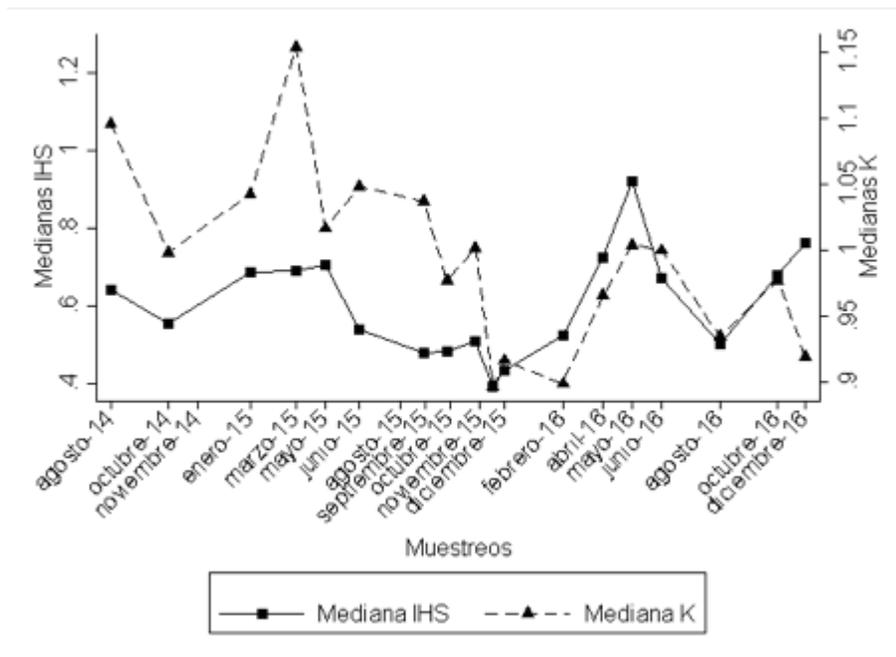


Figura 20. Variación mensual de los valores medianos de IHS y K para hembras.

Con el objetivo de verificar que tipo de relación existe entre los índices se realizó la siguiente tabla.

**Tabla 7. Correlación entre valores medianos de IGS, IHS y K para machos de *Haemulon flaviguttatum***

ÍNDICES MORFOFISIOLÓGICOS	IGS	IHS
	<i>r</i> ( <i>p</i> )	<i>r</i> ( <i>p</i> )
IHS	-0.1675 (0.0315)	
K	-0.1428 (0.0674)	0.3750 (0.0000)

Para la prueba de correlación entre los valores de la mediana de IGS e IHS (tabla 7), se obtuvo una *r* negativa y significativa, esto queda confirmado por lo visto en las gráficas (figuras 18, 19 y 20); lo cual está indicando una relación negativa.

En la prueba de correlación para los valores de IGS y K, se obtuvo una *r* negativa aunque no significativa; la *r* coincide con el comportamiento esperado ya que cuando el IGS es alto se espera que la condición baje por lo tanto se podría decir que existe una relación negativa.

En la última de las pruebas se comparó el IHS y K, donde se observó una *r* positiva significativa; la *r* obtenida coincide con el mostrado en la gráfica; por lo tanto los datos están sugiriendo una relación positiva entre ambos índices.

## ANMUCOVA

### Machos

En los resultados de la comparación entre peso medio de la gónada, hígado y peso eviscerado, los valores más altos se presentan en noviembre de 2014, octubre 2015 y 2016, coincidiendo con los valores más bajos de hígado exceptuando octubre 2015 siendo el mes de septiembre 2015 el menor, los valores más bajos de peso medio de la gónada se presentan diciembre 2015, junio 2016. (Figura 21)

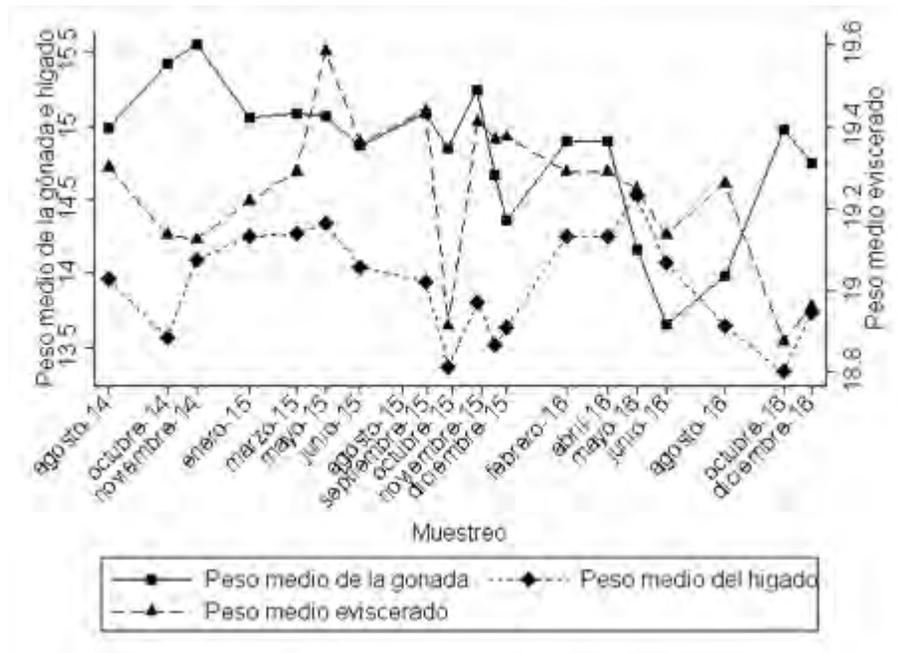


Figura 21. Variación mensual de los pesos medios de gónada, hígado y eviscerado para machos.

En la tabla 8 Se observan diferencias positivas de mes a mes, lo que indica una disminución de los valores de las medias de los pesos y se presentaron de diciembre 2015 a febrero 2016; mayo a junio 2016 en el peso medio de las gónadas. También se observaron diferencias negativas que indican aumento en las medias de los pesos y también fueron estadísticamente significativas: de junio a agosto 2015, de noviembre a diciembre 2015, de junio a agosto 2016 y octubre a diciembre 2016 en el peso medio de la gónada.

**Tabla 8. Valores de significancia de la variación mensual de los pesos medios de la gónada,**

<b>Mes</b>	<i>Gónada</i>	<i>p</i>	<i>Hígado</i>	<i>p</i>	<i>Eviscerado</i>	<i>p</i>
<b>agosto-octubre 14</b>	-2.209	0.479	2.655	0.259	-0.082	0.860
<b>octubre-noviembre14</b>	-2.740	0.727	2.444	0.666	-0.912	0.419
<b>noviembre 14-enero15</b>	-4.747	0.785	18.507	0.143	-0.305	0.903
<b>mayo-junio 15</b>	4.796	0.063	2.384	0.199	0.509	0.169
<b>junio-agosto 15</b>	-5.817	0.005*	-0.255	0.865	-0.508	0.091
<b>agosto-septiembre 15</b>	2.504	0.365	1.758	0.379	0.022	0.954
<b>septiembre-octubre 15</b>	-1.356	0.624	-0.911	0.649	0.317	0.425
<b>octubre-noviembre 15</b>	2.128	0.066	0.958	0.250	-0.144	0.382
<b>noviembre-diciembre 15</b>	-2.509	0.018*	0.640	0.400	0.340	0.025
<b>diciembre 15-febrero 16</b>	4.090	0.000*	-0.630	0.436	0.035	0.827
<b>febrero-abril 16</b>	-7.181	0.187	3.215	0.412	-1.576	0.045
<b>abril-mayo 16</b>	2.283	0.706	-5.309	0.226	0.913	0.295
<b>mayo-junio 16</b>	10.331	0.006*	2.621	0.330	0.451	0.399
<b>junio-agosto 16</b>	-9.824	0.007*	-1.154	0.658	0.055	0.914
<b>agosto-octubre 16</b>	3.321	0.243	-0.622	0.761	0.180	0.658
<b>octubre-diciembre16</b>	5.766	0.024*	1.380	0.450	0.173	0.633

Se realizaron gráficas (figura 22, 23 y 24), con la finalidad de comparar los resultados obtenidos, entre los valores de los índices morfo fisiológicos y los pesos medios.

En la comparación entre el peso medio de la gónada con los valores medianos de *IGS* ambos presentan un comportamiento similar: los valores más altos fueron en los meses de octubre de 2014, 2015, 2016 aunque en octubre 2014 cambia un poco los valores de ambos, los valores más bajos se presentan en diciembre 2015 y junio 2016 (Figura 22).

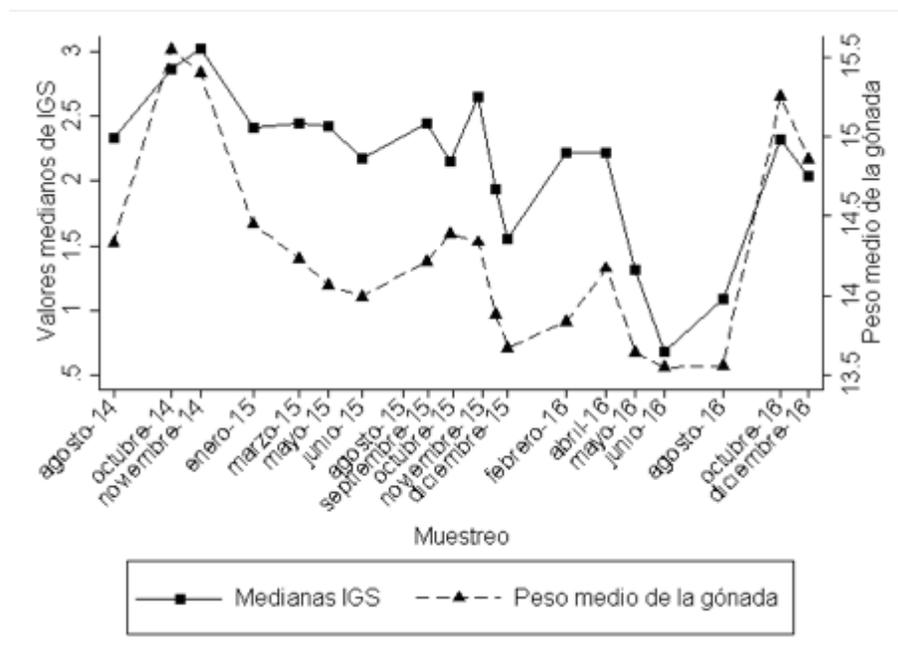


Figura 22. Comparación mensual de IGS y pesos medio de gónada en machos.

En la comparación entre el peso medio del hígado con los valores medianos de *IHS* al igual que en la anterior comparación se observa una similitud en los valores, siendo los más altos en los meses de mayo de 2014 y 2015, y los más bajos presentan similitud sólo en el mes de octubre de 2014, los otros valores más bajos aunque no coinciden se presentan en meses cercanos (figura 23)

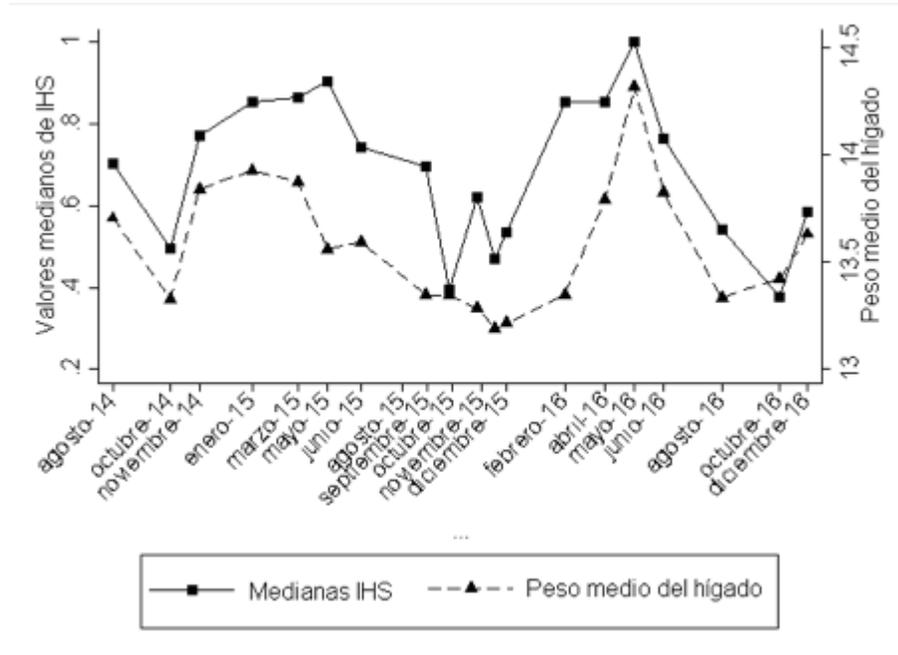


Figura 23. Comparación mensual de IHS y pesos medio de hígado para machos.

Por último, en la comparación entre el peso medio eviscerado con los valores medianos de  $K$ , se observaron valores distintos, ya que los máximos y mínimos no coinciden en todos los meses, aunque en algunos muestreos se llega a observar una tendencia entre estos valores como son los meses de agosto 15, septiembre 15, octubre 15 por mencionar algunos (Figura 24).

