



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA

Estimaciones de la Edad y Modelos Matemáticos del
Crecimiento de *Oreochromis niloticus* (Linnaeus,
1757) en la Presa “Emiliano Zapata”, Morelos, México

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
(BIOLOGÍA AMBIENTAL)

P R E S E N T A

CONRADO ADELFO MORALES LINARES

DIRECTOR DE TESIS:

DR. ISAÍAS HAZARMABETH SALGADO UGARTE

MÉXICO, D. F.

NOVIEMBRE DE 2006



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.



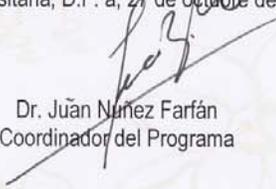
Ing. Leopoldo Silva Gutiérrez
Director General de Administración Escolar, UNAM
Presente

Por medio de la presente me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 19 de junio del 2006, se acordó poner a su consideración el siguiente jurado para el examen de grado de Maestría en Ciencias Biológicas (Biología Ambiental) del alumno **Morales Linares Conrado Adelfo** con número de cuenta **504008962** con la tesis titulada: **"Estimaciones de la Edad y Modelos Matemáticos del Crecimiento de *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1757) en la Presa Emiliano Zapata, Morelos México"** bajo la dirección del Dr. **Isaías Hazarmabeth Salgado Ugarte**.

Presidente: Dr. José Luis Arredondo Figueroa
Vocal: Dr. Manuel Gallardo Cabello
Secretario: Dr. Isaías Hazarmabeth Salgado Ugarte
Suplente: Dra. Elaine Espino Barr
Suplente: Dr. José Luis Gómez Márquez

Sin otro particular, quedo de usted.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, D.F. a, 27 de octubre del 2006


Dr. Juan Nunez Farfán
Coordinador del Programa

c.c.p. Expediente del interesado

RECONOCIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por darme la oportunidad de continuar con mi formación académica.

A la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, por permitirme hacer uso de equipo, vehículos e instalaciones., para la realización del presente trabajo.

Al CONACYT por su apoyo como becario (186351).

Al Dr. Isaías Hazarmabeth Salgado Ugarte, por aceptarme como alumno y por proporcionarme siempre y en todo momento su apoyo, guía, asesoría, sugerencias, observaciones; paciencia, tiempo, equipo, material e instalaciones para la captura de los datos, el análisis de éstos, la elaboración e impresión del manuscrito.

Al Dr. José Luis Gómez Márquez, por permitirme formar parte de su grupo de trabajo, aceptar ser miembro del comité tutorial; así como su apoyo, guía, sugerencias y observaciones para la obtención de datos en campo, laboratorio y la elaboración del presente documento.

Al Dr. Manuel Gallardo Cabello, por aceptar ser miembro del comité tutorial, su interés, observaciones, recomendaciones y sugerencias que han contribuido en la elaboración de esta tesis.

A la D.G.A.P.A., U.N.A.M. por el apoyo otorgado PAPIME EN221403 y PAPIIT IN201105 para la realización de esta investigación

AGRADECIMIENTOS

Agradezco el apoyo que siempre me han brindado mis padres y mis hermanas, para lograr todos y cada uno de los proyectos en los cuales me he involucrado.

Gracias también a mi abuela, Guadalupe Zarate Chávez, quien durante mucho tiempo estuvo conmigo brindándome su cariño y amor, aunque físicamente ya no se encuentre, continuará conmigo.

Al Dr. Juan Núñez Farfán, coordinador del Posgrado en Ciencias Biológicas, por su invaluable y trascendental apoyo, que me ha permitido llegar hasta este último paso, con enorme agradecimiento quedo de usted como un servidor.

Expreso mi agradecimiento al Dr. José Luis Arredondo Figueroa por participar como presidente del jurado que ha evaluado el trabajo y quien también sugirió valiosas ideas al manuscrito. También a la Dra. Elaine Espino Bar por los comentarios y sugerencias realizadas al documento y por formar parte del jurado.

A la Dra. Bertha Peña Mendoza por considerarme uno más de los alumnos del laboratorio de limnología y su apoyo durante las colectas en campo.

Gracias a todas aquellas personas que he omitido por razones de espacio y tiempo y que de alguna forma han apoyado en el planteamiento, inició, realización y conclusión de la presente investigación

CONTENIDO

Resumen	I
Abstract	IV
1. Introducción	1
2. Antecedentes	3
3. Marco teorico	14
3.1.Especie de estudio	14
3.2.Posición taxonómica de <i>Oreochromis niloticus</i>	16
3.3.Estimaciones de edad y el crecimiento	20
3.4.Modelos matemáticos del crecimiento	21
3.5.Estimadores de densidad	22
3.6.Evaluación no paramétrica de la multimodalidad	24
4. Objetivos	
5. Área de estudio	26
6. Material y método	29
6.1.Actividades de campo	29
6.2.Actividades de gabinete	32
7. Resultados	
7.1 Identificación de la especie	35
7.2.Proporción por sexos	36
7.3.Relación longitud total – longitud estándar o patrón	38
7.4.Relación peso total – longitud total	42
7.5.Relación peso eviscerado – longitud total	45
7.6.Análisis de frecuencia de tallas por estimadores de densidad y estimación del crecimiento	
7.6.1. Estimadores de densidad para los 13 meses de muestreo	49

7.6.2.	Organismos capturados en diciembre	
7.6.3.	Estimación del crecimiento en peso	
7.6.4.	Machos e indeterminados	52
7.6.5.	Estimación del crecimiento en peso	59
7.6.6.	Hembras e indeterminados	60
7.6.7.	Estimación del crecimiento en peso	63
7.7	Estimación de la edad y el crecimiento mediante la lectura de anillos de crecimiento en escamas	
7.7.1.	Periodicidad de los anillos de crecimiento	65
7.7.2.	Todos los organismos	66
7.7.3.	Estimación del crecimiento en peso	73
7.7.4.	Machos	75
7.7.5.	Estimación del crecimiento en peso	80
7.7.6.	Machos e indeterminados	81
7.7.7.	Estimación del crecimiento en peso	87
7.7.8.	Hembras	89
7.7.9.	Estimación del crecimiento en peso	96
7.7.10.	Hembras e indeterminados	97
7.7.11.	Estimación del crecimiento en peso	104
7.7.12.	Pruebas estadísticas para comparación de modelos de crecimiento	105
7.8.	Estimación de la edad y el crecimiento mediante la lectura de anillos de crecimiento en otolitos	
7.8.1	Periodicidad de marcas de crecimiento	108
7.8.2.	Todos los organismos	109
7.8.2.	Estimación del crecimiento en peso	116
7.8.3.	Machos	117
7.8.4.	Estimación del crecimiento en peso	124

7.8.5. Machos e indeterminados	124
7.8.6. Estimación del crecimiento en peso	132
7.8.7. Hembras	133
7.8.8. Estimación del crecimiento en peso	140
7.8.9. Hembras e indeterminados	141
7.8.10. Estimación del crecimiento en peso	148
7.8.11. Pruebas estadísticas para comparación de funciones de crecimiento	149
7.9. Concordancia	152
8. Discusión	
8.1. Identificación de la especie	159
8.2. Proporción por sexos	159
8.3. Relación longitud total – longitud estándar o patrón	160
8.4. Relación peso total – longitud total	160
8.5. Análisis de frecuencia de tallas	161
8.6. Lectura de anillos de crecimiento en escamas y otolitos	162
9. Conclusiones	164
10. Referencias	168
11. Anexo	
11.1. Análisis de frecuencia de tallas por estimadores de densidad	
11.1.1. Organismos de enero	177
11.1.2. Estimación del crecimiento en peso	181
11.1.3. Organismos de mayo	182
11.1.4. Estimación del crecimiento en peso	186
11.2. Machos e indeterminados	186
11.2.1. Enero de 2004	188

11.2.2. Mayo de 2004	190
11.2.3. Estimación del crecimiento en peso	193
11.2. Hembras e indeterminados	193
11.3.1. Enero de 2004	195
11.3.2. Estimación del crecimiento en peso	198
11.3.3. Mayo de 2004	198
11.3.4. Estimación del crecimiento en peso	201

RESUMEN

Se estimó la edad y crecimiento de la tilapia o mojarra, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1757) presente en la presa Emiliano Zapata, Morelos, México mediante el análisis de la frecuencia de tallas con estimadores de densidad por kernel gaussiano así como por la lectura de anillos de crecimiento en escamas y otolitos sagittae.

Las edades estimadas con cada uno de los métodos fueron utilizadas para calcular los parámetros de funciones de crecimiento. El modelo de crecimiento de von Bertalanffy se estimó por medio de métodos basados en regresión lineal (Ford – Walford, Gulland, Gulland – Holt, y Beverton – Holt) así como por regresión no lineal, tanto simple como ponderada. Además de von Bertalanffy, también se ajustaron los modelos de crecimiento de Gompertz y Logístico mediante análisis de regresión no lineal simple. Se verificó la concordancia de edades estimadas por escamas y otolitos. El análisis de frecuencia de tallas, complementado con información biológica adicional, tal como el conocimiento del ciclo reproductivo, condujo a estimaciones útiles del crecimiento. El crecimiento estimado por la frecuencia de tallas se validó con los resultados de la lectura de anillos de crecimiento en escamas y otolitos.

El análisis de frecuencia de tallas, mediante estimadores de densidad por kernel gaussiano, detectó siete grupos de tallas o cohortes, representados en el muestreo de diciembre de 2004. Las ecuaciones de los modelos de crecimiento en longitud (L_t) resultantes para los organismos capturados en diciembre son:

$L_t = 22.8640[1 - \exp\{-0.3579(t + 0.4796)\}]$	von Bertalanffy
$L_t = 18.1830[\exp\{-\exp\{-0.8490(t + 0.5300)\}\}]$	Gompertz
$L_t = 16.8371/[1 + \exp\{-1.3361(t + 0.8677)\}]$	Logístico

Los modelos de crecimiento de von Bertalanffy en peso, determinados por análisis de frecuencia de tallas, por sexos son:

$P_t = 169.9882[1 - \exp\{-0.3579(t + 0.4796)\}]^{2.7137}$	todos los organismos
$P_t = 248.9104[1 - \exp\{-0.2852(t + 0.5595)\}]^{2.6958}$	machos e indeterminados
$P_t = 278.3899[1 - \exp\{-0.2799(t + 0.3957)\}]^{2.7370}$	hembras e indeterminados

Los modelos de crecimiento en longitud (L_t) de Gompertz, resultantes del análisis de frecuencia de tallas por sexos:

$L_t = 18.9022[\exp\{-\exp\{-0.8066(t + 0.5880)\}\}]$	machos e indeterminados
$L_t = 18.7367[\exp\{-\exp\{-0.9098(t + 0.7416)\}\}]$	hembras e indeterminados

Los modelos de crecimiento en longitud (L_t) Logísticos, producto del análisis de frecuencia de tallas, por sexos son:

$L_t = 17.2372/[1 + \exp\{-1.4075(t + 0.8997)\}]$	machos e indeterminados
$L_t = 17.0337/[1 + \exp\{-1.7007(t + 1.0407)\}]$	hembras e indeterminados

El análisis del incremento marginal en escamas sugiere dos períodos para la formación de anillos de crecimiento que corresponden a julio (lluvias) y enero (secas). De tal forma que se identificaron siete grupos de edad separados por 0.5 años en un intervalo total de 0 a 3 años.