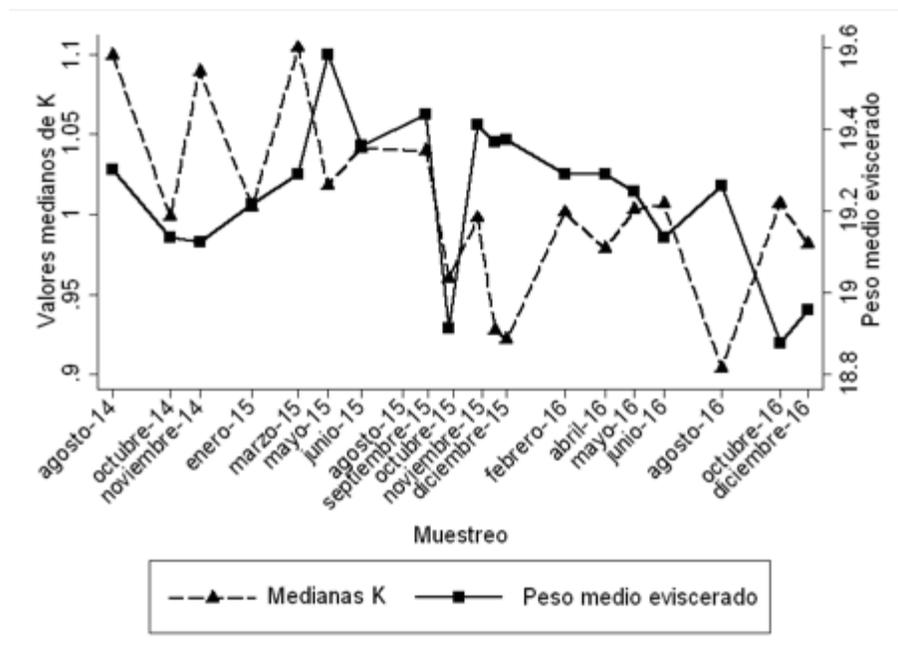


Figura 24. Comparación mensual de K y pesos medio eviscerado de machos.

En la Tabla 9 se muestra el valor de correlación entre los valores medianos de los índices morfofisiológicos y las medias de los pesos ajustadas para machos, observándose una alta correlación positiva entre estos; entre *K* y el peso eviscerado la variación conjunta (correlación) fue baja pero significativa como se mencionó en la gráfica comparativa (figura 24).

**Tabla 9. Correlación entre valores medianos de *IGS*, *IHS* y *K* y los pesos medios de la gónada, hígado y eviscerado para machos.**

Índices-ANMUCOVA	<i>IGS</i>	<i>IHS</i>	<i>K</i>
	<i>r</i> ( <i>p</i> )	<i>r</i> ( <i>p</i> )	<i>r</i> ( <i>p</i> )
Peso medio de la gónada	0.7641 (0.0000)		
Peso medio del hígado		0.6768 (0.0000)	
Peso medio eviscerado			0.0479 (0.0000)

## Hembras.

Se realizaron las gráficas comparativas para los pesos medios de la gónada, del hígado y el eviscerado, y se observó que el valor más alto para el peso medio de la gónada se registró en enero 2015, octubre 2015 y octubre 2016, los valores bajos se presentaron en los meses de junio 2015, diciembre 2015 y junio 2016. Para el peso medio del hígado, los valores altos se observaron en los meses mayo 2015 y mayo 2016 y los valores bajos en octubre 2014, octubre 2015, febrero 2016 y diciembre 2016. Los valores altos del peso medio eviscerado fueron en mayo 2015 y 2016; los valores bajos de observan en los meses de octubre 2014, noviembre 2015 y agosto de 2016 (Figura 25).

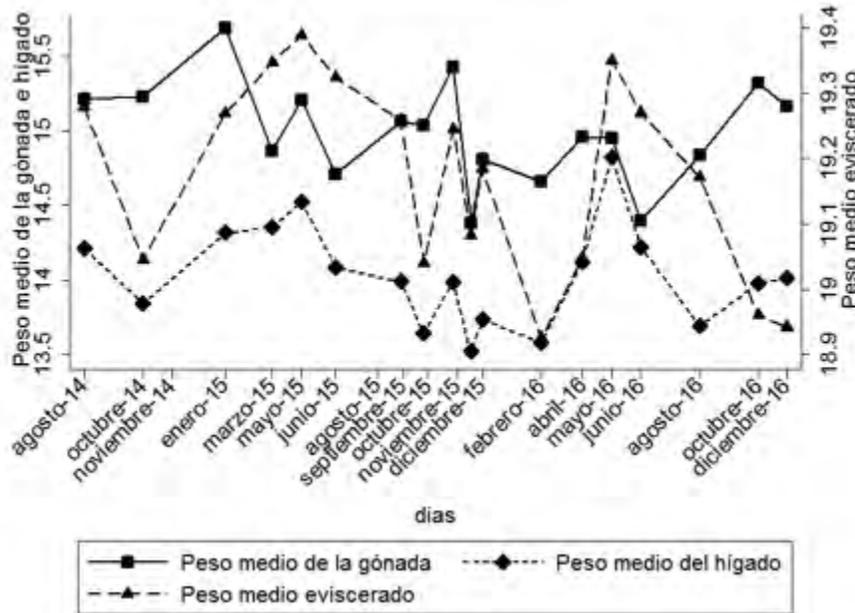


Figura 25. Variación mensual de los Pesos medio de gónada, hígado y eviscerado para hembras.

En la Tabla 10 se muestran las comparaciones de las medias ajustadas mensuales consecutivas de los pesos, en donde la mayoría de las variaciones no fueron significativas. Se observó sólo un caso en donde las diferencias fueron positivas lo que está indicando una disminución de los valores de las medias de los pesos, esta diferencia fue estadísticamente significativa, en los meses de agosto a octubre 2016. Se observaron diferencias negativas que indican aumento en las medias de los pesos y estadísticamente significativas de junio a agosto 2015 en el peso medio de la gónada, y de junio a agosto 2016; y por último, el peso medio eviscerado en octubre a diciembre de 2016.

**Tabla 10. Valores de significancia de la variación mensual de los pesos medios de la gónada, hígado y peso eviscerado para hembras.**

<b>Mes</b>	<i>Gónada</i>	<i>p</i>	<i>Hígado</i>	<i>p</i>	<i>Eviscerado</i>	<i>P</i>
<b>ago-oct 14</b>	-0.655	0.836	2.220	0.327	0.841	0.093
<b>oct 14-ene 15</b>	-1.011	0.899	1.122	0.843	0.795	0.525
<b>ene-mar 15</b>	0.300	0.969	-2.003	0.772	-1.194	0.337
<b>mar-may 15</b>	0.083	0.979	-0.183	0.937	0.021	0.966
<b>may-jun 15</b>	3.270	0.156	-0.143	0.930	0.421	0.243
<b>jun-ago 15</b>	-6.441	0.000*	-0.996	0.434	-0.311	0.268
<b>ago-sep 15</b>	0.691	0.669	0.322	0.779	0.317	0.213
<b>sep-oct 15</b>	0.378	0.872	-0.111	0.947	-0.091	0.805
<b>oct-nov 15</b>	-0.525	0.881	-0.312	0.900	0.202	0.714
<b>nov-dic 15</b>	3.739	0.512	3.544	0.381	-0.238	0.789
<b>dic 15-feb 16</b>	2.485	0.618	-1.334	0.706	0.291	0.709
<b>feb-abr 16</b>	-5.953	0.164	0.132	0.965	-0.781	0.243
<b>abr-may 16</b>	2.304	0.656	-5.086	0.168	0.483	0.551
<b>may-jun 16</b>	1.972	0.554	2.872	0.226	0.114	0.826
<b>jun-ago 16</b>	-7.524	0.000*	1.444	0.313	-0.267	0.396
<b>ago-oct 16</b>	5.128	0.001*	-0.332	0.771	0.045	0.855
<b>oct-dic 16</b>	-1.948	0.117	-0.371	0.673	0.507	0.009*

Al comparar los pesos medios con valores medianos de los índices correspondientes se observó lo siguiente:

El peso medio de la gónada con valores medianos de *IGS*, presentaron valores altos en enero 2015, diciembre 2015, febrero 2016 y octubre 2015; los valores bajos para ambos se presentaron en junio 2015, diciembre 2015 y junio 2016. (Figura 26)

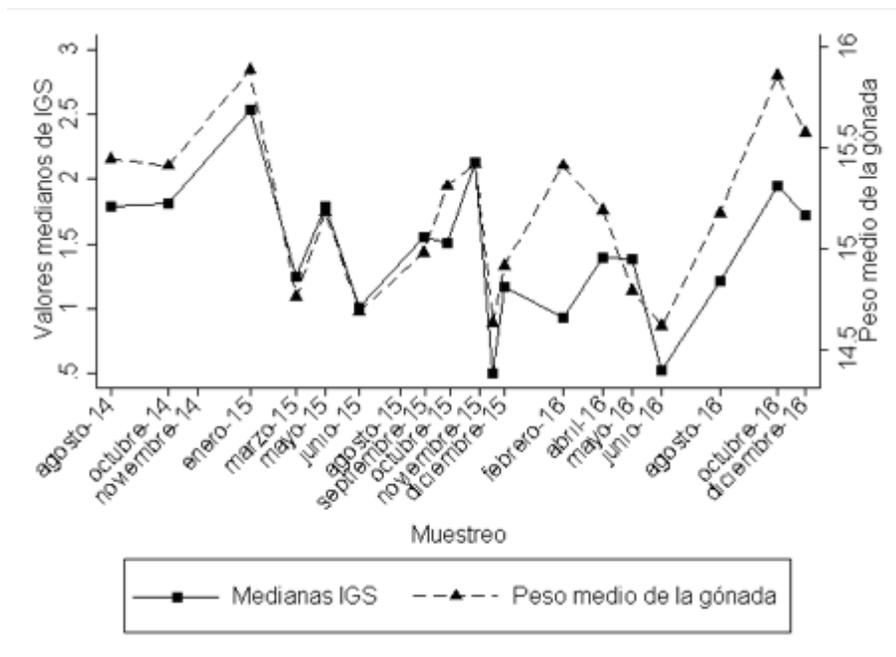


Figura 26. Comparación mensual de IGS y pesos medio de gónada para hembras.

Al comparar, el peso medio del hígado con valores medianos de *IHS*; se observó que los valores altos se registran en mayo 2015 y 2016; los valores bajos se presentan en los meses de noviembre 2015 y agosto de 2016 (Figura 27).

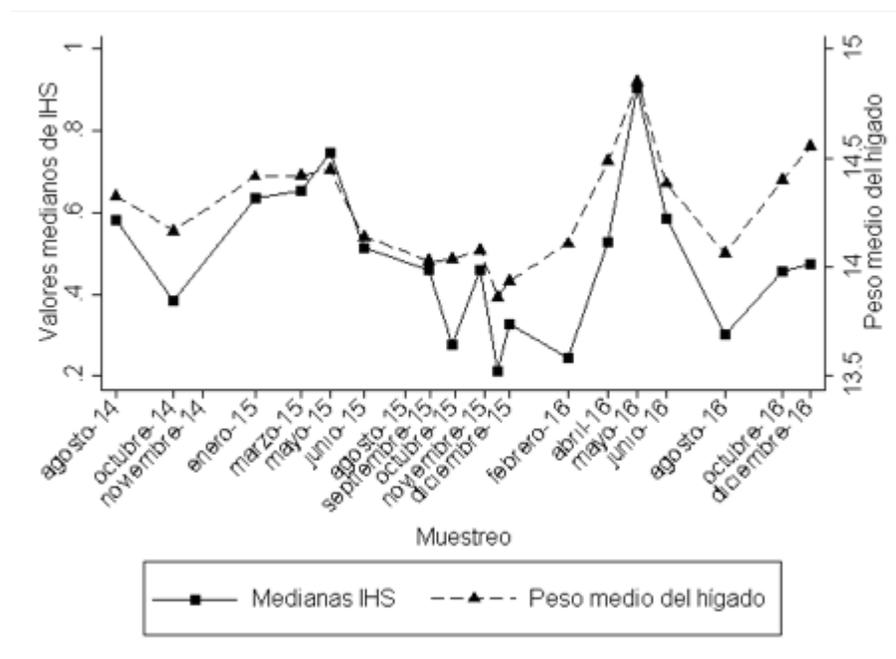


Figura 27. Comparación mensual de *IHS* y pesos medio de hígado para hembras.

Por último, entre el peso medio eviscerado con valores medianos de  $K$ , se registraron dos valores altos en mayo 2015 y junio 2016; el peso medio eviscerado registró valores altos en los meses de marzo 2015, mayo 2016. En la gráfica se observa que el comportamiento de los datos es similar (figura 28).