Los modelos de crecimiento en longitud de von Bertalanffy, determinados por la lectura de escamas por sexos son:

$L_t = 27.6751[1 - \exp\{-0.2788(t + 0.4249)\}]$	todos los organismos
$L_t = 29.9287[1 - \exp\{-0.2436(t + 0.5034)\}]$	machos
$L_t = 24.2997[1 - \exp\{-0.3468(t + 0.4938)\}]$	machos e indeterminados

$L_t = 24.2997[1 - \exp\{-0.3468(t + 0.4938)\}]$	hembras
$L_t = 26.7602[1 - \exp\{-0.2977(t + 0.4260)\}]$	hembras e indeterminados

Por otra parte, los modelos de crecimiento en peso de von Bertalanffy, estimados por la lectura de escamas, por sexos fueron:

$P_t = 305.5669[1 - \exp\{-0.2788(t + 0.4249)\}]^{2.7137}$	todos los organismos
$P_t = 371.1602[1 - \exp\{-0.2436(t + 0.5034)\}]^{2.6714}$	machos
$P_t = 214.1900[1 - \exp\{-0.3468(t + 0.4938)\}]^{2.6958}$	machos e indeterminados
$P_t = 205.3072[1 - \exp\{-0.3468(t + 0.4938)\}]^{2.6913}$	hembras
$P_t = 274.4842[1 - \exp\{-0.2977(t + 0.4260)\}]^{2.7370}$	hembras e indeterminados

Los modelos de crecimiento en longitud (L_t) de Gompertz, producidos por la lectura de escamas, por sexos se presentan a continuación:

$L_t = 19.9907[\exp\{-\exp\{-0.7793(t - 0.7307)\}\}]$	todos los organismos
$L_t = 21.9609[\exp\{-\exp\{-0.6327(t - 0.8042)\}\}]$	machos
$L_t = 19.4800[\exp\{-\exp\{-0.8010(t - 0.5542)\}\}]$	machos e indeterminados
$L_t = 19.7950[\exp\{-\exp\{-0.7205(t - 0.6524)\}\}]$	hembras
$L_t = 19.8628[\exp\{-\exp\{-0.7961(t - 0.6930)\}\}]$	hembras e indeterminados

La lectura de anillos de crecimiento en escamas, generó los valores correspondientes a los parámetros del modelo Logístico, cuyas ecuaciones por sexos son:

$L_t = 18.1995/[1 + \exp\{-1.2664(t - 1.0717)\}]$	todos los organismos
$L_t = 18.1995/[1 + \exp\{-1.0253(t - 1.1667)\}]$	machos
$L_t = 18.0602/[1 + \exp\{-1.2469(t - 0.9157)\}]$	machos e indeterminados
$L_t = 18.2305/[1 + \exp\{-1.1106(t - 1.0241)\}]$	hembras
$L_t = 18.1663/[1 + \exp\{-1.2832(t - 1.0350)\}]$	hembras e indeterminados

Los resultados indican que los otolitos son más adecuados para estimar la edad y el crecimiento en comparación con las escamas debido a que los valores estimados para los parámetros de los modelos presentan menor dispersión. Las lecturas de escamas y otolitos (por separado y concordantes) así como el análisis de frecuencia de tallas sugirieron la existencia de siete grupos de edad o cohortes.

Los modelos de crecimiento de von Bertalanffy para longitud total (L_t), determinados por la lectura en otolitos, por sexos fueron:

$L_t = 25.7473 [1 - \exp\{-0.3145(t + 0.3336)\}]$	todos los organismos
$L_t = 24.4132 [1 - \exp\{-0.3633(t + 0.1661)\}]$	machos
$L_t = 32.0644 [1 - \exp\{-0.2245(t + 0.3818)\}]$	machos e indeterminados
$L_t = 23.1695 [1 - \exp\{-0.4243(t + 0.1432)\}]$	hembras
$L_t = 25.4266 [1 - \exp\{-0.3026(t + 0.3597)\}]$	hembras e indeterminados

Por otra parte, los modelos de crecimiento de von Bertalanffy para el peso total (P_t), determinados por la lectura en otolitos, por sexos, son los siguientes:

$P_t = 251.1953[1 - \exp\{-0.3145(t + 0.3336)\}]^{2.7137}$	todos los organismos
$P_t = 215.3977[1 - \exp\{-0.3633(t + 0.1661)\}]^{2.6714}$	machos
$P_t = 452.3070[1 - \exp\{-0.2245(t + 0.3818)\}]^{2.6958}$	machos e indeterminados
$P_t = 183.3791[1 - \exp\{-0.4243(t + 0.1432)\}]^{2.6913}$	hembras
$P_t = 238.6453[1 - \exp\{-0.4243(t + 0.1432)\}]^{2.7370}$	hembras e indeterminados

Las ecuaciones de los modelos de crecimiento de Gompertz para longitud total (L_t), generados por la lectura de otolitos, por sexos, fueron:

$L_t = 18.7443(\exp[-\exp\{-0.8961(t + 0.7152)\}])$	todos los organismos
$L_t = 19.5398(\exp[-\exp\{-0.8292(t - 0.8192)\}])$	machos
$L_t = 20.0884(\exp[-\exp\{-0.8010(t - 0.8372)\}])$	machos e indeterminados
$L_t = 19.4812(\exp[-\exp\{-0.8764(t - 0.7473)\}])$	hembras
$L_t = 18.3479(\exp[-\exp\{-0.8675(t - 0.7128)\}])$	hembras e indeterminados

La razón de incremento marginal en otolitos detectó dos períodos para la formación de anillos de crecimiento, correspondientes a los meses de enero – febrero (secas) y septiembre (lluvias). La lectura de anillos de crecimiento en otolitos identificó siete grupos de edad que van de 0 a 3 años, con intervalos de 0.5 años.

Los modelos de crecimiento Logístico para longitud total, determinadas por la lectura en otolitos, por sexos se transcriben a continuación:

$L_t = 17.1955/[1 + \exp\{-1.4657(t + 1.0279)\}]$	todos los organismos
$L_t = 17.1955/[1 + \exp\{-1.3707(t - 1.1387)\}]$	machos e indeterminados
$L_t = 16.7733/[1 + \exp\{-1.4194(t - 1.0272)\}]$	hembras e indeterminados

En general los modelos de von Bertalanffy, Gompertz y Logístico, describen adecuadamente ($r^2 = 0.99$) el crecimiento observado. Al considerar la edad estimada por escamas u otolitos en cada uno de los individuos se observa que los mejores ajustes son resultado de los modelos de crecimiento de Gompertz y/o Logístico, debido a que estos atraviesan la región central de los intervalos datos individuales de longitud para cada edad, aunque (considerando el coeficiente de determinación) todos los modelos son adecuados ($r^2 = 0.9$) para expresar el crecimiento de la tilapia presente en la presa.

De las lecturas en escamas y otolitos, las pruebas T^2 de Hotelling y razón de verosimilitud, no manifestaron la existencia de diferencias significativas entre sexos para los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy, aunque los valores correspondientes a la longitud asintótica sean mayores para machos y machos con indeterminados, en comparación las de las hembras y hembras con indeterminados.

239 organismos (44.6%) mostraron igual número de anillos de crecimiento en escamas y otolitos, lo cual indica la independencia en las lecturas y las diferencias entre estas estructuras. De igual forma como en los anteriores métodos para determinar la edad, los concordantes sugieren la presencia de siete grupos de edad, los cuales generaron las siguientes expresiones, de acuerdo a los modelos empleados:

$L_t = 22.3943[1 - \exp\{-0.5576(t + 0.2250)\}]$	von Bertalanffy
$L_t = 19.1247[\exp\{-\exp\{-1.2440(t - 0.5491)\}\}]$	Gompertz
$L_t = 18.1515/[1 + \exp\{-1.9859(t - 0.8450)\}]$	Logístico

Finalmente, a través de los métodos para estimar la edad (frecuencia de longitud y lectura de escamas y otolitos), así como de los organismos concordantes, se obtuvieron siete grupos de edad o cohortes cuyos valores promedio son aproximadamente: 3.1, 5.9, 9.2, 11.4, 14.1, 15.7 y 16.9 cm de longitud total.

ABSTRACT

Age and growth of tilapia (mojarra) *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1757) from Emiliano Zapata dam, Morelos State, Mexico were estimated by length frequency analysis with gaussian kernel density estimators and growth rings' reading on scales and otoliths sagittae.

The ages estimated by each of these methods were used to calculate the growth functions. The von Bertalanffy's model was estimated through methods based in linear regression (Ford – Walford, Gulland, Gulland – Holt, y Beverton – Holt) and by simple and weighted non linear regression. In addition, the Gompertz and Logistic models were adjusted by simple non linear regression. The agreement between scale and otolith age estimations was verified. Length frequency analysis, in conjunction with additional biological information, like the knowledge of the reproductive cycle, produced useful growth estimations. The growth estimated by length frequency analysis was validated with scale and otolith readings.