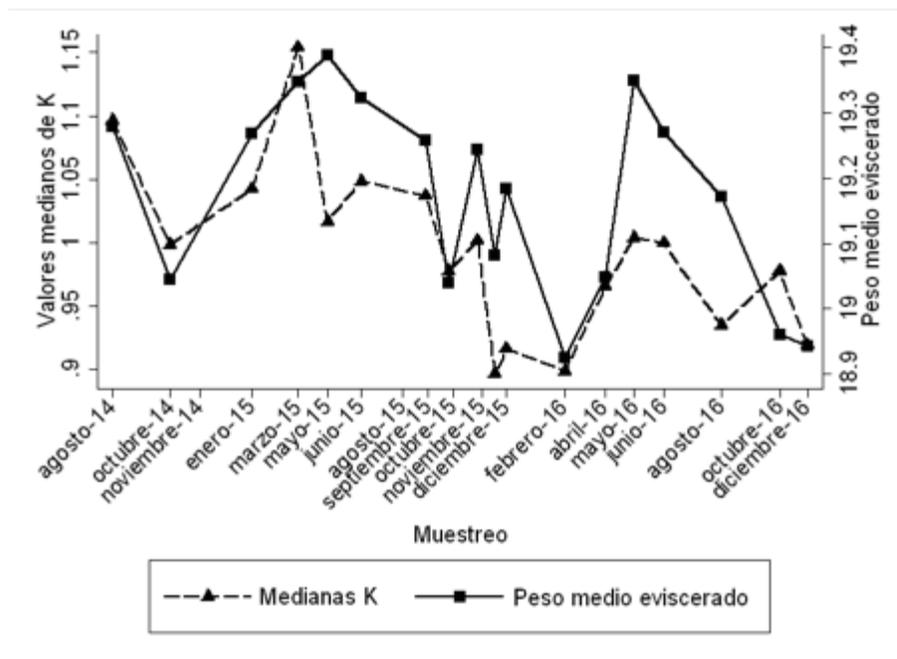


Figura 28. Comparación mensual de  $k$  y pesos medio de eviscerado en hembras.

En las hembras la correlación entre los métodos fue positiva y ligeramente más baja que en los machos, en donde  $IGS$  y el peso del hígado presentaron un menor grado de variación conjunta (Tabla 11).

Tabla 11. Correlación entre valores medianos de $IGS$ , $IHS$ y $K$ y los pesos medios de la gónada, hígado y peso eviscerado en hembras.			
Índices-ANMUCOVA	$IGS$	$IHS$	$K$
	$r(p)$	$r(p)$	$r(p)$
Peso medio de la gónada	0.7600 (0.0000)		
Peso medio del hígado		0.6497 (0.0000)	
Peso medio eviscerado			0.3767 (0.0000)

## Edad y crecimiento.

### Relación longitud patrón-radio del otolito.

Los resultados indican que existe una relación lineal y significativa entre estas dos variables con un coeficiente de determinación ( $r^2$ ) de 0.56 con una significancia ( $P$ ) < de 0.001. Se comprueba que el crecimiento por individuo es directamente proporcional al de sus otolitos (Tabla 12, Figura 29). Con esto se valida el uso de los otolitos para la determinación de la edad en el ronco.

**Tabla 12. 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 = 248 F( 2, 192) = 249.39		
<b>Modelo</b>	1283.470	1	1283.470	Probabilidad > F = 0.0000		
<b>Residuos</b>	1266.49	246	5.146	R-cuadrada = 0.5668		
<b>Total</b>	2549.52	247	10.321	R-cuadrada ajustada = 0.5967		
				Error de estimación = 2.2686		
Longitud patrón	Coeficiente	Error estándar	t	P> t	[Intervalo de confianza 95%]	
<b>Radio otolito</b>	4.122	0.261	15.79	0.000	3.607	4.636
<b>Constante</b>	2.279	1.181	1.93	0.055	-0.048	4.606

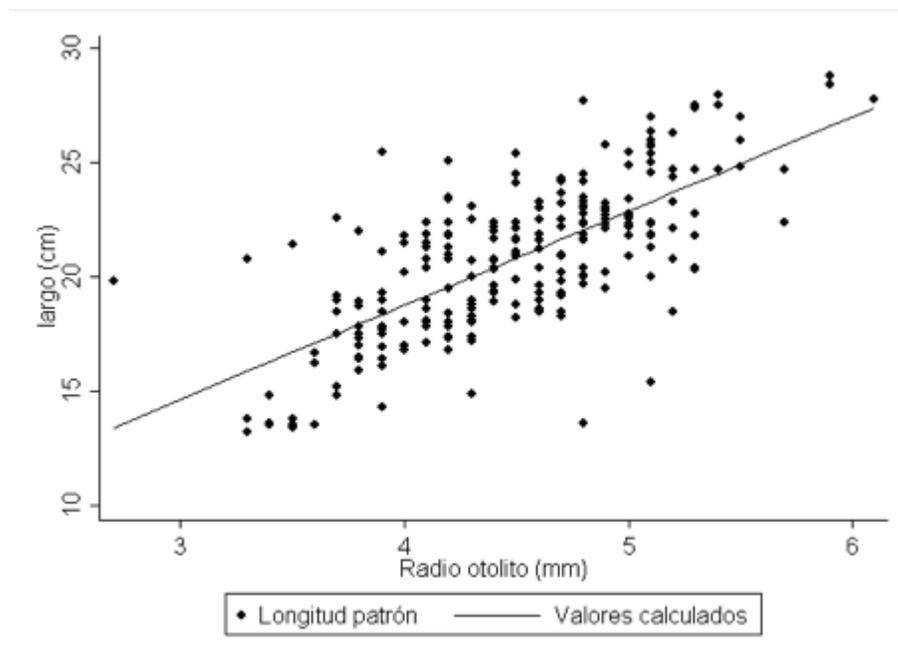


Figura 29. Relación entre longitud patrón del pez y radio del otolito.

## Validación de la periodicidad de las marcas.

Los valores menores en la razón de incremento marginal, se dan en los meses de marzo de 2015 se presentan los valores más bajos y para 2016 el valor más bajo se dio en el mes de abril además de un valor bajo para el mes de diciembre, esto sugiere que se forma un anillo en los primeros meses del año.

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 30) los valores más bajos se dan a principios de año (marzo 2015, abril 2016) lo cual concuerda con valores bajos de la temperatura superficial promedio (Geoportal de UNINMAR).

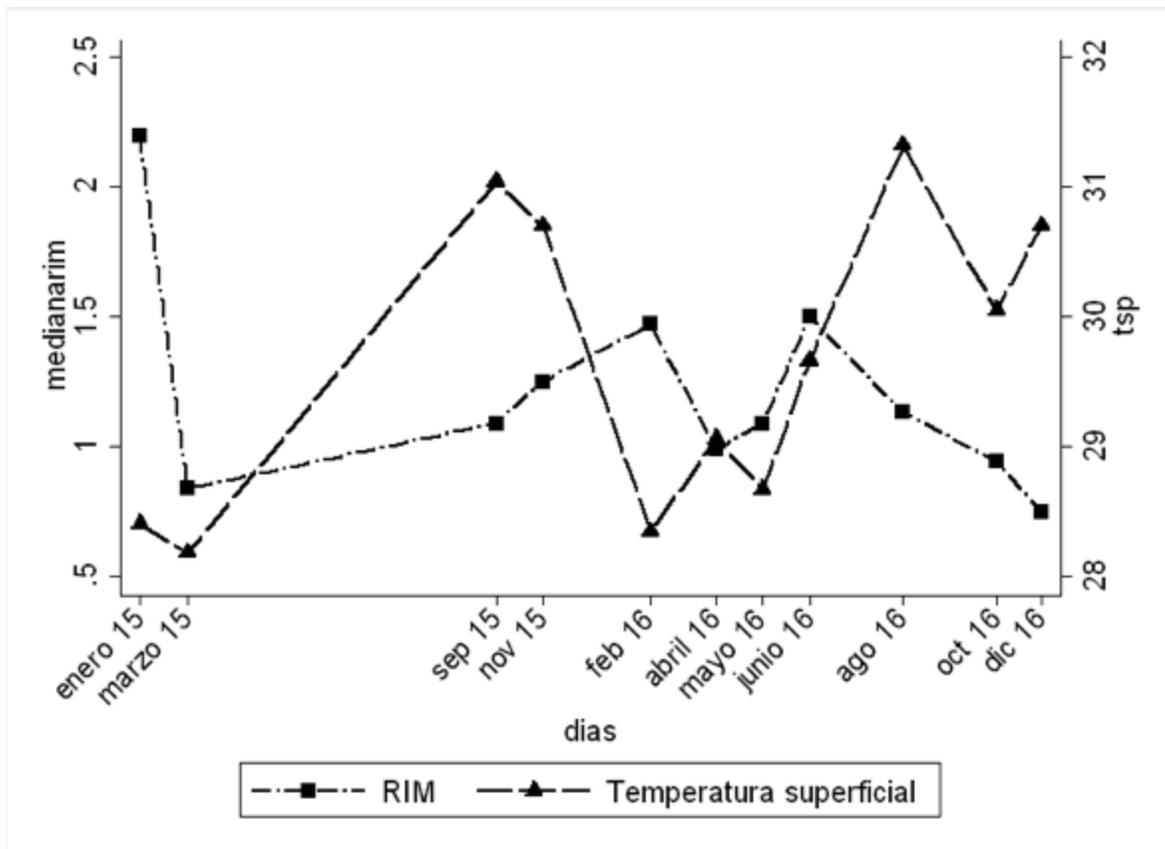


Figura 30. Gráfica de las medianas de la razón del incremento marginal (RIM) y la temperatura superficial promedio.

De las tallas registradas que van de 13.2 a 28.8 cm de *Lp* en *H. flaviguttatum*, se identificaron los anillos de crecimiento en los otolitos, con los cuales se estimó la edad; al realizar el conteo de anillos se registraron 5 anillos; la tallas medias entre cada anillo para la muestra fue de: 15.2, 17.29, 20.32, 21.53, 23.0 cm de *Lp*. La mayoría de los organismos registrados se concentran entre los anillos 3 (32%) y 4 (40%) lo cual corrobora que el enfoque de la pesca en esta zona se lleva a cabo para los especímenes de tamaños medios.

## Modelación del crecimiento.

### Estimación de los 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 13. Esta ponderación mejora sustancialmente el ajuste en contraste con una regresión no lineal sin ponderación.

Con los parámetros de crecimiento estimados se obtuvo la curva de crecimiento para la población (Figura 31), donde se indica también la curva ajustada.

Tabla 13. Parámetros calculados por la función no lineal de crecimiento de von Bertalanffy para el total de datos.

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	cuadrados medios	Número de observaciones = 227 F( 3, 224) = 7909.09 Probabilidad > F = 0.0000 R-cuadrada = 0.9906 R-cuadrada ajustada = 0.9905 Error de estimación = 2.055 Desviación residual = 968.323		
Modelo	100262.94	3	33420.981			
Residuos	946.543	224	4.225			
Total	101209.48	227	445.856			
Longitud patrón	Coeficiente	Error estándar	T	P> t	[Intervalo de confianza 95%]	
$L_{\infty}$	32.719	6.462	5.06	0.000	19.984	45.454
K	0.174	0.090	1.93	0.055	-.003	.352
$t_0$	-25583	0.993	-2.57	0.011	-4.516	-.599

(Errores estándares de  $P$ , intervalos de confianza y correlaciones son aproximaciones asintóticas)

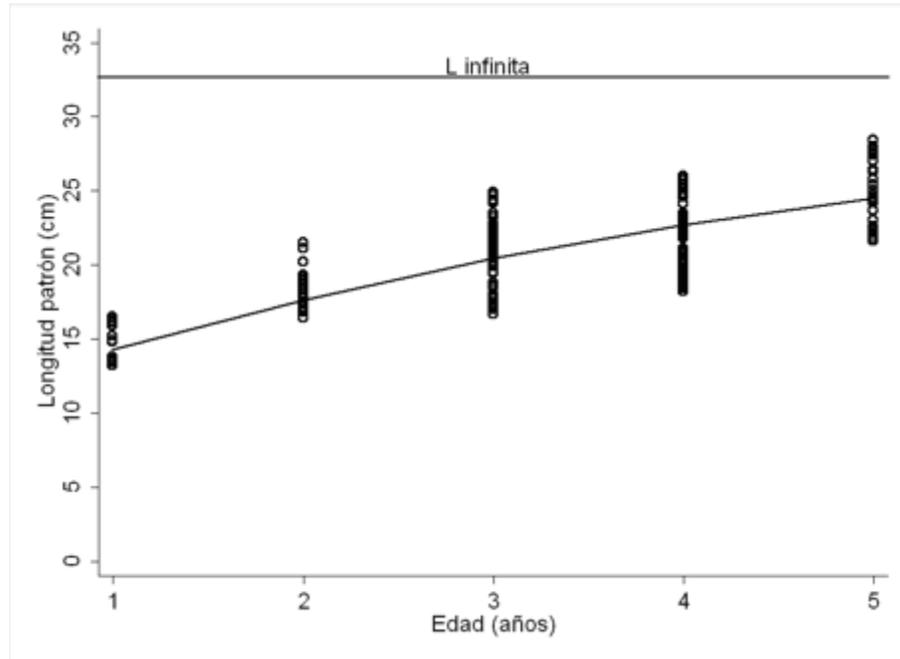


Figura 31. Función de crecimiento de von Bertalanffy estimada por regresión no lineal ponderada para el total de los datos.

También se hicieron ajustes para cada sexo: para los machos los estimadores se presentan en la Tabla 14 y la curva de crecimiento en la Figura 32.