Length frequency analysis by gaussian kernel density estimators identified seven size groups or cohorts in December 2004. The equations for the length (L_t) growth models, resulting from organisms captured on December are:

$$\begin{array}{ll} L_t = 22.8640 [1 - \exp \{-0.3579(t + 0.4796)\}] & \text{von Bertalanffy} \\ L_t = 18.1830(\exp[-\exp\{-0.8490(t + 0.5300)\}]) & \text{Gompertz} \\ L_t = 16.8371/[1 + \exp\{-1.3361(t + 0.8677)\}] & \text{Logistic} \end{array}$$

The von Bertalanffy's models for weight (P_t) growth, determined from length frequency analysis by sexes are:

$$\begin{array}{ll} P_t = 169.9882[1 - \exp \{-0.3579(t + 0.4796)\}]^{2.7137} & \text{all organisms} \\ P_t = 248.9104[1 - \exp \{-0.2852(t + 0.5595)\}]^{2.6958} & \text{males and indeterminates} \\ P_t = 278.3899[1 - \exp \{-0.2799(t + 0.3957)\}]^{2.7370} & \text{females and indeterminates} \end{array}$$

Gompertz's growth models in length (L_t), from length frequency analysis by sexes are:

$$\begin{array}{ll} L_t = 18.9022(\exp[-\exp\{-0.8066(t + 0.5880)\}]) & \text{males and indeterminates} \\ L_t = 18.7367(\exp[-\exp\{-0.9098(t + 0.7416)\}]) & \text{females e indeterminates} \end{array}$$

Logistics' growth models in length (L_t), result of the length frequency analysis by sexes:

$$\begin{array}{ll} L_t = 17.2372/[1 + \exp\{-1.4075(t + 0.8997)\}] & \text{males and indeterminates} \\ L_t = 17.0337/[1 + \exp\{-1.7007(t + 1.0407)\}] & \text{females and indeterminates} \end{array}$$

Marginal increment analysis of scales suggests two moments for the growth ring's formation: July (rainy) and January (dry season). From the scale reading seven age – groups were identified, from 0 to 3 years old, with intervals of 0.5 year.

von Bertalanffy's growth models in length (L_t), determinates for scales, by sexes:

$$\begin{array}{ll} L_t = 27.6751[1 - \exp \{-0.2788(t + 0.4249)\}] & \text{all organisms} \\ L_t = 29.9287[1 - \exp \{-0.2436(t + 0.5034)\}] & \text{males} \\ L_t = 24.2997[1 - \exp \{-0.3468(t + 0.4938)\}] & \text{males and indeterminates} \\ L_t = 24.2997[1 - \exp \{-0.3468(t + 0.4938)\}] & \text{females} \\ L_t = 26.7602[1 - \exp \{-0.2977(t + 0.4260)\}] & \text{females and indeterminates} \end{array}$$

On the other hand, von Bertalanffy's growth models in weight (P_t), estimated by scales, by sexes were:

$P_t = 305.5669[1 - \exp\{-0.2788(t + 0.4249)\}]^{2.7137}$	all organisms
$P_t = 371.1602[1 - \exp\{-0.2436(t + 0.5034)\}]^{2.6714}$	males
$P_t = 214.1900[1 - \exp\{-0.3468(t + 0.4938)\}]^{2.6958}$	males and indeterminates
$P_t = 205.3072[1 - \exp\{-0.3468(t + 0.4938)\}]^{2.6913}$	females
$P_t = 274.4842[1 - \exp\{-0.2977(t + 0.4260)\}]^{2.7370}$	females and indeterminates

Gompertz's growth models, in length, produced from scale readings by sexes are as follows:

$L_t = 19.9907(\exp[-\exp\{-0.7793(t - 0.7307)\}])$	all organisms
$L_t = 21.9609(\exp[-\exp\{-0.6327(t - 0.8042)\}])$	males
$L_t = 19.4800(\exp[-\exp\{-0.8010(t - 0.5542)\}])$	males and indeterminates
$L_t = 19.7950(\exp[-\exp\{-0.7205(t - 0.6524)\}])$	females
$L_t = 19.8628(\exp[-\exp\{-0.7961(t - 0.6930)\}])$	females and indeterminates

Growth rings' reading on scales, generated values for the parameters to Logistics' model; equations by sexes:

$L_t = 18.1995/[1 + \exp\{-1.2664(t - 1.0717)\}]$	all organisms
$L_t = 18.1995/[1 + \exp\{-1.0253(t - 1.1667)\}]$	males
$L_t = 18.0602/[1 + \exp\{-1.2469(t - 0.9157)\}]$	males and indeterminates
$L_t = 18.2305/[1 + \exp\{-1.1106(t - 1.0241)\}]$	females
$L_t = 18.1663/[1 + \exp\{-1.2832(t - 1.0350)\}]$	females and indeterminates

Results indicated otoliths were more appropriate for age and growth estimation compared with scales because otoliths had less data dispersion. The scale and otolith readings (for separated and in agreement), besides length frequency analysis, suggested the existence of seven age – groups or cohorts.

von Bertalanffy's growth models in length (L_t), product the otholits reading, by sexes :

$L_t = 25.7473 [1 - \exp\{-0.3145(t + 0.3336)\}]$	all organisms
$L_t = 24.4132 [1 - \exp\{-0.3633(t + 0.1661)\}]$	males
$L_t = 32.0644 [1 - \exp\{-0.2245(t + 0.3818)\}]$	males and indeterminates
$L_t = 23.1695 [1 - \exp\{-0.4243(t + 0.1432)\}]$	females
$L_t = 25.4266 [1 - \exp\{-0.3026(t + 0.3597)\}]$	females and indeterminates

Considering the weight, von Bertalanffy's models (P_t), determined from otolith's reading, by sexes are as follows:

$P_t = 251.1953[1 - \exp\{-0.3145(t + 0.3336)\}]^{2.7137}$	all organisms
$P_t = 215.3977[1 - \exp\{-0.3633(t + 0.1661)\}]^{2.6714}$	males
$P_t = 452.3070[1 - \exp\{-0.2245(t + 0.3818)\}]^{2.6958}$	males and indeterminates
$P_t = 183.3791[1 - \exp\{-0.4243(t - 0.1432)\}]^{2.6913}$	females
$P_t = 238.6453[1 - \exp\{-0.4243(t + 0.1432)\}]^{2.7370}$	females and indeterminates

Equations for the Gompertz and Logistic growth models for total length (L_t), generated from otolith readings, by sexes were:

$L_t = 18.7443(\exp[-\exp\{-0.8961(t + 0.7152)\}])$	all organisms
$L_t = 19.5398(\exp[-\exp\{-0.8292(t - 0.8192)\}])$	males
$L_t = 20.0884(\exp[-\exp\{-0.8010(t - 0.8372)\}])$	males and indeterminates
$L_t = 19.4812(\exp[-\exp\{-0.8764(t - 0.7473)\}])$	females
$L_t = 18.3479(\exp[-\exp\{-0.8675(t - 0.7128)\}])$	females and indeterminates

Marginal increment ratio on otoliths detected two periods of growth rings formation, corresponding to dry (January – February) and rainy (September) seasons. The otolith growth rings' reading identified seven age - groups from 0 to 3 years old, with intervals 0.5 years.

Logistics' growth models for total length (L_t), estimated by otolith readings, by sexes, are transcribed as follows:

$$\begin{array}{ll} L_t = 17.1955/[1 + \exp\{-1.4657(t + 1.0279)\}] & \text{all organisms} \\ L_t = 17.1955/[1 + \exp\{-1.3707(t - 1.1387)\}] & \text{males and indeterminates} \\ L_t = 16.7733/[1 + \exp\{-1.4194(t - 1.0272)\}] & \text{females and indeterminates} \end{array}$$

In general, the von Bertalanffy, Gompertz and Logistic models, describes appropriately ($r^2 = 0.99$) the observed growth. Considering individual scale and otolith age estimations, it is observed that the best fittings result from Gompertz and/or Logistic growth models, because the estimated curves cross the middle region of the length at age points. However, (considering the determination coefficient values around 0.9) all the fitted models could express adequately tilapia's growth at the dam.

From scale and otolith readings, Hotelling's T^2 and likelihood ratio tests, manifested non significant sexual differences for the parameters of von Bertalanffy growth models, even though values for the asymptotic length in males and males – indeterminates were bigger than those from females and females – indeterminates.

239 organisms (44.6%) showed equal number of growth rings' on scales and otoliths, indicating independence on readings and the difference between these structures. Similarly with the previous methods of age estimations, the agreement suggests the existence of seven age – groups, generating the following expressions:

$$\begin{array}{ll} L_t = 22.3943[1 - \exp\{-0.5576(t + 0.2250)\}] & \text{von Bertalanffy} \\ L_t = 19.1247(\exp[-\exp\{-1.2440(t - 0.5491)\}]) & \text{Gompertz} \\ L_t = 18.1515/[1 + \exp\{-1.9859(t - 0.8450)\}] & \text{Logistic} \end{array}$$

Finally, through length frequency analysis by gaussian kernel density estimators; scales and otoliths readings, besides the individuals in agreement, seven cohorts or age – groups were identified, whose mean values of length at age were approximately: 3.1, 5.9, 9.2, 11.4, 14.1, 15.7 and 16.9 cm.

1. INTRODUCCIÓN

México cuenta con una gran cantidad de cuerpos de agua epicontinentales, en los cuales se incluyen lagos, lagunas, presas y distintos ecosistemas acuáticos de distinto origen (Arredondo-Figueroa y Flores-Nava, 1992).

Los cuerpos de agua naturales y artificiales que existen en México cubren una superficie total estimada en 2,900,000 ha., en los que se incluyen 13,935 lagos y embalses así como reservorios con un área de 1,163,051 ha., de las cuales el 84% tienen superficies menores de 10 ha. Para las actividades de acuicultura se han identificado 613 embalses y 95 lagos en 30 estados, con una superficie total de 988,088 ha (Sugunan, 1997). A pesar de no contar con un inventario completo de la disponibilidad de los cuerpos de agua epicontinentales, se dispone de un potencial que se ubica preferentemente en la Meseta Central Norte, Meseta Central de México y las planicies de Tabasco, Campeche y Quintana Roo; cuyo estudio permitiría plantear estrategias de uso y manejo de estos recursos (Arredondo-Figueroa y Flores-Nava, 1992).

El estado de Morelos, el cual representa el 0.3% de la superficie del país cuenta con varios cuerpos de agua de gran importancia económica ecológica y cultural (Contreras-MacBeath, 1995). La mayoría de estos cuerpos de agua han sido utilizados de manera tradicional como fuentes de abastecimiento de agua para actividades agrícolas, uso doméstico, abrevadero, generación de energía eléctrica, recreación y más recientemente en la producción acuícola de especies endémicas o introducidas como fuente de proteína de origen animal, ya que alguno de ellos han resultado ser excelentes productores de peces o crustáceos de importancia económica cuando son utilizados para propósitos de cultivo (Arredondo-Figueroa *et al.*, 1982)

Las pesquerías establecidas en las aguas continentales están representadas por un conjunto de especies dentro de las que destacan la lobina negra, las carpas, los bagres, las tilapias, el charal, el pez blanco, la acúmara, la popocha, el topote, la trucha arcoiris y el peje lagarto, entre otras, de las cuales las seis primeras son las más importantes por los volúmenes de producción que se obtienen a nivel nacional, de éstas cuatro son introducidas, tilapias y carpas representan más del 80% de las capturas obtenidas en los grandes embalses (Gómez-Márquez, 2002).

Las tilapias, peces nativos del Africa han contribuido en gran medida al desarrollo regional de diversas comunidades en diferentes países, ya que por su alto potencial productivo, aportan alimento de alta calidad proteica a bajo costo. Welcomme (1968), menciona que *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1757) fue introducida en 38 países con gran éxito que obedece a su capacidad reproductiva, resistencia física, rápida ganancia en talla y peso, resistencia a las enfermedades, elevada productividad debido a su tolerancia a desarrollarse en condiciones de alta densidad, habilidad para sobrevivir a bajas condiciones de oxígeno así como un amplio intervalo de salinidades y porque tiene alta capacidad de convertir eficientemente subproductos agrícolas en proteínas de alta calidad. La tilapia desde su introducción en 1964, ha brindado enormes beneficios de tipo social y económico a las poblaciones rurales ribereñas de estos cuerpos de agua a tal grado que sostienen grandes pesquerías (Arredondo-Figueroa, 1983).

Desde el inicio de la pesquería de la tilapia o mojarra en México, las medidas de regulación para los diferentes embalses han estado sustentadas en escasos estudios y la generación de una fuente proteica a bajo costo se ha convertido en un problema, porque ésta no satisface las demandas de las comunidades aledañas, dada la baja productividad e incluso el bajo desarrollo y crecimiento en peso y talla de los organismos (Gómez-Márquez, 2002).

Para el año 2001 el volumen de producción pesquera nacional de mojarra fue de 74,031 ton. De peso vivo, de las cuales 402 toneladas fueron extraídas del estado de Morelos, el cual ocupa el quinto lugar de producción de mojarra. En los últimos años se ha detectado una disminución en la producción pues en 1997 se obtuvieron 1,078 ton., mientras en 2001 sólo se capturaron 402 ton. (Anónimo 2002)

La presa Emiliano Zapata en el estado de Morelos es un cuerpo de agua que es aprovechado para la agricultura, como abrevadero y almacenamiento de agua, además del cultivo de la tilapia del Nilo, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1757) de forma extensiva, el cual se ha mantenido a través de programas de repoblamiento por parte de la Secretaría de Pesca del Estado (Gómez-Márquez y Peña-Mendoza, 1995).

Así el conocimiento de la composición de edades y el crecimiento de una población de peces es esencial para un adecuado manejo de los recursos. La información correcta de la edad es necesaria para predicciones de longevidad, establecimiento de registros del índice de crecimiento, edad de madurez, edad a la cual se realizan migraciones y el conocimiento de períodos críticos en la vida de una población (Rounsefell y Everhart, 1953; Everhart y Youngs, 1975). Este conocimiento permitirá determinar el efecto que presenta la pesca sobre una población, puesto que esta actividad podría estar ejerciéndose sobre los organismos que aun no se reproducen, así el conocimiento de la talla promedio y variación a lo largo de los años es importante para realizar comparaciones (Jearld, 1983). Por lo cual los modelos matemáticos, adquieren relevancia. El modelo de von Bertalanffy, es la representación del crecimiento más utilizada en estudios de producción pesquera (Everhart y Youngs, 1981; Guerra y Sánchez, 1998) debido a que satisface dos importantes criterios: se ajusta fácilmente a los datos observados de crecimiento y puede integrarse a los modelos de evaluación de poblaciones (Everhart y Youngs, 1981)

Aunque el crecimiento de muchas especies de peces y crustáceos explotados comercialmente se ajusta bastante bien a la función de crecimiento de von Bertalanffy; se ha observado en otras especies, como los cefalópodos, que el crecimiento se representa mejor mediante otro tipo de modelos matemáticos, entre ellos: a) Lineal, b). Logarítmico o potencial, c). Exponencial, d). Doble exponencial, e). Gompertz y f). Logístico (Guerra y Sánchez, 1998)

Schnute (1981) demostró que los modelos de von Bertalanffy, Gompertz y Logístico son variaciones de una ecuación diferencial general. Asimismo Richards (1959). indicó, dichas funciones eran casos particulares de una expresión general, no sólo válida para representar el crecimiento sino además para otros fenómenos (Guerra y Sánchez, 1998).

Tradicionalmente para analizar datos de frecuencias de tallas se han empleado histogramas y polígonos de frecuencia (Petersen, 1892). El procedimiento estadístico para mostrar la distribución de las longitudes, histograma, es un suavizador de datos con la amplitud del intervalo (Härdle, 1991) El número de modas es una característica de los datos pero depende de la amplitud del intervalo (Salgado-Ugarte, *et al.*, 2005). A pesar de su amplio uso éstos, pueden ser muy burdos para propósitos detallados del análisis de la distribución (Tarter y Kronmal, 1976). Existen cuatro problemas cuando se usan histogramas (Fox, 1990). Los problemas del origen y discontinuidad son superados al calcular la densidad local en cada punto de datos y no en las marcas de clase. La discontinuidad es atacada al considerar funciones ponderales de variación gradual, como la función Gaussiana. De esta forma es posible emplear una figura en forma de campana centrada en cada valor de datos y sumar estas curvas individuales para obtener el resultado final, por lo cual es (Salgado-Ugarte, *et al.*, 2005). Estas nociones conducen a los estimadores de densidad por kernel (Rosenblatt, 1956).

2. ANTECEDENTES

2.1. Estimaciones de la edad y el crecimiento

A continuación se presentan de manera cronológica los trabajos realizados sobre edad y crecimiento en la tilapia o mojarra. Fagade (1974), por medio de la lectura de anillos en opérculo, determinó la edad y crecimiento de *Tilapia melanotheron* de la Laguna Lagos, Nigeria, encontrando que los anillos leídos se relacionaban con los eventos de reproducción, cuya ocurrencia sucede una vez por año, junio a octubre; los organismos raramente pasaban los cuatro años de edad.

Guerra-Hernández y Peña-Mendoza (1985) en su estudio del crecimiento de *Oreochromis urolepis hornorum* presente en el bordo Michapa, Morelos, México, reportan diferencias significativas entre machos y hembras con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ según los datos longitud, peso y altura, así como una alta significancia a un $\alpha = 0.01$ para longitud. Mencionan que el crecimiento es de tipo alométrico. Conforme a Petersen y Bhattacharya encuentran 4 grupos de edad tanto para hembras como machos. Los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy para los últimos son: $L_{\infty} = 14.31$ cm, $W_{\infty} = 91.08$ g, $K = 0.3705$; valores alcanzados en 23 semanas, los correspondientes a las hembras son: $L_{\infty} = 13.8$ cm, $W_{\infty} = 84.46$ g, $K = 0.4471$ en 20 semanas

Alejo-Plata *et al.* (1989) en su estudio de algunos aspectos biológicos de *Oreochromis mossambicus* en la laguna “El Rodeo”, Morelos, México, reportan que la proporción entre hembras y machos es variante a lo largo del ciclo anual 5:4 en general, la talla mínima de madurez sexual en hembras es de 53 mm y machos 55 mm de longitud estándar. Conforme a la relación peso – longitud el crecimiento es de tipo alométrico negativo. Del análisis de frecuencia de tallas se obtuvieron 7 clases de edad tanto para hembras como machos, conforme al método de Bhattacharya. De la lectura de escamas se determinaron 5 grupos para hembras y machos. Los valores de los parámetros de las funciones de crecimiento de von Bertalanffy son los siguientes: $L_{\infty} = 139.56$ cm lp, $K = 0.1898$, $t_0 = -0.2369$, $W_{\infty} = 79.85$ g para hembras; $L_{\infty} = 140.5847$ cm de Lp, $K = 0.1518$, $t_0 = -0.0692$, $W_{\infty} = 87.78$ g machos. Los parámetros de la función de crecimiento de Gompertz son: $K = 0.4306$, $b = 1.5381$, $c = 3.572$ para hembras y $K = 0.302$, $b = 1.3525$, $c = 4.4786$ para machos. La tasa instantánea de mortalidad total es relativamente alta (0.548) con relación a la tasa de supervivencia (0.452), afectando las edades 2 a 6. La mortalidad natural (34.92%) es mayor que por pesca(19.87%)

Yamaguchi *et al.* (1990) determinaron edad y crecimiento en *Oreochromis niloticus* y *Sarotherodon galilaeus* presentes en High Dam Lake, Egipto, para ello utilizaron los anillos de crecimiento observados en escamas como resultado de su análisis encontraron que para la primera especie, éstos se forman durante enero, los valores de los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy por sexo son: $L_{\infty} = 36.90$ cm, $K = 0.545$, $t_0 = -0.117$ en machos y $L_{\infty} = 42.77$ cm, $K = 0.384$, $t_0 = -0.359$ en hembras.

Morales (1991) determinó edad y crecimiento en *Oreochromis niloticus* presente en la presa “Miguel Alemán Velasco”, Temascal, Oaxaca, mediante la lectura de anillos en escamas contró 4 grupos de edad (12, 22, 32 y 36 cm), conforme al método de Ford –Walford se estimaron los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy $L_{\infty} = 49$ cm, $K = 0.361$, $t_0 = -0.235$.

Jaramillo–Salazar y Sánchez–Vázquez (1991) por su parte evaluaron el crecimiento de la carpa (*Cyprinus carpio rubrofuscus*) y la tilapia (*Oreochromis urolepis hornorum*) bajo condiciones de policultivo en el bordo de temporal Chavarría, Morelos. Del análisis de la frecuencia de tallas por

medio de los métodos de Petersen y Bhattacharya en la tilapia, determinaron las constantes de la función de crecimiento de von Bertalanffy: $L_{\infty} = 148$ mm, $K = 0.4471$ y $t_0 = -0.3201$.

Banda (1992) estimó edad y crecimiento con ejemplares de *Oreochromis lidole*, *O. squamipinnis* y *O. karongae* procedentes del Lago Malawi; mediante la lectura de anillos de crecimiento en huesos operculares; los datos muestran que estos anillos se forman una vez al año, encontró seis grupos de edad; los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy estimados fueron: $L_{\infty} = 43.2$ cm longitud total, $K = 0.18$ y $t_0 = -1.29$; $L_{\infty} = 37.7$ cm longitud total, $K = 0.24$ y $t_0 = -0.97$; $L_{\infty} = 41.3$ cm longitud total, $K = 0.18$ y $t_0 = -1.34$.

Getabu (1992) estimó los parámetros de crecimiento, mortalidad total e índice de crecimiento de *Oreochromis niloticus* procedente de Nyanza Gulf, Lake Victory, Kenia, mediante el análisis de frecuencia de tallas, los resultados son: $L_{\infty} = 64.6$ cm longitud total, $K = 0.254$, $W_{\infty} = 5.935$ kg, $Z = 0.818$ y $\emptyset = 3.025$

Faltas *et al.* (1994) determinaron edad y crecimiento de *Oreochromis niloticus*, proveniente del lago Mariut, Egipto, por medio de la lectura de anillos de crecimiento presentes en escamas, sus resultados indican que no existen diferencias significativas entre el crecimiento en longitud-peso entre machos y hembras; los valores de la función de crecimiento de von Bertalanffy reportados $L_{\infty} = 33.29$ cm de longitud total, $K = 0.2389$, $t_0 = -0.1847$, $W_{\infty} = 677.65$ g peso total.

Flores-Maldonado (1994) estimó el crecimiento de *Oreochromis niloticus* sembrados en estanques de concreto con fertilización inorgánica y orgánica en la Ciudad de México durante un período de 300 días, mediante el método de Bhattacharya incluido en el programa ELEFAN, encontró cinco grupos de edad en ambos estanques, los valores correspondientes a los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy fueron: $L_{\infty} = 20.1+76$ cm longitud estándar, $K = 0.2038$, $t_0 = -0.1144$ y $L_{\infty} = 17.5$ cm longitud estándar, $K = 0.2139$, $t_0 = -0.5913$ para estanques con fertilización inorgánica y orgánica respectivamente. Encontró diferencias significativas entre el crecimiento mostrado por los estanques, así como entre el grado de bienestar, siendo en ambos casos mayor el valor para el estanque inorgánico.