Tabla 14. Parámetros calculados por la función no lineal de crecimiento de von Bertalanffy para machos

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	cuadrados medios	Número de observaciones = 108 F( 2, 201) = 4370.93 Probabilidad > F = 0.000 R-cuadrada = 0.992		
Modelo	46483.297	3	15494.432	R-cuadrada ajustada = 0.991		
Residuos	372.212	105	3.544	Error de estimación = 1.882		
Total	46855.509	108	433.847	Desviación residual = 440.122		
Longitud patrón	Coefficiente	Error estándar	T	P> t	[Intervalo de confianza 95%]	
$L_{\infty}$	32.646	6.746	4.84	0.000	19.268	46.024
K	0.204	0.108	1.89	-0.062	-0.010	0.419
$t_0$	-1.812	.826	-2.19	0.030	-3.450	-.666

(Errores estándares de  $P$ , intervalos de confianza y correlaciones son aproximaciones asintóticas)

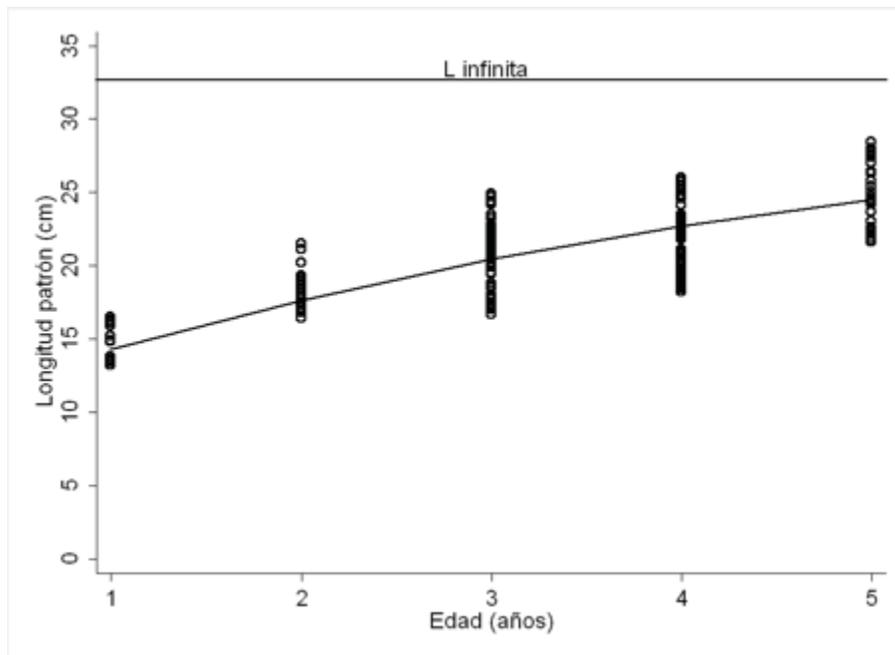


Figura 32. Función de crecimiento de von Bertalanffy estimada por regresión no lineal ponderada para machos.

Para las hembras los estimadores se presentan en la Tabla 15 y la curva de crecimiento en la Figura 33.

Tabla 15. Parámetros calculados por la función no lineal de crecimiento de von Bertalanffy para hembras.

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	cuadrados medios	Número de observaciones = 139 F( 3, 136) = 4336.26 Probabilidad > F = 0.000 R-cuadrada = 0.989		
Modelo	58796.888	3	19.598	R-cuadrada ajustada = 0.989		
Residuos	614.690	136	4.519	Error de estimación = 2.125		
Total	59111.579	139	427.421	Desviación residual = 601.108		
Longitud patrón	Coficiente	Error estándar	t	P> t	[Intervalo de confianza 95%]	
$L_{\infty}$	34.143	10.319	3.31	0.001	13.737	54.552
K	0.151	0.109	1.39	0.167	-0.064	0.367
$t_0$	-2.806	1.323	-1.12	0.036	-5.424	-0.188

(Errores estándares de  $P$ , intervalos de confianza y correlaciones son aproximaciones asintóticas)

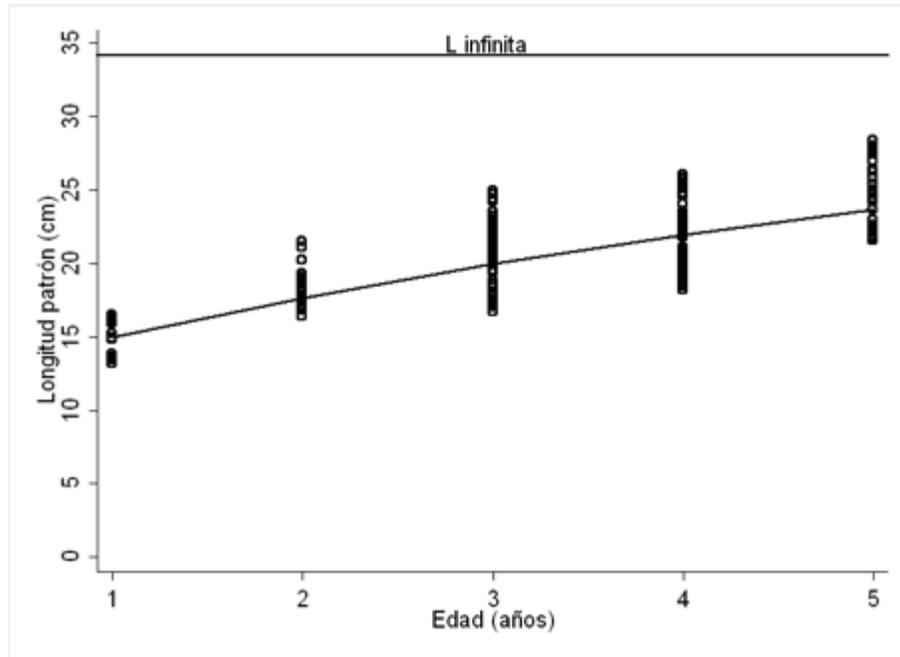


Figura 33. Función de crecimiento de von Bertalanffy estimada por regresión no lineal ponderada para la Hembras.

Por último se realizó un gráfico (figura 34) 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).

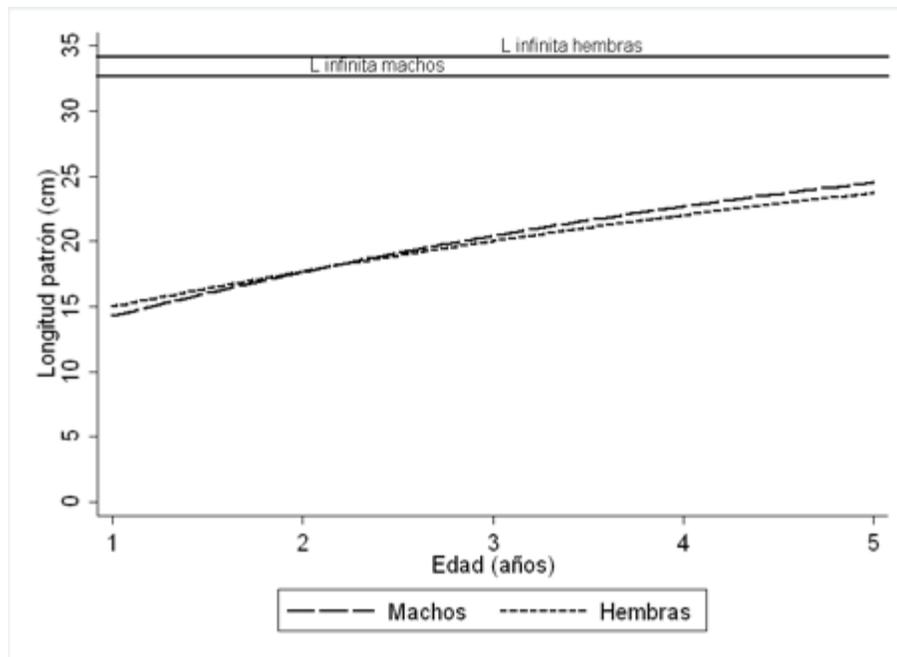


Figura 34. Comparación de la función de crecimiento de von Bertalanffy estimada por regresión no lineal ponderada entre machos y hembras.

**Tabla 16. 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	
80.616	-0.954	-9.726	0.289	18.341	0.497
	0.011	0.118		2091.479	-53.190
		1.298			9.343
[-1.498 - 0.052 0.993] = [P1 - P2]'					
$T^2 = 289.473$ $T^2_{0.01; 3,203} = 1.015$ $F_{0.01; 3,203} = 3.879$					
				<i>F crítica</i>	
<b>-5.826</b>	<= L_inf1 - L_inf2 <=	<b>2.828</b>		0.465	
<b>0.000</b>	<= K1 - K2 <=	<b>0.105</b>		3.879	
<b>0.823</b>	<= t_o1 - t_o2 <=	<b>1.543</b>		12.697	

Los resultados de la prueba de  $T^2$  Hotelling se presentan en la Tabla 16, en la cual se aprecia el rechazo de la Hipótesis nula de igualdad en los vectores de estimadores de

los parámetros:  $T^2$  calculada (289.473)  $\gg T^2$  de Tablas con alfa de 0.1 (3.879). Los intervalos de confianza de Roy-Bose para la diferencia de estimadores indican diferencia significativa en los tres estimadores, con  $L_\infty$  de hembras mayor a la de machos y presentando valores menores a los de machos en  $k$  y  $t_0$ . Los valores críticos de  $F$  señalan a los parámetros de  $t_0$  como el parámetro con mayor influencia en la diferencia, seguido del parámetro de curvatura y por último el valor de  $L_\infty$ .

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

### Estimación de los parámetros de Gompertz mediante método de 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 para la obtención de los parámetros correspondientes para el modelo de Gompertz.

A partir de las rutinas computarizadas incluidas en el paquete Stata (Stata Corp, 2013) para ajuste por regresión no lineal del modelo de Gompertz se obtuvieron estimaciones de los parámetros de crecimiento para el total de los datos (Tabla 17); a partir de este ajuste se obtuvo la curva de crecimiento (Figura 35). Se observó que la  $L_{\infty}$  (30.19) es menor en comparación con el método de von Bertalanffy.

Tabla 17. Parámetros calculados por la función no lineal de crecimiento de Gompertz para el total de los datos.

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	cuadrados medios	Número de observaciones = 227 F( 2, 201) = 7877.67 Probabilidad > F = 0.0000 R-cuadrada = 0.990 R-cuadrada ajustada = 0.990 Error de estimación = 2.059 Desviación residual = 969.219		
Modelo	100259.20	3	33419.735			
Residuos	950.283	224	4.242			
Total	101209.48	227	445.856			
Longitud patrón	Coeficiente	Error estándar	t	P> t	[Intervalo de confianza 95%]	
$L_{\infty}$	30.192	4.070	7.42	0.000	22.171	38.213
K	0.272	0.093	2.91	0.004	0.087	0.546
$t_0$	-0.397	0.256	-1.55	0.123	0.903	0.108

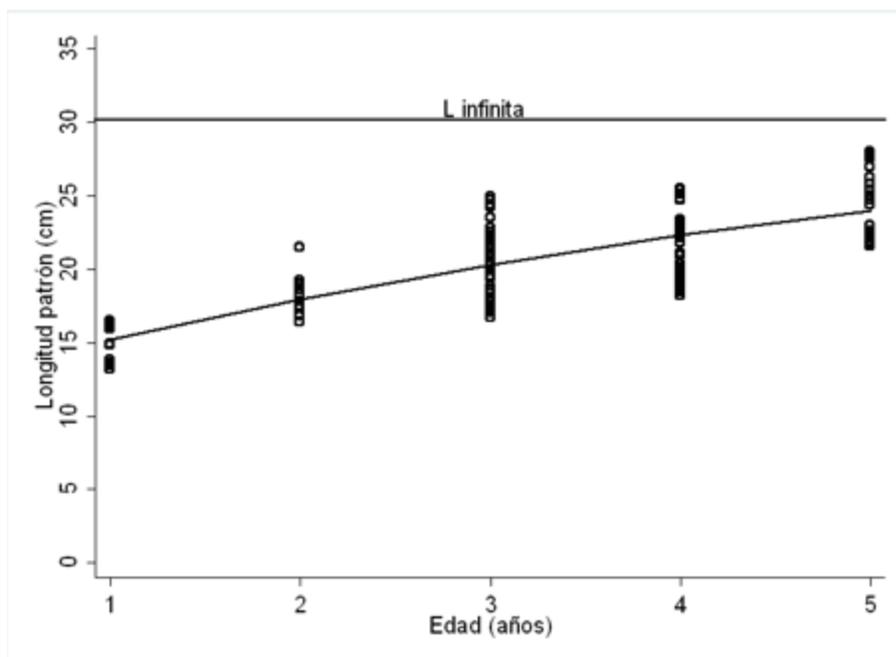


Figura 35. Función de crecimiento de Gompertz estimada por regresión no lineal ponderada para el total de los datos de *H. flaviguttatum*.

A partir de la aplicación del modelo de Gompertz para obtener los parámetros de crecimiento para machos (Tabla 18), se obtuvo la curva de crecimiento (Figura 36). Se puede ver que al igual que en los parámetros calculados de población se subestima la  $L_{\infty}$  (29.90).

Tabla 18. Parámetros calculados por la función no lineal de crecimiento de Gompertz para machos.

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	cuadrados medios	Número de observaciones = 108 F( 2, 201) = 4333.40 Probabilidad > F = 0.0000 R-cuadrada = 0.992 R-cuadrada ajustada = 0.991 Error de estimación = 1.890 Desviación residual = 441.046		
Modelo	46480.099	3	15493.366			
Residuos	375.410	105	83.575			
Total	46855.509	108	433.847			
Longitud patrón	Coefficiente	Error estándar	T	P> t	[Intervalo de confianza 95%]	
$L_{\infty}$	29.908	4.105	7.28	0.000	21.768	38.049
K	0.325	0.113	2.88	0.005	0.101	0.549
$t_0$	-0.045	0.248	0.18	0.856	-0.447	0.537

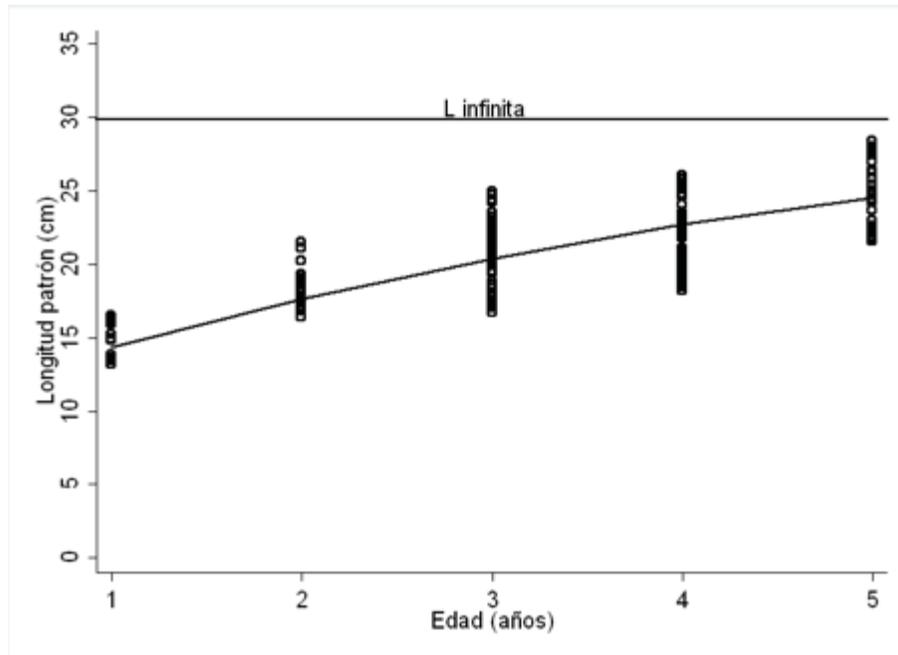


Figura 36. Función de crecimiento de Gompertz estimada por regresión no lineal ponderada para machos.

Al realizar el modelo de Gompertz con la finalidad de obtener los parámetros de crecimiento para Hembras (Tabla 19) se obtuvo la curva de crecimiento (Figura 37). Donde se observa que al igual que en los parámetros calculados para el total de los datos se subestima la  $L_{\infty}$  (30.73) los cálculos obtenidos por este modelo fueron menores a los obtenidos con la *FCVB*.

Tabla 19. Parámetros calculados por la función no lineal de crecimiento de Gompertz para hembras.

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	cuadrados medios	Número de observaciones = 139 F( 3, 136) = 4321.64 Probabilidad > F = 0.0000 R-cuadrada = 0.989 R-cuadrada ajustada = 0.989 Error de estimación = 2.129 Desviación residual = 601.573		
Modelo	58794.831	3	19598.277			
Residuos	616.748	136	4.534			
Total	59411.579	139	427.421			
Longitud patrón	Coficiente	Error estándar	t	P> t	[Intervalo de confianza 95%]	
$L_{\infty}$	30.736	5.852	5.25	0.000	19.162	42.311
K	0.252	0.111	2.26	0.026	0.031	0.474
$t_0$	-0.329	0.445	-0.74	0.461	-1.210	0.551

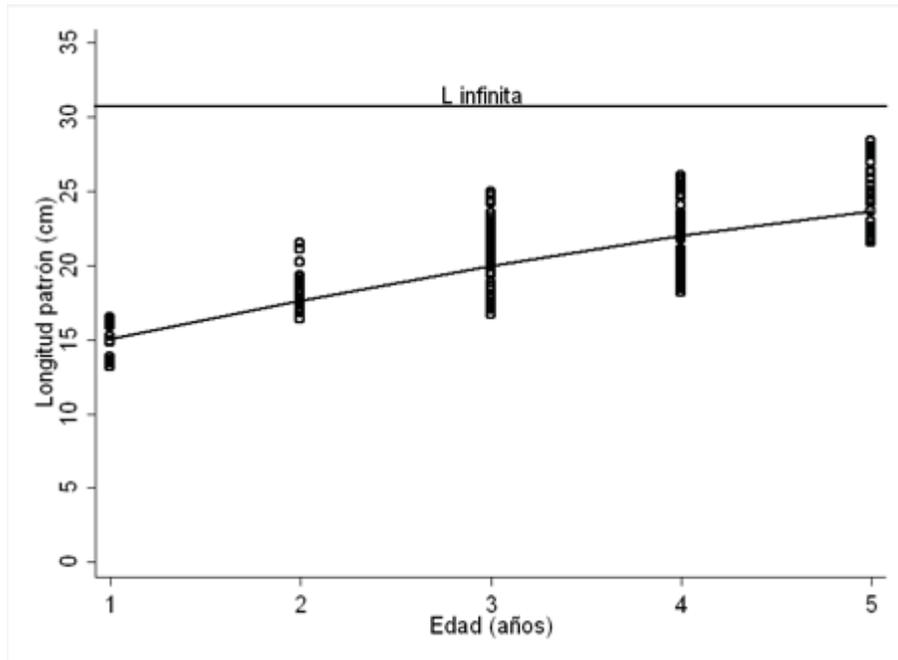


Figura 37. Función de crecimiento de Gompertz estimada por regresión no lineal ponderada para hembras.

Se realizó un gráfico (figura 38) 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 Gompertz de dos poblaciones (Bernard, 1981) utilizando las rutinas computarizadas de Salgado-Ugarte *et al.* (2005).

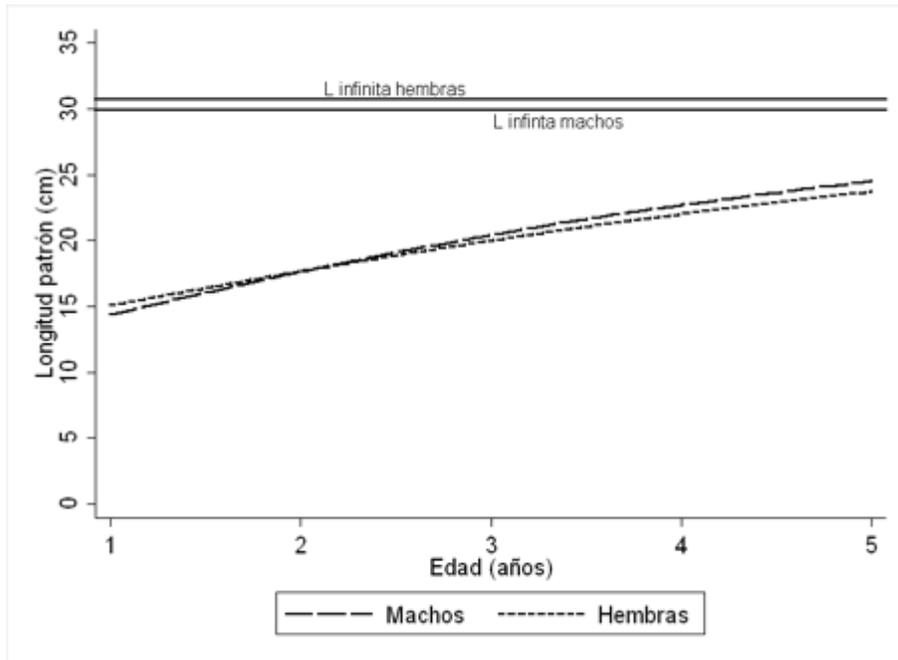


Figura 38. Comparación de la función de crecimiento de von Bertalanffy estimada por regresión no lineal ponderada entre machos y hembras.

**Tabla 20. 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		
26.871	-0.556	1.541	2.820	102.690	-10.817
	0.012	-0.027		2876.038	-336.766
		0.140			53.889
[-1.8281 - 0.028 0.3750] = [P1 - P2]'					
$T^2 = 220.684$ $T^2_{0.01: 3,203} = 1.015$ $F_{0.01: 3,203} = 3.879$					
				<i>F crítica</i>	
-3.326	<= L_inf1 - L_inf2 <=	1.670		0.426	
0.018	<= K1 - K2 <=	0.127		6.988	
0.194	<= t_o1 - t_o2 <=	0.555		16.714	

Los resultados de la prueba de  $T^2$  Hotelling se presentan en la Tabla 20, en la cual se rechazó la Hipótesis nula de igualdad en los vectores de estimadores de los parámetros:  $T^2$  calculada (220.684)  $\gg T^2$  de Tablas con alfa de 0.1 (3.879). Los intervalos de confianza de Roy-Bose para la diferencia de estimadores indican diferencia significativa en los tres estimadores, con  $L_\infty$  de hembras mayor a la de machos y presentando valores menores a los de machos en  $k$  y  $t_0$  presentándose de igual manera que en FCBV. Los valores críticos de  $F$  señalan a los parámetros de  $t_0$  como el parámetro con mayor influencia en la diferencia, seguido del parámetro de curvatura y por último el valor de  $L_\infty$ .

## Estimación de los parámetros del modelo Logístico mediante método de regresión no lineal ponderada.

Para el modelo logístico por regresión lineal sólo se obtuvieron los parámetros para el crecimiento de los machos (Tabla 21) con los cuales se graficó la curva de crecimiento (Figura 39). Este modelo no se ajustó a la población ni a las hembras, para los machos podemos ver que el valor de  $L_{\infty}$  (28.89) se subestima en comparación con los anteriores, pero el coeficiente de determinación es alto ( $r^2=0.99$ ) y la regresión es significativa ( $P < 0.000$ ).

Tabla 21. Parámetros calculados por la función no lineal de crecimiento logístico para todos los datos.

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	cuadrados medios	Número de observaciones = 227 F( 3, 224) = 7846.93 Probabilidad > F = 0.0000 R-cuadrada = 0.9906 R-cuadrada ajustada = 0.9904 Error de estimación = 2.063 Desviación residual = 970.098		
Modelo	100255.51	3	33418.505			
Residuos	953.971	224	4.258			
Total	101209.48	227	445.856			
Longitud patrón	Coeficiente	Error estándar	t	P> t	[Intervalo de confianza 95%]	
$L_{\infty}$	28.897	3.107	9.30	0.000	22.774	35.020
K	0.366	0.097	3.77	0.000	0.174	0.558
$t_0$	.662	0.463	1.43	0.154	-0.250	1.576

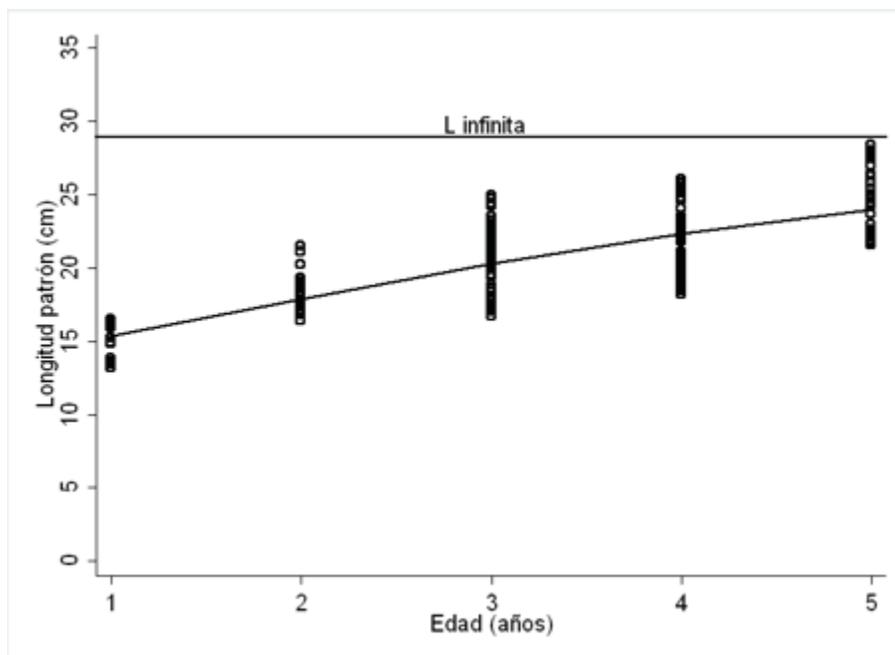


Figura 39. Función de crecimiento de logístico estimada por regresión no lineal ponderada para el total de los datos.

Mediante la aplicación del modelo Logístico para obtener los parámetros de crecimiento en machos (Tabla 22) se obtuvo la curva de crecimiento (Figura 40). Se puede ver que al igual que en los parámetros calculados para el total de los datos se subestima la  $L_{\infty}$  (28.56).

Tabla 22. Parámetros calculados por la función no lineal de crecimiento de logístico para machos.