Guzmán (1994), al estimar edad y crecimiento por la lectura de anillos en escamas de *Oreochromis aureus* de la presa El Infiernillo, Michoacán-Guerrero, obtenidos de captura comercial de agosto de 1991 a julio de 1992 encontró seis clases de edad. Los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy fueron los siguientes: $L_{\infty} = 406.41$ mm, $K = 0.111$ y $t_0 = -1.121$

En 1995, Morales-Nin realizó un análisis del incremento diario con secciones de otolitos de tres especies de tilapias, entre ellas *Oreochromis niloticus* provenientes del lago Victoria sus resultados para esta especie en particular indican, dado el arreglo cristalino en esta estructura la determinación de la edad es difícil en los organismos que presentan una talla mayor a los 9 cm, cuya edad estimada es de 305 días.

Ramos-Cruz (1995) trabajando reproducción y crecimiento en *Oreochromis aureus* de la presa Benito Juárez, Oaxaca, reportó que los machos conforman el 72.2% de la población; la madurez sexual es alcanzada a los 235 mm de longitud total; los períodos de desove se registraron de febrero a marzo y de junio o julio a octubre. Las constantes del modelo de von Bertalanffy en ambos sexos es de $L_{\infty} = 296$ mm, $K = 0.218$, $t_0 = -0.904$ y $W_{\infty} = 500$ g.

Palacios (1995) mediante el análisis de frecuencia de tallas de Petersen, Cassie y Bhattacharya para *Oreochromis aureus*, determinó seis grupos de edad para cada sexo en la presa Adolfo López

Mateos (El Infiernillo) Encontró que las hembras presentan un valor menor (0.1309) en comparación con los machos (0.1724) para el valor de índice de catabolismo (K)

Booth y Merron (1996) estimaron edad y crecimiento en la tilapia, *Oreochromis macrochir*, procedente de Okavango Delta, Botswana, mediante anillos de crecimiento observados en secciones de otolitos, sus resultados indican que estos anillos se forman una vez por año, encontraron 11 grupos de edad, con los cuales se estimó el valor para los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy: $L_{\infty} = 215.24$ cm longitud estándar, $K = 0.42$, $t_0 = -1.08$.

Garduño-Paredes y Avelar-Esquivel (1996) al estimar edad y crecimiento en *Oreochromis niloticus* en la laguna de Coatetelco, Morelos; reportan para la relación peso – longitud patrón que el crecimiento es de tipo alométrico negativo, presentándose diferencias significativas entre sexos. Se evidenciaron dos épocas reproductivas: enero y junio. Conforme al análisis de frecuencia de tallas se determinaron 7 clases de edad para la muestra y hembras, sólo 5 clases para machos. Con la lectura de escamas se estimaron 5 grupos de edad y con hueso opercular 6 grupos. Se registraron dos períodos de formación de anillos en escamas: diciembre – enero y junio – julio; en opérculos se presentan también dos períodos de formación de anillos: enero – febrero y junio; en ambas estructuras estos son promovidos por la reproducción. Los parámetros estimados para la función de crecimiento de von Bertalanffy son: $L_{\infty} = 27.81$ cm longitud estándar, $K = 0.0665$, $t_0 = -5225$ del análisis de frecuencia de tallas. $L_{\infty} = 27.76$ cm longitud estándar, $K = 0.0727$, $t_0 = -0.5070$ lectura de escamas. $L_{\infty} = 24.40$ cm longitud estándar, $K = 0.0560$, $t_0 = -1.3574$ lectura del hueso opercular.

Santiago-López y Jardón-Olvera (1997) llevaron a cabo el estudio biológico pesquero de cuatro especies de cíclidos en la presa “Cerro de Oro”, Oaxaca. Los valores para las constantes de la función de crecimiento de von Bertalanffy, estimadas a partir de la lectura de escamas de *Oreochromis niloticus* son: $L_{\infty} = 42.02$ cm, $K = 0.1497$ y $t_0 = -0.1044$

Wudneh (1998) en su trabajo biología y manejo de los peces del Lago Tana, en el Golfo Bahir Dar, Etiopía, estimó edad, crecimiento, mortalidad entre otros parámetros para diversas especies como *Oreochromis niloticus*. La estimación de los dos primeros mediante el programa ELEFAN y lectura de anillos de crecimiento diario y estacionales en otolitos, de la primera lectura reporta una media de 52.5 ± 7.5 por macrozona, lo cual indica la formación de 8 a 6 macrozonas por año y cada anillo de crecimiento estacional es equivalente a 0.17 o 0.13 años. Conforme a la lectura de otolitos: $L_{\infty} = 34.7$ cm lt, $K = 0.074$ machos, $L_{\infty} = 36.3$ cm lt, $K = 0.078$ hembras. No hubo diferencias significativas entre sexos. Por otra parte, las constantes de la función de crecimiento de von Bertalanffy, conforme al análisis de frecuencia de tallas: $L_{\infty} = 34.0$ cm lt, $K = 0.06$. La pesquería de esta especie está soportada por individuos de 2.3 años con una longitud de 24 cm.

Jover *et al.*, (1998) en su estudio del crecimiento de la tilapia con dietas a diferente nivel proteico reportan las tilapias con 40% de proteína presentaron un nivel significativo en el crecimiento de la longitud estándar, altura y anchura. Con diferencias significativas en el crecimiento entre sexos, pues los machos tienen un mayor crecimiento que las hembras.

Beltrán-Álvarez *et al.* (1998) realizaron un estudio biológico – pesquero de la mojarra *Oreochromis aureus* en la presa Gustavo Díaz Ordaz, Sinaloa, México, los resultados presentados indican una mayor proporción de machos (1H:1.02M), tres pulsos de reproducción, siendo el más importante de abril a mayo, alcanzando su madurez sexual a los 204 mm; la talla de reclutamiento a la pesquería es de 323 mm; en cuanto a la edad estimaron cinco grupos de edad, de acuerdo con un análisis de frecuencia de tallas, que permitieron determinar los valores de las constantes de la función de crecimiento de von Bertalanffy: $L_{\infty} = 421.69$ mm, $K = 0.356$, $t_0 = -0.038$, $W_{\infty} = 1331$ g.

Admassu y Casselman (2000) determinaron edad y crecimiento de *Oreochromis niloticus* presentes en el Lago Awassa, Etiopía, mediante la lectura de otolitos sagittae. Sus resultados sugieren que se presentan dos períodos de formación de anillos: enero – febrero y junio – julio; presentándose una edad de reclutamiento de 6.5 meses, a la cual se forma el primer anillo de crecimiento posteriormente la depositación se realiza cada seis meses. Así, la longitud total media cuando se presentan tres anillos es de 110 a 138 mm longitud total con una edad entre 1.43 y 1.69 años.

Duponchele y Legendre (2000) trabajaron con ejemplares de *Oreochromis niloticus* en el lago Ayame, Costa de Marfil; los datos obtenidos indican que la temporada de reproducción ocurre de enero a septiembre con un pico entre abril – mayo y julio, determinado por la estacionalidad, el tamaño del cuerpo de agua y fotoperíodo; la edad de primera madurez sexual se alcanza a los 10 meses de edad cuando los organismos presentan una talla entre 11.6 cm y 13.5 cm de longitud estándar o patrón; el número de huevos producidos por las hembras es escaso (416 y 343 por 100 g de peso), aunque estos son grandes (7.7 a 7.9 mg)

Gómez-Márquez (2002) realizó un análisis sobre la morfometría, batimetría, calidad del agua y aspectos biológico – pesqueros de la tilapia del Nilo, *Oreochromis niloticus*, del lago de Coatetelco, Morelos, México. Los resultados presentados indican una diferencia significativa entre sexos con respecto a la relación peso – longitud, en cuanto a la muestra la longitud patrón o estándar presenta un mayor coeficiente de determinación y además significativo ($r^2 = 0.832$, $F = 1449.39$, $P < 0.05$) en comparación con la longitud total ($r^2 = 0.8205$, $F = 1443.39$, $P < 0.05$) La proporción sexual encontrada fue muy semejante entre machos y hembras (1:1.02, $\chi^2 = 0.02$, $P < 0.05$) La talla de primera madurez sexual es a los 14.5 cm de longitud total y 50g de peso; se detectaron dos períodos de máxima actividad reproductiva enero – febrero y junio. La estimación de edad y crecimiento se hizo mediante los anillos observados en escamas y huesos operculares, además de un análisis de frecuencia de tallas; en la primer estructura los anillos se forman en diciembre y julio para la segunda estructura; con escamas se obtuvieron cuatro grupos de edad, los huesos operculares cinco y siete con el análisis de frecuencia de tallas. Los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy para la muestra conforme al análisis de frecuencia de tallas, $L_\infty = 27.8$ cm, $K = 0.0649$, $t_0 = -0.5225$, $W_\infty = 421.36$ g; conforme a la lectura de escamas, $L_\infty = 29.19$ cm, $K = 0.0692$, $t_0 = -0.4249$, $W_\infty = 552.36$ y hueso opercular $L_\infty = 25.75$ cm, $K = 0.0509$, $t_0 = -0.7451$, $W_\infty = 406.73$ g. La mortalidad total estimada representó el 36.86%, sobrevivencia 61.13%; mortalidad natural 0.3, por pesca 0.15 con una tasa de explotación de 33.85%.

Arellano-Torres y Hernández-Montaña (2002) estimaron el crecimiento de la tilapia *Oreochromis aureus* en el Lago de Chapala, México, mediante análisis de frecuencias de tallas, agrupadas en intervalos de clase de 1 cm de longitud estándar, utilizando tres distintos métodos: ELEFAN, SLCA y PROJMAT. Los resultados muestran similitudes entre la longitud asintótica e índice catabólico y diferencia con la corrección de la ordenada al origen. El análisis jacknife indica variabilidad en los parámetros individuales de crecimiento estimados por los tres métodos. Concluyen, ELEFAN es el método más adecuado para estimar los parámetros de crecimiento de la especie, debido a que presenta los valores mínimos en los estimadores de precisión.

Pérez-Ortiz y Patlani-Santiago (2002) estimaron edad y crecimiento en *Oreochromis niloticus* de la presa “Emiliano Zapata”, Morelos, en base a la lectura de escamas, determinaron una periodicidad semestral para la formación de anillos, coincidente con eventos reproductivos (diciembre y julio) Determinaron cinco grupos de edad, tanto para hembras como machos; las constantes de la función de von Bertalanffy son $L_\infty = 28.83$ cm, $K = 0.1363$, $t_0 = -0.1295$, $W_\infty = 398.68$ g, para toda la muestra; $L_\infty = 29.78$ cm $K = 0.1342$, $t_0 = -0.6170$, $W_\infty = 431.89$, para machos; $L_\infty = 27.04$ cm, $K = 0.1208$, $t_0 = 0.6170$, $W_\infty = 320.62$ g para hembras.