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	cuadrados medios	Número de observaciones = 108 F( 3, 108) = 4295.77 Probabilidad > F = 0.0000 R-cuadrada = 0.991 R-cuadrada ajustada = 0.991 Error de estimación = 1.899 Desviación residual = 441.981 P> t  [Intervalo de confianza 95%]		
Modelo	46476.837	3	15492.279			
Residuos	378.672	105	3.606			
Total	46855.509	108	433.847			
Longitud patrón	Coficiente	Error estándar	t	P> t	[Intervalo de confianza 95%]	
$L_{\infty}$	28.569	3.095	9.23	0.000	22.430	34.707
K	0.442	0.118	3.73	0.000	0.207	0.677
$t_0$	0.935	0.412	2.27	0.026	0.116	1.754

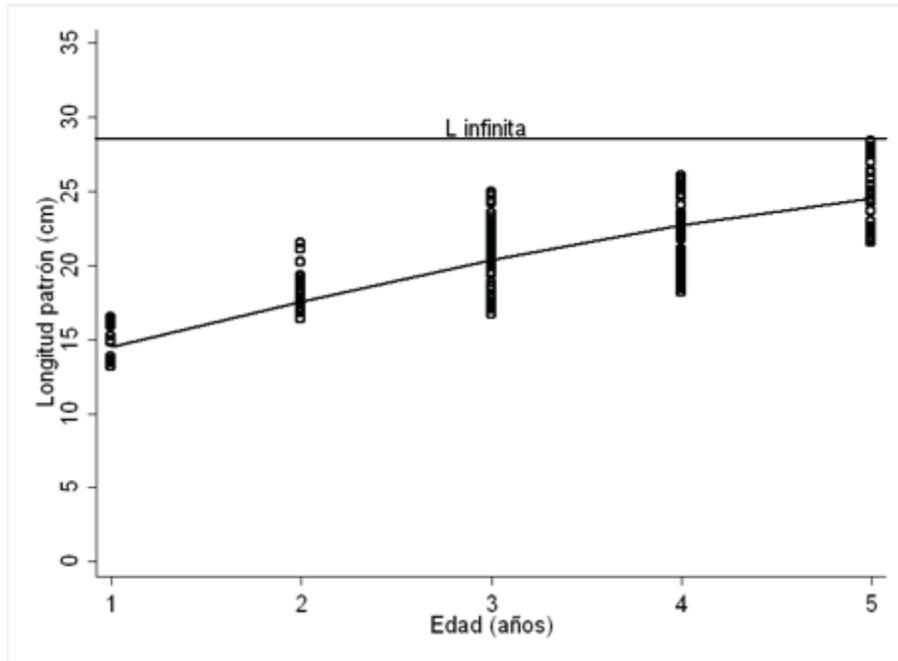


Figura 40. Función de crecimiento de logístico estimada por regresión no lineal ponderada para machos.

Se realizó el modelo Logístico con el fin obtener los parámetros de crecimiento para las Hembras (Tabla 23) y se obtuvo la curva de crecimiento (Figura 41). En esta se observa que los parámetros calculados para hembras fueron los mas bajos para los tres modelos  $L_{\infty}$  (29.05) los cálculos obtenidos de este modelo fueron los menores en comparación a *FCVB* y Gompertz.

Tabla 23. Parámetros calculados por la función no lineal de crecimiento logístico para hembras.

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	cuadrados medios	Número de observaciones = 139 F( 3, 139) = 4307.26 Probabilidad > F = 0.000 R-cuadrada = 0.989 R-cuadrada ajustada = 0.989 Error de estimación = 2.133 Desviación residual = 602.031 P> t  [Intervalo de confianza 95%]		
Modelo	58792.792	3	19597.597			
Residuos	618.786	136	4.549			
Total	59411.579	139	427.421			
Longitud patrón	Coeficiente	Error estándar	t			
$L_{\infty}$	29.054	4.194	6.93	0.000	20.758	37.349
K	0.352	0.115	3.05	0.003	0.124	0.581
$t_0$	.772	0.698	1.11	0.271	-0.608	2.153

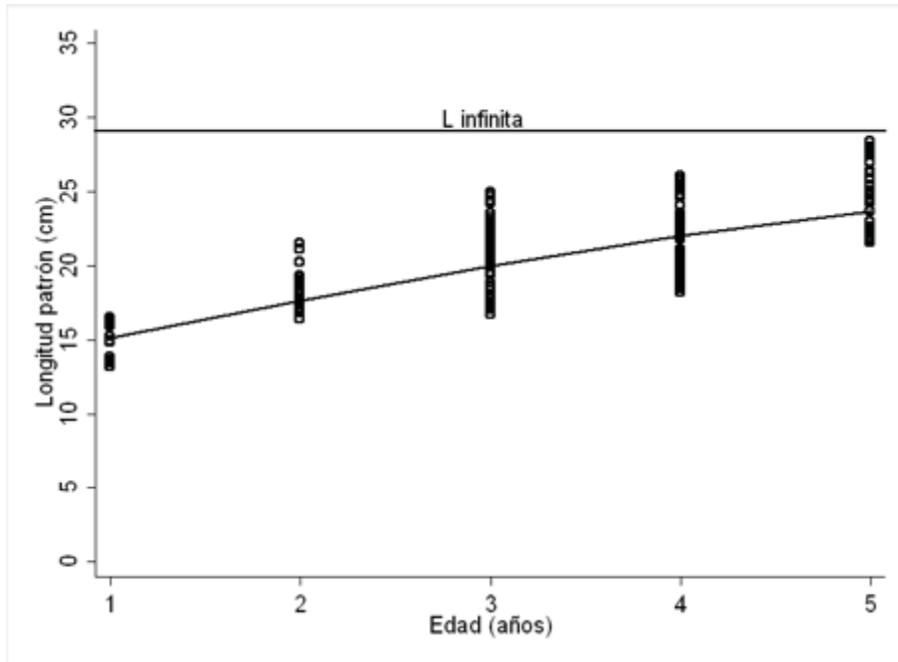


Figura 41. Función de crecimiento de logístico estimada por regresión no lineal ponderada para hembras.

Se realizó un gráfico (figura 42) 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 Gompertz de dos poblaciones (Bernard, 1981) utilizando las rutinas computarizadas de Salgado-Ugarte *et al.* (2005).

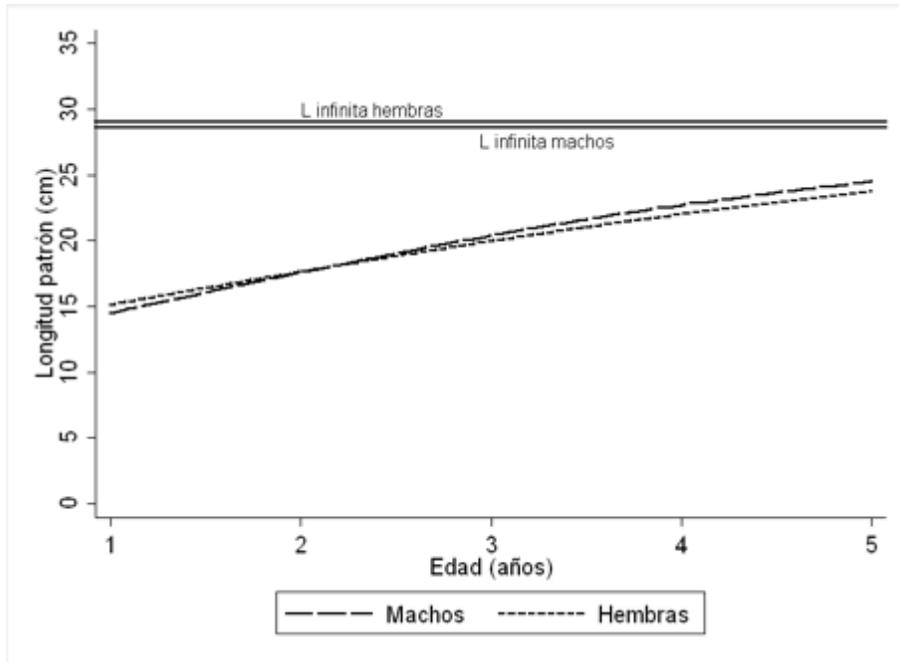


Figura 42. Comparación de la función de crecimiento de logístico estimada por regresión no lineal ponderada entre machos y hembras.

**Tabla 24. 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		
14.195	-0.422	2.137	11.430	198.031	-36.292
	0.013	-0.058		3687.761	-586.098
		0.353			125.154
[-0.4849 - 0.089 0.1632] = [P1 - P2]'					
$T^2 = 353.720$ $T^2_{0.01: 3,203} = 1.015$ $F_{0.01: 3,203} = 3.351$					
				<i>F crítica</i>	
<b>-2.301</b>	<= L_inf1 - L_inf2 <=	<b>0.048</b>		0.276	
<b>0.033</b>	<= K1 - K2 <=	<b>0.106</b>		9.803	
<b>0.123</b>	<= t_o1 - t_o2 <=	<b>0.449</b>		1.259	

Los resultados de la prueba de  $T^2$  Hotelling se presentan en la Tabla 24, en la cual se rechazó la Hipótesis nula de igualdad en los vectores de estimadores de los parámetros:  $T^2$  calculada (353.720)  $\gg T^2$  de Tablas con alfa de 0.1 (3.351). Los intervalos de confianza de Roy-Bose para la diferencia de estimadores indican diferencia significativa en los tres estimadores, con  $L_\infty$  de hembras mayor a la de machos y presentando valores menores a los de machos en  $k$  y  $t_0$  presentándose de igual manera que en FCBV. Los valores críticos de  $F$  señalan a los parámetros de  $k$  como el parámetro con mayor influencia en la diferencia, seguido del parámetro  $t_0$  y por último el valor de  $L_\infty$ .

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 machos; en los machos 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).

### **Criterio de información de Akaike (AIC).**

Para definir el modelo que mejor se ajusta a los datos y describe de mejor manera el crecimiento de *H. flaviguttatum* se utilizó (AIC). En el cuadro (25) se observan los valores obtenidos, donde el mejor criterio es el que presenta el valor más bajo.

<b>Tabla 25. Valores obtenidos por el criterio de información de Akaike (AIC) para cada modelo.</b>			
<b>Modelos</b>	<b>Total de los datos</b>	<b>Machos</b>	<b>Hembras</b>
<b>von Bertalanffy</b>	976.323	448.122	609.108
<b>Gompertz</b>	977.219	449.046	609.573
<b>Logístico</b>	978.108	449.981	610.031

### **Índice de desempeño (Phi prima)**

Se realizó la comparación de los valores de  $\Phi'$  con información de la misma especie para otras zonas además de otras especies de la familia Haemulidae que fueron tomados de *fishbase* con el fin de identificar donde se ubica el crecimiento para el presente estudio. El valor es uno de los más bajos respecto a los presentados por las otras especies

esto nos quiere decir que esta especie puede estar creciendo menos en comparación a las otras especies.

Tabla 26. Comparación de $\phi'$ entre especies de la familia Haemulidae.		
Locación	Especie	$\phi'$
Puerto Ángel, Oaxaca.	<i>Haemulon flaviguttatum</i>	2.27
Colima	<i>Haemulon flaviguttatum</i>	2.32
Colima	<i>Haemulon maculicauda</i>	2.06
Colima	<i>Haemulon sexfasciatum</i>	2.50
Campeche	<i>Haemulon plumierii</i>	2.56
Campeche	<i>Haemulon bonariense</i>	2.58

## 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 *Lp*; Espino-Barr *et al.* (2004) mencionan que las tallas oscilan entre los 20.9 y 49.2 cm con *Lt* promedio de 31.43 cm de *Lt* en la costa de Jalisco; Espino-Barr *et al.* (2012) registraron tallas entre los 23 a 35 cm de *Lt* 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 *Lt*; los promedios fueron 26.5 y 25.5 cm de *Lt* 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 Longitud-Peso

La muestra consta de 372 organismos, se hizo la relación peso longitud para todos los meses, el mes con mayor muestra fue en Agosto de 2015 con 37 organismos y el mes con menor muestra fue noviembre de 2014 con 3 organismos. Los valores de  $R^2$  se encuentran en un intervalo de 0.9941 para el mes de octubre de 2014 y el valor más alto para el mes junio de 2015 con un valor de 0.9988; los valores de  $b$  fueron de 1.748 para el mes de noviembre de 2014 y el valor más alto se presenta para el mes diciembre de 2015 con un valor de 3.251.

Los valores suelen ser distintos a 3, esto se asocia con la escala del muestreo y por lo tanto a las particularidades del mismo. La variabilidad de  $b$  para este trabajo se puede deber a los cambios estacionales (que se reflejan durante el curso del año) o la variabilidad del muestreo (Safran, 1992). En el desarrollo temprano de los organismos

normalmente pasan por distintas etapas de crecimiento esto puede explicar los diferentes valores que se observan en los diferentes meses (Vasnetsov, 1953).

Los valores más bajos se presentan en los meses de noviembre 2014 y abril 2016 y para el total de machos y hembras los valores de  $b$  fueron 2.781 y 2.569 respectivamente. Ibáñez 2015 menciona que los valores de  $b$  menores a 3 tienen relación con muestras de tamaños pequeños que pueden contener más adultos jóvenes, los especímenes más jóvenes son menos robustos.

Los exponentes de la función potencial de la relación longitud-peso ( $Lp$ ) tuvieron, tanto en machos como en hembras, valores puntuales menores a 3. Al realizar la prueba  $t$  de student se comprobó que los valores obtenidos son estadísticamente diferentes de 3 por lo tanto la *H. flaviguttatum* presenta una alometría negativa (el organismo crece mas en talla que en peso) tambien se analizó la relación mensual y se observó que en la mayoría de los meses el valor de  $b$  es menor a 3.

Se compararon los resultados con otros estudios de *H. flaviguttatum* Cruz-Romero et al. (1993); Espino-Barr et al. (2003); Espino-Barr et al. (2012) reportan un crecimiento alométrico negativo, lo cual concuerda con los resultados del presente estudio; Salgado-Cruz (2014) 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. Estas diferencias se pueden deber a la variación entre los periodos de muestreo además de las zonas donde se realizaron los mismos.

### **Periodo reproductivo.**

Mediante los resultados obtenidos por los índices morfofisiológicos se observa que la mayor actividad reproductiva (valores altos para  $IGS$ ) para *H. flaviguttatum* se da en octubre y septiembre en machos y para las hembras se presentó de octubre a enero en ambos casos coinciden con valores bajos para para el  $IHS$  Y  $K$ . El periodo reproductivo coincide con la temporada de lluvias (mayo - octubre) y con la de surgencias (octubre - abril).