Ahmed *et al.*, 2003 trabajaron con ejemplares de *Oreochromis niloticus* en el lago Kaptai en Bangladesh, con el objetivo de determinar parámetros de crecimiento, reclutamiento, mortalidad y análisis virtual de la población. Para ello emplearon el análisis de frecuencia de tallas, los valores estimados de los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy $L_{\infty} = 55.59$ cm de longitud total y $K = 0.39$

Saito-Quezada (2004) estimó edad crecimiento en *Oreochromis niloticus* de la presa Emiliano Zapata, Morelos, México, mediante la lectura de anillos de crecimiento en otolitos. Los resultados presentados muestran una mayor proporción de machos en comparación con hembras (2:1, $\chi^2 = 47.78$, $P < 0.05$); el tipo de crecimiento mostrado por los datos indica una tendencia alométrico negativo. El análisis de los bordes e incremento marginal en otolitos mostraron dos períodos de formación: para el primero diciembre a febrero y mayo a junio, en tanto el segundo análisis, noviembre a enero y julio. En cuanto a grupos de edad en machos se encontraron 4 y en hembras 5

Manriquez-Ledezma (2005) estimó edad y crecimiento para *Oreochromis niloticus* en el lago de Coatetelco, Morelos, México. Los resultados obtenidos indican una mayor proporción de machos sobre hembras (8.85:1, $\chi^2 = 219.2$; $P < 0.05$), el tipo de crecimiento mostrado por la muestra con base en la relación peso total – longitud total, es de tipo alométrico negativo, en hembras se observa alométrico negativo con tendencia a la isometría y en machos se aprecia un mayor crecimiento en longitud que en peso. Conforme a la lectura de otolitos, determinó 4 grupos de edad y por análisis de frecuencia de talla, utilizando estimadores de densidad por kernel encontró sólo 2 grupos de edad, al calcular los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy encontró diferencias significativas entre sexos, siendo el valor de la longitud asintótica mayor en machos en comparación con hembras; los valores para estos son: $L_{\infty} = 20.19$ cm longitud total, $K = 0.6081$, $t_0 = -0.420$, $W_{\infty} = 122.5$ g peso total, para toda la muestra; $L_{\infty} = 19.51$ cm longitud total, $K = 0.463$, $t_0 = -0.973$, $W_{\infty} = 105.48$ g peso total, en hembras y $L_{\infty} = 20.32$ cm longitud total, $K = 0.627$, $t_0 = -0.363$, $W_{\infty} = 112.54$ g peso total, en machos.

Granados-Flores (2006) en su estudio determino que la tilapia, presente en la presa Zimapan, Hidalgo, México; es un híbrido entre *Oreochromis niloticus* y *O. aureus*. Mediante el análisis de frecuencia de tallas y lectura de escamas estimó 4 grupos de edad, obteniendo mediante métodos lineales tradicionales los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy conforme a la lectura de escamas $L_{\infty} = 28.11$ cm longitud patrón, $K = 0.33$, $t_0 = -0.86$, $W_{\infty} = 877.177$ g peso total.

2.2. Área de estudio

Oxígeno

Las concentraciones de oxígeno disuelto a lo largo de un ciclo anual en la columna de agua presentaron un valor mayor en la superficie con tendencia a disminuir conforme aumenta la profundidad (González-Ramírez y López García, 1997; Ortega-Mungia, 1997; Ramos-Mendoza, 2001; Dorantes-Gómez y Zavala-Montero, 2003) La concentración máxima, 810.6 mg/l, se dio en los meses de estratificación donde hubo un menor volumen de agua en el sistema debido a la época de estiaje y una alta tasa de evaporación. Mientras que en los meses de circulación se presentaron las menores concentraciones, incluso condiciones de anorexia entre los 5 y 6 m y fondo, esto indica que la curva mostrada por este elemento es de tipo clinógrada (González-Ramírez y López García, 1997; Ramos-Mendoza, 2001; Dorantes-Gómez y Zavala-Montero, 2003) Lo anterior debido a que los mayores aportes al medio acuático provienen principalmente de la atmósfera (González-Ramírez y López García, 1997)

González-Ramírez y López García (1997) indican que durante el período de estratificación (julio a septiembre) se encontraron condiciones de anorexia en las capas más profundas, cuando el sistema alcanza su máximo nivel, debido al inicio del período de lluvias, generando una mayor dilución, aporte de materia orgánica y remoción de sedimentos.

Por otra parte, Ramos-Mendoza (2001) menciona, la desoxigenación en el sistema fue encontrado a lo largo del estudio, por debajo de los 7 m de profundidad, debido principalmente a la presencia de sustancias o compuestos que demandan oxígeno para ser degradados por la actividad bacteriana.

En la presa se registro un incremento en la concentración de oxígeno disuelto a medida que aumenta la temperatura en el sistema, durante la época de estiaje principalmente en las capas superficiales, porque también aumento la cantidad de fitoplancton y con este, el proceso fotosintético (González-Ramírez y López García, 1997; Ramos-Mendoza, 2001)

Dióxido de carbono y pH

La concentración máxima de CO₂ presente en la presa fue de 6.6 mg/l; aunque en algunos meses ésta no pudo ser detectada, debido a diversos factores; durante los meses de noviembre, diciembre y de febrero a abril, este compuesto es utilizado en el proceso fotosintético y en los meses subsecuentes se observó un aumento, dada la dilución provocada por las lluvias y la degradación de la materia orgánica por las bacterias en presencia de oxígeno disuelto, esto es apoyado por la disminución del pH de mayo a octubre y la disminución de la temperatura del agua, favoreciendo su disolución (González-Ramírez y López García, 1997)

El CO₂ y sus derivados presentan estrecha relación con el pH, porque al abatir totalmente el primero este último tiende a la acidez, lo anterior puede ser explicado si se considera que al entrar en contacto este gas con el agua se forma ácido carbónico, el cual se disocia aumentando la concentración de iones hidronio, carbonato y bicarbonato que interactúan entre sí, generando un tampón en el sistema con predominancia de bicarbonatos (Vallentyne, 1978)

Ramos-Mendoza (2001) reporta valores altos de pH durante los meses de sequía, destacando abril, para posteriormente disminuir conforme aumenta el volumen del sistema.

Ortega-Mungia (1997) menciona que los valores de pH oscilan en un la neutralidad de noviembre a marzo se presentaron incrementos y hacia julio descienden.

El pH influye indirectamente sobre la tilapia porque favorece la productividad del sistema, que constituye el alimento del pez (Aguilera y Noriega, 1988)

Alcalinidad y dureza total

La alcalinidad tiende a disminuir en enero y de mayo a octubre debido a la disminución del pH, por el contrario, el aumento podría deberse a la dilución de rocas y minerales alcalinotérreos del suelo y la combinación de calcio, magnesio, carbonatos, bicarbonatos, sulfatos, cloruros y otros aniones de ácidos minerales (González-Ramírez y López García, 1997).

En cuanto a dureza y alcalinidad esta aumenta durante los meses de secas, abril y mayo, (Ramos-Mendoza, 2001) marzo y mayo (Dorantes-Gómez y Zavala-Montero, 2003) incluso rebasando los

límites permisibles de calidad, para la primera variable. Las concentraciones de alcalinidad total, son adecuadas para el cultivo de la tilapia (Ramos-Mendoza, 2001).

Conforme a los valores registrados, el agua en la presa se considera extremadamente dura (González-Ramírez y López García, 1997; Ramos-Mendoza, 2001).

Conductividad

La conductividad está determinada por el contenido de sales iónicas, por tanto el agua en la presa presentó altos valores, consecuencia de las altas concentraciones de sólidos, siendo el mes de junio el de mayor rango, pues durante este lapso de tiempo la temperatura ambiental se incrementó y con ella la mayor tasa de evaporación. Por el contrario, se observó el valor menor durante octubre cuando la presa incrementa el volumen del vaso (González-Ramírez y López García, 1997; Ramos-Mendoza, 2001) Los resultados encontrados en la presa presentan valores entre los 600 y 6000 $\mu\text{mhos/cm}$, por lo cual, el sistema se clasifica como clase II (González-Ramírez y López García, 1997).

Transparencia, sólidos suspendidos y totales

La transparencia depende de la naturaleza, tamaño y número de partículas presentes, por tanto al aumentar los sólidos, ésta debería disminuir, hecho que no ocurrió en enero, puesto que se presentó un aumento en la cantidad de sólidos y a la par de éste, la transparencia se incrementó, además en abril se apreció una disminución de sólidos, contradictoriamente, la visibilidad al introducir el disco de Secchi es menor. Este fenómeno podría explicarse mediante la consideración de diversos parámetros como el grado de eutrofia, la coloración del agua, dependiente a su vez, de la concentración y características químicas de las sustancias disueltas (i.e. caso de la presa grandes cantidades de CaCO_3 , sedimentos con alto contenido orgánico); hora del muestreo, posición del sol y cantidad de biomasa planctónica (González-Ramírez y López García, 1997)

A partir del mes de enero se comienza a registrar una reducción en la visibilidad hasta alcanzar una transparencia de 61 cm en mayo e incrementos graduales en los siguientes meses hasta alcanzar una visibilidad de 100 cm en el mes de noviembre (Ortega-Mungia, 1997).

Fósforo

La determinación de las concentraciones de fósforo total a lo largo de un ciclo anual en la presa sigue el comportamiento de la temperatura del agua, es decir, puede apreciarse la fase de circulación de octubre a febrero y estratificación de marzo a septiembre; además, estas cantidades pueden considerarse moderadas, presentándose las más altas en agosto y septiembre; lo anterior podría deberse a la dilución en la concentración de oxígeno, aportes de materia orgánica, disminución del pH y presencia de CO_2 ; condiciones que favorecen su incremento. De acuerdo con Vollenweider (1968) y conforme al fósforo total determinado, la presa se clasifica como politrófico (González-Ramírez y López-García, 1997)

Al determinar las concentraciones de fósforo total en la presa (Ramos-Mendoza, 2001), encontró que al incrementarse el volumen del agua también se incrementaron las cantidades de este elemento y viceversa, es decir, al disminuir el primero el segundo presenta un decremento. En base a las

concentraciones de fósforo total el embalse se puede clasificar como eutrófico en sus valores mínimos.

Conforme a los resultados reportados por Dorantes-Gómez y Zavala-Montero (2003) el fósforo total presenta concentraciones entre 0.07 mg/l en mayo y 0.69 mg/l en octubre; encontrando diferencias significativas entre las profundidades (andeva $F=12.181$; $p<0.00$) Con comportamiento a incrementar la concentración en época de lluvias y disminución en secas.

Ortofosfatos

Los ortofosfatos son la forma en que los organismos consumen el fósforo, por lo cual, es comprensible que éste se encuentre en cantidades bajas, como el caso de la presa donde los valores oscilaron entre 0.1669 y 0.3825 para los meses de diciembre y septiembre respectivamente, presentándose incrementos durante la época de lluvias (julio a septiembre) e inversamente cuando el sistema presenta menor volumen y aporte de materia orgánica (González-Ramírez y López García, 1997)

Dorantes-Gómez y Zavala-Montero (2003) determinaron las concentraciones de ortofosfatos y reportaron oscilaciones entre 0.04 mg/l en los meses de marzo y mayo, a 0.44 mg/l en junio con diferencias significativas entre profundidades (andeva $F=3.760$; $p<0.002$), mostrando el mismo comportamiento que el fósforo total.