La coincidencia de la mayor actividad reproductiva con la época de lluvias y surgencias, puede estar relacionada con fenómenos ambientales que ofrecen una mayor disponibilidad de alimento, ya que la reproducción de los peces está relacionada con las fluctuaciones en los niveles de nutrientes causadas por diferentes eventos ambientales tales como: la época de lluvias y las surgencias presentes en esta zona (Cabrita *et al.* 2008). Se sabe que la reproducción está relacionada con eventos ambientales que garanticen la supervivencia de las larvas, tales como la floración de plancton, lluvias o eventos de surgencias. De tal modo que la temporada de desove debe estar sincronizado con periodos más favorables para la supervivencia de los jóvenes (Helfman *et al.* 1997, Pérez-Olivares, 2014).

Para machos y hembras se reporta una relación inversamente proporcional entre *IGS* e *IHS*, una relación negativa lo cual nos indica que cuando el peso de la gónada aumenta el peso del hígado disminuye y viceversa. La disminución del *IHS* antes o durante el aumento del *IGS*, se ha relacionado principalmente con la síntesis de las vitelogeninas (Sarasquete *et al.* 2002; Arias *et al.*, 2006, Perez-Olivares, 2014)

Para el estudio también se comparó *IGS* con *K*, ya que el factor de condición (*K*) es un indicador más para el apoyo en la determinación del periodo reproductivo para este estudio se observo que la relación negativa esta mas marcada en las hembras. Debido a lo anterior podemos decir que el *IHS* es mejor indicador respecto a *K* esto debido a que la relación entre *IGS* e *IHS* para machos y hembras fue negativa ya en la relación de *IGS* y *K* solo en las hembras se observó esta relación.

#### **ANMUCOVA.**

Para el estudio se realizó un método alternativo a los índices morfofisiológicos, el ANMUCOVA, el cual permite la comparación simultanea de todas las medidas morfométricas relacionadas con la actividad reproductiva (peso total, gónada e hígado) ajustadas por la covariada longitud patrón (Salgado-Ugarte *et al.*, 2005)

Los valores de las medias ajustadas (gónada, hígado y peso eviscerado) ajustadas en función de la longitud patrón que se obtuvieron por el análisis de multivariado de covarianza (ANMUCOVA), se compararon con los índices morfofisiológicos (*IGS*, *IHS* y *K*)

con el objetivo de determinar cuál de los dos métodos es mejor para el análisis del periodo reproductivo. Estas comparaciones mostraron una elevada correlación y para los tres casos fue significativa tanto en machos como en hembras así que podemos decir que el uso de ambos métodos es apto para la determinación del periodo reproductivo.

El ANMUCOVA presentó valores similares en machos y hembras, la mayor actividad reproductiva se observó en los meses de octubre a enero. En el presente trabajo se comprueba que los métodos tradicionales (*IGS*, *IHS* y *K*) y el ANMUCOVA son indistintos, ya que los resultados arrojados por ambos no difieren mucho entre si, aunque para un mejor análisis a nivel visual el ANMUCOVA presenta un patrón de variabilidad mensual más claro y definido en comparación de los métodos tradicionales, sobre todo el peso medio eviscerado, el cual refleja mejor los cambios somáticos que *K*; lo cual facilitó la interpretación de los resultados. Por lo tanto en lo referente al presente estudio, el peso medio eviscerado es un mejor indicador del bienestar de las especies que el factor de condición.

#### **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 primeros meses del año marzo 2015 y abril 2016, (valores de las medianas mensuales más bajos de la *RIM*) lo cual concuerda con valores bajos de la temperatura superficial promedio, aunado a esto se sabe que algunas especies crecen en invierno y muestran zonas transparentes durante verano y zonas opacas durante invierno (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 *et al.* (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 Salgado-Cruz (2014) reporta que para *H. flavigutattum* 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) los antecedentes para la familia coinciden 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 trabajos citados y en el actual 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 debido a que su obtención, limpieza y almacenado resultaron relativamente sencillos.

La relación longitud patrón-radio del otolito tuvo una correlación significativa ( $r = 0.56$ ,  $P < 0.000$ ), lo que significa que el 56 % de la variación del tamaño del cuerpo está explicado por la variación del tamaño del otolito. Debido a esto se considera que los otolitos crecen proporcionalmente con el tamaño del pez y por tanto son estructuras adecuadas para la estimación de edad y modelación del crecimiento de *H. flaviguttatum*.

El estudio de los otolitos permitió identificar 5 años de edad en *H. flaviguttatum*, el análisis de los mismos fue sencillo y los anillos se identificaron de buena manera comparandolo 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*, 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.

El modelo de von Bertalanffy, se obtuvo un buen ajuste de la  $L_{\infty}$ , además de un alto coeficiente de determinación ( $r^2=0.990$ ) para el total de los datos, un coeficiente de determinación de ( $r^2=0.992$ ) para los machos y ( $r^2=0.989$ ) para hembras. Para el modelo de Gompertz se obtuvo una  $r^2$  de 0.990 para el total de los datos, para los machos se obtuvo una  $r^2$  de 0.992 y para al hembras fue de  $r^2$  de 0.989 y por ultimo para el modelo logístico la  $r^2$  fue de 0.990 para machos fue de 0.991 y para las hebras la  $r^2$  fue de 0.989 en los tres modelos se observa un coeficiente de determinación alto.

Al encontrarse con valores tan similares en los tres modelos otro medio para poder aseverar cual de los tres modelos tiene mejor ajuste se compararon las sumas de cuadrados residuales para ambos modelos: para la *FCVB* fue de 4.225 para el total de los datos, para machos es de 3.544 y por último para las hembras fue de 4.519: Para el modelo de Gompertz en el total de los datos fue 4.242 para machos 3.575 y para hembras de 4.534; por último para el modelos logístico el valor para el total de los datos fue 4.258, para machos de 3.606 y para hembras de 4.549 aunque es una diferencia muy pequeña nos permite sugerir que se ajusta mejor la *FCVB*. Aunque los valores antes mencionados nos permiten tener ciertas preferencias a algun modelo, pero debido a la cercania entre los datos de los modelos, se realizó la (*AIC*) el criterio de información de Akaike con el fin de obtener un resultado más claro sobre el mejor ajuste de los modelos en la tabla 24 se observan los valores arrojados por esta prueba para los tres modelos y para el total de los datos, machos y hembras el modelo que arrojó los valores más bajos fue la *FCVB* por lo tanto es el modelo que mejor ajuste tiene a los datos. Otras razones para preferir 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, 1997; 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-Olmes, 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:  $L_{\infty}=32.71$  cm lp para el total de los datos, sin embargo 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 27) con la cual mediante los valores obtenidos se hizo la conversión a longitud total que presento el valor de  $L_{\infty} = 39.25$  cm de  $L_t$ , siendo cercaon a lo reportado por Cruz-Romero *et al.* (1993) quienes calcularon una  $L_{\infty}= 42.4$  en la costa de Colima; lo cual es menor 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 para este estudio, fue menor esto quizás se deba a que las tallas capturadas para los otros estudios fueron mayores que para el actual.

Tabla 27. Resultados de la relación lineal entre longitud total y longitud patrón.

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	cuadrados medios	Número de observaciones = 214		
Modelo	2964.344	1	2964.344	F( 1, 212) = 4755.32		
Residuos	132.155	212	0.623	Probabilidad > F = 0.000		
Total	3096.499	213	14.537	R-cuadrada = 0.957		
Longitud patrón	Coeficiente	Error estándar	t	P> t	[Intervalo de confianza 95%]	
Lp	1.208	0.017	68.96	0.000	1.173	1.242
constante	-0.004	0.369	-0.01	0.990	0.733	0.723

Con respecto al parámetro de curvatura de *H. flaviguttatum*  $k= 0.174$ , 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  $k= 0.29$  años<sup>-1</sup> y Salgado-Cruz (2014) una constante de crecimiento  $k= 0.221$  años<sup>-1</sup>.

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, aunado al tamaño de la muestra y al tipo de pesca que se lleva a cabo en la zona.

### 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 ( $T^2$ calculada, 289.47 >>  $T^2$ tablas, 1.01). La  $L_{\infty}$  sería el primer parámetro para examinar en el cual mediante los valores indican que las hembras llegan a una longitud asintótica mayor a la de los machos;  $k$  y  $t_0$  presentan valores positivos y debido a esto el crecimiento es más rápido para los machos. Los valores críticos de  $F$  indican que el parámetro más significativo que contribuye a la diferencia es  $t_0$  seguida por  $k$  y por último la  $L_{\infty}$ .

Para el modelo de Gompertz se observa que machos y hembras crecen de manera diferente ( $T^2$ calculada = 220.68 >>  $T^2$ tablas = 1.015). Tanto  $L_{\infty}$ ,  $k$  y  $t_0$  son diferentes lo que indica que las

hembras alcanzan tallas mayores y crecen más lentamente que los machos, los valores críticos de  $F$  indican que el parámetro más significativo que contribuye a la diferencia es  $t_0$  seguida por  $k$  y por último  $L_\infty$ .

Por último, para el modelo Logístico se observa que machos y hembras crecen de manera diferente ( $T^2_{calculada} = 353.72 \gg T^2_{tablas} = 1.015$ ). Tanto  $L_\infty$ ,  $k$  y  $t_0$  son diferentes lo que indica que las hembras alcanzan tallas mayores y crecen más lentamente que los machos, los valores críticos de  $F$  indican que el parámetro más significativo que contribuye a la diferencia es  $k$  seguida por  $t_0$  y por último  $L_\infty$ .

## Conclusiones

- Se presentó una distribución asimétrica con sesgo positivo con tres modas (20.97, 26.49, 28.70) de  $L_p$  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 longitud patrón-radio del otolito se muestra que los otolitos son una estructura útil para la determinación de la edad en *H. flaviguttatum*.
- La relación potencial peso total – longitud patrón en machos y hembras, indicó un crecimiento alométrico negativo.
- Mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov se determinó que en machos y hembras no hay diferencias significativas entre las tallas; esto nos indica que en esta especie no presenta dimorfismo sexual respecto a la talla.
- *Haemulon flaviguttatum* tiene un periodo reproductivo que va de octubre a enero.
- Entre *IGS* e *IHS* existe una relación negativa para machos y hembras, mientras que entre *IGS* y *K* sólo en las hembras se observa la relación negativa, dicho esto se puede decir que el *IHS* es mejor indicador del periodo reproductivo que el factor de condición (*K*)
- 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 otolitos son:

### **FCVB**

$$L_t = 32.719[1 - \exp\{-0.174(t + 2.558)\}] \quad \text{Total de los datos.}$$

$$L_t = 32.646[1 - \exp\{-0.204(t + 1.812)\}] \quad \text{Machos}$$

$$L_t = 34.145[1 - \exp\{-0.151(t + 2.806)\}] \quad \text{Hembras}$$

### **Gompertz**

$$L_t = 30.192 \exp[-\exp\{-0.272(t + 0.397)\}] \quad \text{Total de los datos.}$$

$$L_t = 29.908 \exp [-\exp \{-0.325(t+0.045)\}] \quad \text{Machos}$$

$$L_t = 30.736 \exp [-\exp \{-0.252(t+0.329)\}] \quad \text{Hembras}$$

**Logística**

$$L_t = 28.897 / [1 + \exp\{-0.366(t+0.662)\}] \quad \text{Total de los datos.}$$

$$L_t = 28.569 / [1 + \exp\{-0.442(t+0.935)\}] \quad \text{Machos}$$

$$L_t = 29.054 / [1 + \exp\{-0.352(t+0.772)\}] \quad \text{Hembras}$$

- 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*, *Gompertz*, *Logística* se determinó que las hembras tienden a alcanzar mayores tallas respecto a su longitud asintótica.

## Bibliografía

- **Arias C.J. A.; E. Zanibon-Filho E. y B. E. Ayala, 2006.** Cycle reproductive indicators for Yamú brycon amazónicos in captivity. *Orinoquia*, **10**: 24-34
- 
- **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.
- **Bernard, D. R., 1981.** Multivariate analysis as a means of comparing growth in fish. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **38**: 233 – 236.
- **Bertalanffy, L. von, 1938.** *A quantitative theory of organic growth*. Human Biology **10**: 181 –. Moreau, J. 1987. Mathematical and biological expression of growth in fishes.
- **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.
- **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
- **Cabrita E., V. Robles y H. Paz, 2008.** *Gamete extraction techniques*. Cap. 1. En: Cabrita (Ed) *Methods in reproductive aquaculture marine and freshwater species*. CRC Press. New York.
- **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.
- **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.
- **Cerdenares-Ladrón de Guevara G., E. Ramírez-Antonio, S. Ramos-Carrillo, G. González-Medina, V. Anislado-Tolentino, D. López-Herrera, S. Karam-Martínez, 2014.** *Impacto de la actividad pesquera sobre la diversidad biológica*. Laboratorio de Dinámica de Poblaciones y Laboratorio de Ictiología y Biología Pesquera Universidad del Mar San Pedro Pochutla, Oaxaca, México.
- **Chambers, J.M., W.S. Cleveland, B. Kleiner and P.A. Tukey, 1983.** *Graphical methods for data analysis*. Belmont, CA: Wadsworth. Co. Publishers: 111 p.
- **Csirke J. 1980.** *Introducción a la dinámica de población de peces*. FAO. Documento técnico pesca. Roma, Italia. 82 p.
- **CONAPESCA, 2001.** *Anuario estadístico de pesca*. CONAPESCA. México.
- **CONAPESCA, 2003.** *Anuario estadístico de pesca*. CONAPESCA. México.
- **CONAPESCA, 2011.** *Anuario estadístico de pesca*. CONAPESCA. México.