Nitrógeno amoniacal total

González-Ramírez y López-García, (1997) encontraron que la distribución de amonio es variable estacionalmente a lo largo de la columna de agua, registrándose valores altos en el fondo del sistema, debido a bajas concentraciones de oxígeno. Por otra parte existe relación entre NH_4 , y O_2 porque a cantidades bajas del primero, durante abril, para el segundo son altas, contrariamente cuando éstas son bajas, en noviembre, se alcanzan las máximas concentraciones de amonio en noviembre. De los resultados de Dorantes-Gómez y Zavala-Montero (2003) para este compuesto mencionan una tendencia a la disminución con intervalos entre 0.15 mg/l en enero a 0.51 mg/l en marzo.

Nitritos y nitratos

A lo largo de un ciclo anual la relación amonio – nitratos, fue mayor para NO_3 a excepción de enero, así la variación se ubico entre 0.2137 y 0.325 mg/l, debido a las condiciones de disponibilidad de O_2 . Por otra parte, los nitritos, como producto intermedio entre amonio y nitratos se encuentran en muy bajas cantidades, valores entre 0.0014 y 0.0124; alcanzando máximo en octubre y mínimo en junio (González-Ramírez y López García, 1997) En su estudio de calidad del agua Dorantes-Gómez y Zavala-Montero (2003) encontraron bajas concentraciones de nitritos a excepción del mes de julio; en cuanto a nitratos las concentraciones fluctuaron entre 0.08 mg/l en febrero y 0.29 mg/l en octubre, no encontraron diferencias significativas en profundidad.

Ramos Mendoza (2001) en su análisis de calidad del agua encontró poca variación en la concentración de nitritos incrementándose sólo durante el período de estratificación. En cuanto a la cantidad de nitratos y amonio determinada en la presa, éstas se incrementan conforme al volumen de agua y disminuyen de acuerdo a éste.

Sulfatos y sulfuros

González-Ramírez y López-García (1997) encontraron concentraciones de sulfatos altas por tanto se trata de un sistema altamente sulfatado, los valores oscilaron entre 60.53 mg/l en octubre y 80.84 mg/l en junio. Su comportamiento en la columna de agua se caracterizó por una alternancia entre los estratos superiores e inferiores, en relación, tal vez directa, con la disponibilidad de oxígeno. Estos resultados contrastan con los observados por Ramos-Mendoza (2001); el sistema se encuentra moderadamente sulfatado con intervalos entre 16 y 39 mg/l.

Dorantes-Gómez y Zavala-Montero (2003) reportan valores entre 39.4 mg/l, diciembre y 131.3mg/l, febrero, presentando incrementos durante la época de lluvias; sin diferencias significativas entre las profundidades conforme al análisis de varianza ($F=0.115$; $P=0.993$).

Por otra parte, los sulfuros surgen como resultado de la reducción de sulfatos por bacterias anaerobias, por tanto, al presentarse cantidades elevadas de sulfatos, las concentraciones de sulfuro deberán ser bajas, noviembre a julio; pero al disminuir éstas, las concentraciones de este compuesto en el embalse se incrementan, agosto, septiembre y octubre (González-Ramírez y López García, 1997; Ramos-Mendoza, 2001).

Silicatos

Las concentraciones de silicatos en el sistema oscilaron entre 12.71 mg/l en marzo y 30.05 mg/l en septiembre, con un marcado incremento en los meses de agosto a septiembre con respecto a los meses anteriores; el hecho puede ser explicado por la remoción de sedimentos y el aumento de CO_2 (González-Ramírez y López García, 1997)

Dorantes-Gómez y Zavala-Montero (2003) reportan valores para silicatos entre 8 mg/l enero y 33.8 mg/l marzo; con tendencia a la disminución.

Fitoplancton

La dominancia entre las diferentes divisiones determinadas sigue el siguiente orden: Chlorophyta > Cyanophyta > Chromophyta > Euglenophyta. Este orden quizá se deba a la gran diversidad, abundancia, resistencia a la digestión o actuación como inhibidoras de otras algas por parte de las primeras, mientras, la baja depredación, dada su alta toxicidad y alta disponibilidad de sustrato en las segundas; al considerar a la tercera división se observa que éstas son poco abundantes porque la mayoría son sésiles y por tanto se encuentran en el sustrato. Por su parte las euglenofíceas son organismos temporales y predominan en el sustrato (González-Ramírez y López García, 1997; Ramos-Mendoza, 2001; Dorantes-Gómez y Zavala-Montero, 2003)

La variación estacional muestra que todas las algas tienen un decremento en invierno, causada por el período de mezcla aunada a la baja intensidad de luz, al iniciar la primavera, abril, se presenta un incremento de cromofíceas posteriormente son reemplazadas por las algas verdes. Por su parte las cianofíceas dependen más de la relación nitrógeno – fósforo, así que los florecimientos se observó cuando estos elementos estuvieron presentes en el sistema. Al inicio de la temporada de lluvias se apreciaron incrementos en toda la comunidad fitoplanctónica, debido al aporte de nutrimentos (González-Ramírez y López García, 1997)

El fitoplancton se encuentra más relacionado con el oxígeno, nitratos, disponibilidad bioquímica de oxígeno y temperatura, esto es comprensible si se considera que el primero es producto de la fotosíntesis, el segundo está vinculado con la cantidad de materia orgánica que puede afectarlo, y con respecto al tercero, éste es un nutrimento esencial de su desarrollo, así como el cuarto parámetro o variable (González-Ramírez y López García, 1997)

En cuanto a la diversidad, el mayor valor se presentó en julio, la mayor igualdad o equitatividad se observó en septiembre y en otros meses se determinó un dominio por parte de algunas algas, valores bajos de uniformidad (González-Ramírez y López García, 1997)

Ramos-Mendoza (2001) conforme a su estudio menciona que durante el muestreo correspondiente al mes de abril se observó la mayor diversidad, equitatividad y número de especies, en tanto, la uniformidad presentó su valor más pequeño. En general, es durante primavera y verano cuando se observan los valores más altos para diversidad y uniformidad; por el contrario, los valores más bajos se presentaron durante el invierno.

Clorofilas

Un análisis de correlación entre clorofilas y algunos parámetros físico – químicos, mostraron ser positivos: clorofila a, b ó c con temperatura, conductividad y nitratos, de igual forma, feopigmentos con temperatura, conductividad y amonio. Correlaciones negativas se presentaron para: clorofila a, b ó c y feopigmentos con sulfatos (Ramos-Mendoza, 2001)

Conforme disminuye el volumen de agua y concentración de nutrimentos se incrementa la cantidad de cromofitas que contienen clorofila a y c, para posteriormente permitir el florecimiento de las cianofitas las cuales contienen ficobilinas. Por otra parte, en un gradiente vertical, al incrementarse la profundidad el número de clorofitas disminuye, por consiguiente, la mayor cantidad de estos organismos se presenta a los 3 m.

Factores que determinan la concentración de clorofilas son la temperatura y compuestos de nitrógeno y fósforo; siendo este último el factor limítrofe de la producción fitoplanctónica (Ramos-Mendoza, 2001)

El método de cuantificación de clorofilas se utilizó como indicador de la biomasa, además es útil en la evaluación de la productividad primaria. Conforme a los resultados obtenidos, las concentraciones de clorofila A, clasifican al sistema como eutrófico al considerar sus valores mínimos y como hipereutrófico con los valores máximos (Ramos-Mendoza, 2001)

Zooplankton

Los grupos más abundantes presentes a lo largo del ciclo anual fueron: copépodos > cladóceros > larvas > rotíferos (González-Ramírez y López García, 1997; Dorantes-Gómez y Zavala-Montero, 2003) siendo los crustáceos dominantes, mediante la presencia del género *Limnocalanus*. En cuanto a biomasa los copépodos dominaron sobre rotíferos y cladóceros. La variación de cada uno de los grupos es ocasionada por diversos factores; los primeros presentan varios picos reproductivos como lo demuestra la presencia de larvas nauplio en los meses de diciembre, febrero, junio y octubre en los cuales desciende la cantidad de copépodos y luego se restablece. Posibles factores que regulan esto son el período de mezcla, homogeneización de las condiciones ambientales, nutrimentos, fitoplancton y la temperatura. Tanto cladóceros como rotíferos son determinados negativamente por

las cianofíceas, es decir al presentarse éstas, la cantidad de microorganismos decrece (González-Ramírez y López García, 1997)

Las cantidades de zooplancton en general se pueden considerar bajas, este hecho puede deberse en gran parte al muestreo y al considerar las migraciones verticales efectuadas por los microorganismos, es probable que al momento de la obtención de la muestra, gran parte de ellos se encontrara en las capas inferiores, pues las condiciones prevalecientes en el sistema son óptimas para su desarrollo (González-Ramírez y López García, 1997)

La relación zooplancton – fitoplancton está muy estrechamente ligada, ello es evidente cuando aumenta la cantidad del primero, el segundo disminuye, el zooplancton no solo se alimenta de fitoplancton, sino también de materia orgánica en suspensión y detritus (González-Ramírez y López García, 1997)

Microbiología

Ortega-Munguía (1997) realizó un estudio microbiológico, físico y químico en el agua de la presa Emiliano Zapata para determinar los niveles de contaminación fecal en función de su distribución espacial, temporal, composición y diversidad.

El número más probable de coliformes totales fue aproximadamente de 10/100 ml, sin mostrar diferencias entre los estratos de la columna de agua, superficie, medio y fondo; la distribución temporal mostró un incremento en noviembre y enero con una disminución hacia el período de estiaje, marzo a mayo con tendencia al aumento en la época de lluvia.

En cuanto a coliformes fecales, estreptococos fecales y bacterias no hubo diferencias significativas para la distribución vertical, mostrando un comportamiento similar para la distribución temporal como con coliformes totales.

Se presentó una relación inversa entre la temperatura del agua con coliformes totales, fecales y bacterias. En relación con el volumen de agua, estos microorganismos muestran una relación directa aunque para los estreptococos el comportamiento fue homogéneo.

Conforme a la concentración mensual promedio de cada uno de los indicadores estos rebasan hasta seis veces los límites permisibles establecidos por la Ley de Protección al Ambiente (1981), siendo la contaminación de tipo fecal humano.

Entre algunas de las bacterias identificadas se encuentran, *Escherichia coli*, *Salmonella* sp., *Citrobacter freundii*, *Arizona* sp., *Serratia marcescens*, *Kleibsellia* sp., *Proteus morganii*, *Pectobacterium* sp., *Pseudomonas aeruginosa*, *Micrococcus* sp., *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus faecalis*, *Bacillus subtilis*, y *B. megaterium*.