- **CONAPESCA, 2012.** *Anuario estadístico de pesca.* CONAPESCA. México
- **Cruz-Romero M., E. Espino-Barr y A. García-Boa, 1993.** *Aspectos poblacionales de cinco especies de la familia Haemulide (Picses) en la Costa de Colima, México.* Centro Regional de Investigación Pesquera (CRIP) *Ciencia Pesquera* 10: 43-54.
- **Espino-Barr E., M. Cruz-Romero, A. García-Boa. 2003.** *Peces marinos con valor comercial de la costa de Colima, México.* CONABIO, INAPESCA, CRIP Manzanillo. México, 106 p.
- 
- **Espino-Barr E, EG Cabral-Solís, A García-Boa, M Puente-Gómez. 2004.** *Especies marinas con valor comercial de la costa de Jalisco, México.* Instituto Nacional de la Pesca. sagarpa. México. 145p.
- **Espino-Barr E, A González-Vega, H SantanaHernández, H González-Vega. 2008.** *Manual de biología pesquera.* inapesca-Univ. Autónoma de Nayarit. México. 168p.
- **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.
- **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.
- **Frías-Velasco A., E. Santamaria del Angel, A. Gonzalez-Silvera, P. Cerventes-Hernandez, 2005.** *Regionalización del Golfo de Tehuantepec y areas adyacentes a partir de imagenes de satellite del color del mar.* Universidad Autonoma de Baja California. Ocenaografía y meteorología del Golfo de Tehuantepec. Vol. 25, 247p.
- **Gallardo-Cabello M., E. Espino-Barr, F. González-Orozco, A. Garcia-Boa, 2003.** Age determination of *Anisotremus interruptus* (Gill, 1863) (Perciformes: Haemulidae) by reading scales, in the coast of Colima, México. *Rev. Biol. Trop.* 2003, vol.51, n.2, 519-528 p.
- **García, E., 2004.** *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen.* Quinta edición. UNAM, Instituto de Geografía, México D.F.
- **García-Berthou E. y A. R. Moreno-Amich, 1993.** Multivariate analysis of covariance in morphometric studies of the reproductive cycle. *Canadian journal of fisheries and aquatic science.* 50:1394-1399.
- **Gómez-Márquez J. L., 1994.** *Métodos para determinar la edad en los organismos acuáticos.* FES Zaragoza, UNAM, México, 99p.

- **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.
- 
- **Granado-Lorencio, C., 1996.** *Ecología de peces.* Universidad de Sevilla. Secretariado de Publicaciones, España. 353 p.
- **Gutiérrez-Zavala, R.M., E. Cabrera-Mancilla, 2012.** *La pesca ribereña de Guerrero.* Instituto Nacional de Pesca. Primera edición 29-45 p.
- **Härdle, W., 1991.** *Smoothing techniques.* With implementation in S. Springer – Verlag, NuevaYork, E.U.A.
- **Helfman G. S, C. B. Bruce y E. F. Douglas, 1997.** Cycles of activity and behavior. Cap. 22 384-405. En: *The diversity of fishes*, ed. Helfman G. S, C. B. Bruce y E. F. Douglas. Blackwell Science Inc.
- **Ibáñez A.L., 2015.** Geographic differences and annual stability in length-weight relationships of fish mullets (Pisces: Mugilidae). *Hidrobiológica*, **25**(1):146-150.
- **INAPESCA, 2006.** *sustentabilidad y pesca responsable, evaluación y manejo.* ISBN: 968-800-684-X
- **Juárez-Torres M., M. Flores-Escobar, J. Luna-Martínez, 2007.** El sector pesquero en México, Financiera rural. Pág. 4
- **King, M. 1995.** *Fisheries biology, assessment and management.* Fishing News Books. Blackwell Science, Ltd., 341 p.
- **Lager, F.K., 1956.** *Freshwater Fishery Biology.* Segunda edición. WM.C.Brown.
- **Lomes-Olmes, J. R. 2002.** Edad, crecimiento y fechas de nacimiento de juveniles de lisa *Mugil curema* en el estero El conchalito, La Paz B. C. S., Mexico. *Tesis de maestría CICIMAR, IPN, 62p.*
- **Marques dos Santos, M.J. 2004.** *Probabilidad y Estadística para Ciencias Químicas Biológicas.* FES Zaragoza, UNAM, México. 626 p.
- **Mascareñas-Osorio I., G. A. Oropeza, E. F. Balart, 2003.** *Otolitos de peces de arrecife del Golfo de California.* Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste. Mar Bermejo 195, col. Playa Palo de Santa Rita. La Paz, Baja California Sur 23090 ISBN 968-5715-09-2
- **McKay R.J. y M. Schneider, 1995.** Haemulidae: burros, corocoros, chulas, gallinazos, roncós. En: Fischer, W., F. Krupp, W. Schneides, C. Sommer, K.E. Carpenter y U.H. Niem (ed.), 1995. **Guía Fao para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro Oriental.** Vertebrados Vol. II, Roma, FAO, pp 1136-1173.
-

- **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.
- **Morales-Nin B, J. Panfili, 2002.** *Preparation and observation techniques.* Observation, In; Penile J, de Pontual H, Troadec H, Wright P J (Eds) Manual of fish sclerochronology. Ifremer-IRD coedition, Brest, France, 358-369 p.
- **Moreau, J. 1987.** Mathematical and biological expression of growth in fishes: Recent trends and further developments. En: Robert, C. Summerfelt, Gordon y E. Hall. *The Age and Growth of Fish. The Iowa State University Press.* pp. 81-113.
- **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.
- **Nelson S. J., 2006.** *Fishes of the world*, fourth edition. Department of Biological Sciences, University of Alberta, Edmonton, Alberta T6G 2E9 Canada, 601 p.
- **Pauly, D., J. L. Munro, 1984.** Once more comparison on growth in fish and invertebrates. *Fishbyte* 2-21.
- **Neves A. J y A. Silva M., 2007.** Age, growth and mortality of the White grunt (*Haemulon plumier*) from the central coast of Brazil, *Scientia Marina*. Barcelona, España, **71**(4): 793-800 p.
- **Pauly, D., 1984.** *Fish population dynamics in tropical water: a manual for use with programmable calculator.* International Center for Living Aquatic Resources Management, ICLARM, Studies and Reviews 8, Manila Filipinas, 179 p. Recent trends and further developments. In: R.C. Summer felt y G. E. Hall (Eds.), *The Age and Growth of Fish: Iowa State University Press, Ames.* 81-113 p.
- **Pérez-Olivares I., 2014.** Biología reproductiva de algunas especies de la familia Carangidae y Haemulidae de importancia para la pesca artesanal en Puerto Ángel, Oaxaca México. *Tesis de licenciatura, UNAM, FES Zaragoza.* Distrito Federal, México.
- **Ricker, W., 1975.** Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bulletin Fisheries Research.* Board of Canada. 191: 382 p.
- **Ricker, W.E., 1979.** Growth rates and models. In: W.S. Hoar, D.J. Randall, and J.R. Brett (Eds.) 677-743. *Fish Physiology, volume VIII. Bioenergetics and growth.* Academic Press, New York.
- **Saborido-Rey F., 2014.** *Ecología de la reproducción y potencial reproductivo en las poblaciones de peces marino.* Instituto de investigaciones marinas, Universidad de Vigo, España. Pág. 70.
- **Safran, P., 1992.** Theoretical analysis of the weight-length relationship in fish juveniles. *Marine Biology* 112: 545-551.

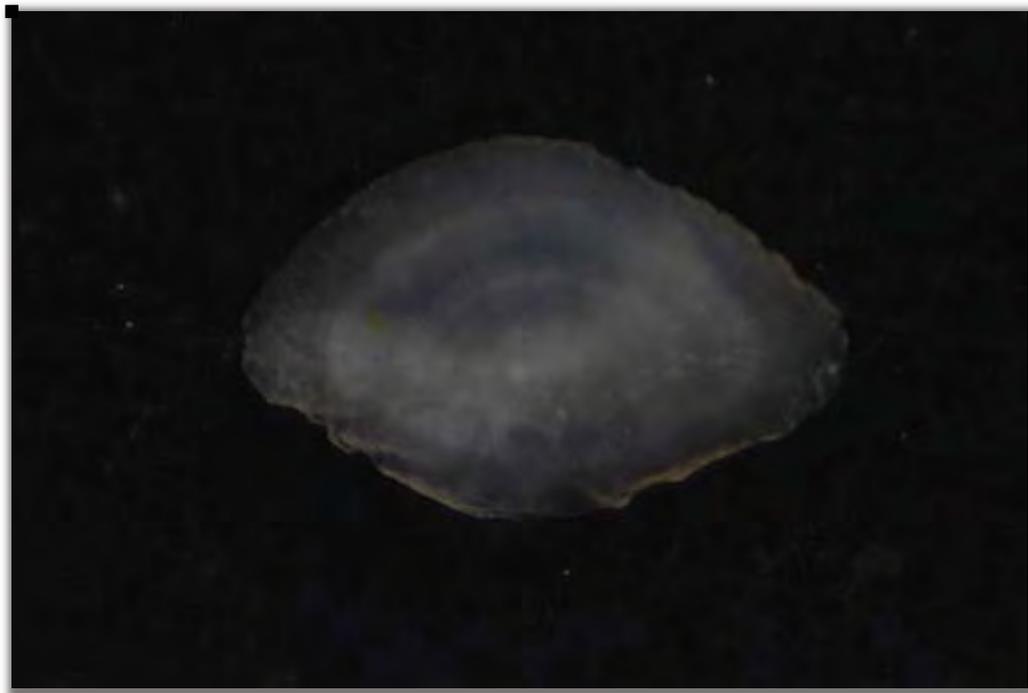
- **Salgado-Cruz L., 2014.** Determinación de la edad y descripción del crecimiento y algunos aspectos reproductivos del blanquito, *Haemulon flaviguttatum* Gill 1862 (Pisces: Haemulidae) de la costa de Oaxaca. *Tesis de Licenciatura, Universidad del Mar, campus Puerto Ángel. Puerto Ángel, Oaxaca, México.* 60 p.
- **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.
- **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.
- **Salgado-Ugarte, I.H., M. Shimizu y T. Taniuchi, 1995a.** snp6.1: ASH, WARPing, and kernel density estimation for univariate data. *Stata Technical Bulletin* 26: 2-10.
- **Salgado-Ugarte, I.H., M. Shimizu y T. Taniuchi, 1995b.** snp6.2: Practical rules for bandwidth selection in univariate density estimation. *Stata Technical Bulletin,* 27: 5-19.
- **Salgado-Ugarte, I.H., M. Shimizu y T. Taniuchi, 1997.** snp13: Nonparametric assessment of multimodality for univariate data. *Stata Technical Bulletin,* 38: 27-35.
- **Salgado-Ugarte I. H., 2002.** *Suavización no paramétrica para análisis de datos.* FES Zaragoza y DGAPA, UNAM, México: 189 p.
- **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.
- **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.
- **Salgado Ugarte I. H., 2016.** *Temas selectos de Biología pesquera.* Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. UNAM, México: 233 p.
- **Sarasquete C., M. L. González-de-Canales, C. Piñuela, J. A. Muñoz-Cueto, C. Rendón, E. L. Mañanós y F. J. Rodríguez-Gómez 2002.** Características histoquímicas de los ovocitos vitelogénicos del atún rojo, *Thunnus thynnus*. *Ciencias Marinas,* 28:419–431.
- **Scott, D.W. 1992.** *Multivariate Density Estimation: Theory, Practice, and Visualization.* New York: John Wiley & Sons.
- **Silverman, B. W., 1986,** *Density estimation for statistics and data analysis.* Chapman & Hall, Londres, R. U.

- **Silverman, B.W. 1981a.** Density estimation for univariate and bivariate data. In *Interpreting Multivariate Data*, ed. V. Barnett, 37-53, Chichester, John Wiley and Sons.
- **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.
- **Stata Corp, 2013.** *Stata: Release 13.* Statistical software. College station, TX: Stata Corp LP.
- **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.
- Walford, L. A., 1946, A new graphic method of describing the growth of animals. *Biology Bulletin* **90** (2): 141 – 147 p.
- **Vasnetsov, V. V., (1953).** *Developmental stages of bony fishes.* In: *Ocherki po obshchim Voprosam Ikhtiologii.* Akademya Nauk Press, Moscow (in Russian)
- **Viera, M., 2011.** Características eco-morfométricas de los otolitos sagita de *Genypterus blacodes* y *Genypterus brasiliensis* provenientes de la zona común de pesca argentino-uruguaya. Tesina de licenciatura. Universidad de la Republica Uruguay. 30 p.
- **Weatherley A.H. y H.S. Gill, 1987.** *The biology of fish growth.* Academic Press: 242 p.
- **Weymouth, M. C., R. Millan, 1931.** *Siliqua patula* (pelecípodo) *J. Exploración Biology* (8): 31p.
- **Wootton, R. J., 1990.** Ecology of Teleost Fishes. Chapman and Hall. *Fish and Fisheries Series* 1159-195 p.

## Apéndice 1



Fotografía 1. Otolito con 1 anillo de crecimiento.



Fotografía 2. Otolito con 2 anillos de crecimiento.



Fotografía 3. Otolito con 3 anillos de crecimiento.



Fotografía 4. Otolito con 4 anillos de crecimiento.



Fotografía 5. Otolito con 5 anillos de crecimiento.