En 1995 la Comisión Nacional de Agua realizó análisis bacteriológicos en muestras de peces, observándose un promedio de coliformes totales de 25 200 UFC/g, valor bajo si se considera que 100 000 UFC/g es el límite para la venta y consumo de organismos acuáticos, pero las concentraciones de coliformes totales y fecales, encontradas en el agua durante la temporada de lluvias aumenta la posibilidad de infección, por el aporte de agua residual. Por tanto, no se debe descartar la posibilidad de un brote epidémico por el uso del agua de riego, consumo humano o por una infección de peces. Deben destacarse las variaciones en la ocurrencia de aparición de los microorganismos, probablemente por la autorregulación natural de las poblaciones bacterianas.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Especie de estudio

La familia Cichlidae

La familia Cichlidae es un grupo de peces muy diverso con aproximadamente 40 géneros y 150 especies con distribución muy amplia (Figura 2), presentándose entre los trópicos de Cáncer y Capricornio; la mayor parte del continente Africano, Norte, Centro y Sudamérica (desde México hasta Argentina); Madagascar, India y Ceylán (Morales, 2003; Caso-Chavez *et al.* 1986)

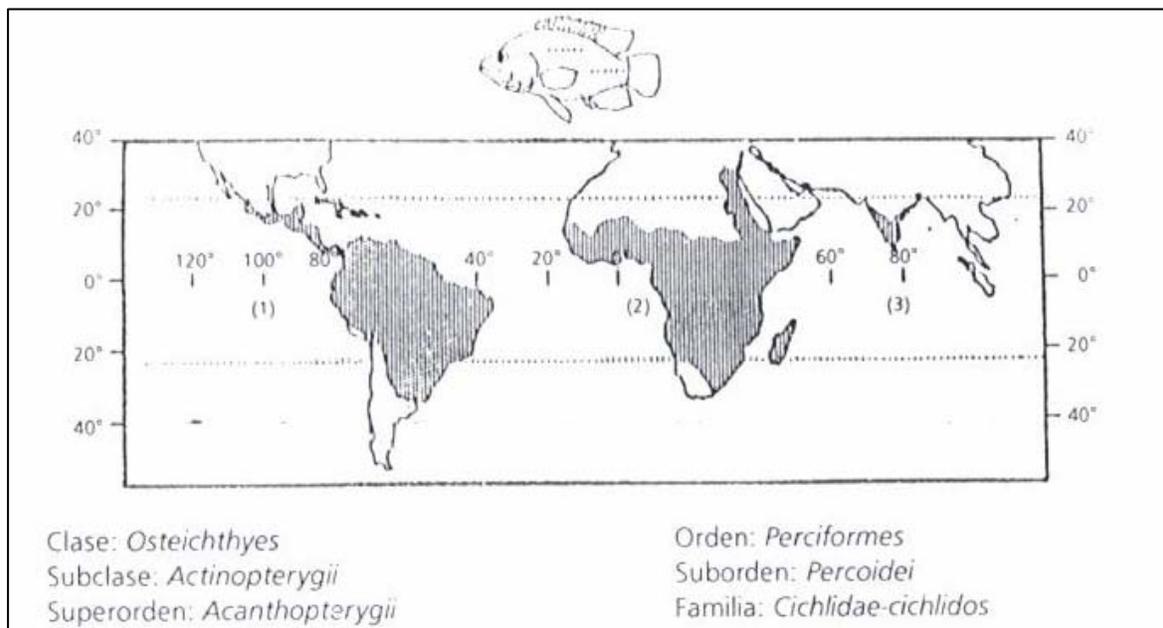


Figura 2. Distribución geográfica de la familia Cichlidae, las líneas punteadas corresponden con los trópicos de Cáncer y Capricornio (tomado de Morales, 2003)

En México esta familia es una de las más importantes y diversas dentro de la fauna ictiológica dulce-acuícola (Torres-Orozco, 1991) Para las aguas epicontinentales del país Álvarez (1970) reporta 49 especies representadas por dos géneros *Petenia*, con una sola especie *P. splendida* (Gunther, 1862) y *Cichlasoma* que reúne a 44 especies distintas de las cuales 10 son endémicas.

Su potencial biológico les ha permitido una gran adaptabilidad a diversos ambientes adonde se les ha trasladado, con finalidades piscícolas o de cultivo, especialmente en climas cálidos, propiciando una gran dispersión fuera de su área natural (Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo, 1986)

Los remanentes fósiles de las tilapias provenientes de depósitos del Pleistoceno en el este de África demuestran su existencia, desde hace más de 18 millones de años (Chimits, 1957 y Fryer e Iles, 1972). Algunos autores suponen un ancestro marino común, pero en realidad muy poco se conoce acerca del origen de este grupo (Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo, 1986).

Las investigaciones sobre tilapia, fueron iniciadas en África a principios del siglo pasado (1900), época en que Cunningham preparó un inventario de las aguas continentales, abriendo con ello el camino a la labor de Boulenger, quien fue el primero en estudiar la diversidad de la tribu Tilapiini, en una serie de documentos publicados desde 1909 hasta 1916, reconociendo un total de 96 especies encontradas en África (Morales, 1991); actualmente más de 50 especies mencionadas como tilapia son considerados como sinónimos (Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo, 1986).

La diagnosis genérica de *Tilapia* fue introducida originalmente por Regan (1920) incluyendo a *Neotilapia* y *Pelmatochromis* (Morales, 1991). En este género Thys (1968) reconoció 80 especies incluyendo algunas subespecies, la mayoría de ellas agrupadas en tres secciones y 15 subgéneros, integradas en unidades morfológicas con un número de especies muy relacionadas y generalmente alopatricas (Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo, 1986).

Trewawas en 1973 en forma radical creó dos géneros distintos *Tilapia* y *Sarotherodon* basando sus diferencias fundamentalmente en los hábitos reproductivos y alimenticios de las especies de estos géneros. Para 1982, decidió separar a la tribu Tilapiini en cuatro géneros: *Tilapia*, *Sarotherodon*, *Oreochromis* y *Dankilia*, partiendo de los nuevos conocimientos sobre la conducta y el desarrollo de los incubados maternos, paternos y mixtos, agrupando dentro del género *Oreochromis* a los incubadores bucales maternos, nombre que fue asignado prioritariamente a *Oreochromis hunteri* por Gunther en 1889 (Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo, 1986). Un año más tarde, nuevamente clasifica a la tribu Tilapiini de acuerdo con la naturaleza de su dentición y hábitos reproductores en 6 géneros distintos: *Tilapia*, *Tristamella*, *Danakilia*, *Sarotherodon*, *Oreochromis* y otro género menos especializado *Pelmatochromis*; con características primitivas en los cíclidos (Morales, 1991; Arredondo-Figueroa y Tejeda-Salinas, 1989).

De tal forma, existían dos criterios de clasificación para el grupo de las tilapias: el primero considera exclusivamente características morfológicas y merísticas, agrupando a las diferentes especies de acuerdo a sus afinidades y colocándolas dentro de una categoría subgenérica (Thys, 1968); el segundo criterio consiste en separar las especies de esta tribu, no sólo basándose en las características morfológicas externas e internas sino también en sus hábitos reproductores o alimenticios haciendo énfasis especial en la conducta del cuidado del huevo y los alevines, en la que pueden intervenir madre, padre o ambos (Trewawas, 1973, 1982 y 1983). Por lo cual, Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo en 1986 toman parte de los dos criterios, a fin de formar un solo elemento de juicio y lograr una clasificación más sencilla de este grupo tan diverso.

Diagnosis de la familia Cichlidae

Los cíclidos se diferencian por la presencia de un solo orificio nasal a cada lado de la cabeza, por encima de los labios. El cuerpo es generalmente comprimido o deprimido lateralmente, a menudo discoidal, raramente alargado (Fyers e Iles, 1972). La boca es protráctil generalmente ancha, a menudo bordeada por labios gruesos; las mandíbulas presentan dientes cónicos y ocasionalmente incisivos. También se presentan dientes faríngeos en la garganta que forman parte del mecanismo de alimentación y por medio del cual tragan su alimento; los dientes faríngeos varían de especie a especie y proveen, en algunos casos, un carácter diagnóstico útil para la identificación de los mismos (Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo, 1986).

Presentan membranas branquiales unidas por 5 ó 6 radios branquiostegos y un número variable de branquiespinas según las diferentes especies. La aleta dorsal es grande, en su parte anterior al igual que en la aleta anal es corta y consta de varias espinas, mientras la parte terminal de ambas, se

presentan radios suaves, que en los machos están pigmentados. La aleta caudal es redondeada, trunca o raramente escotada.

La línea lateral en los cíclidos está interrumpida en dos partes; la porción superior se extiende desde el opérculo hasta los últimos radios de la aleta dorsal, en la porción inferior, aparecen varias escamas por debajo de donde termina la línea lateral superior hasta el final de la aleta caudal (Morales, 1991).

Las tilapias jóvenes tienen una mancha negra cerca del final de la aleta dorsal que las distingue de otros géneros, esta mancha es conocida como la “mancha de la tilapia”, en algunas especies ésta es retenida a todo lo largo de su vida.

Las especies de tilapia pueden ser distinguidas por otras características de tipo biológico, tales como sus patrones de coloración, particularmente durante la época de reproducción, su conducta, la forma de los nidos y el tamaño y color de los huevos (Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo, 1986).

Los cíclidos viven en aguas estancadas o inactivas; encuentran buenos escondites en los márgenes de los pantanos, bajo el ramaje, entre piedras y raíces de plantas acuáticas. En general, poseen una gran habilidad para colonizar lagos y otros cuerpos de agua, aún en presencia de depredadores y fuerte competencia; tal adaptación evolutiva puede ser atribuida a una característica morfológica de gran versatilidad, el complejo mandibular – faríngeo. Muchas especies presentan territorialidad durante la época de reproducción, estando claramente definido y defendido de los depredadores que atacan a las crías; puede ser fijo o cambiar a medida que se mueven sus descendientes en busca de alimento (Morales, 2003).

Excluyendo algunos géneros como *Geophagus* y *Tilapia*, muy especializados en el consumo de plantas y fitoplancton, la mayoría de los cíclidos se alimenta de peces pequeños, inclusive de su misma especie o larvas de insectos, escarabajos acuáticos, gusanos, etc.; otros se han especializado en caracoles; las tilapias presentan hábitos alimentarios primordialmente fitófagos en la fase adulta. Cíclidos del género *Pelmatochromis* y *Oreochromis* y *Cichlasoma* se encuentran tanto en aguas salobres como dulces (Morales, 1991).

3.2. Posición taxonómica de *Oreochromis niloticus*

Supragenérica

La especie objeto de estudio se clasifica de acuerdo a la clasificación propuesta por Berg y modificada por Trewawas (1983) de la siguiente forma:

PHYLUM: CHORDATA
 SUBPHYLUM: VERTEBRATA
 SUPERCLASE: GNATHOSTOMATA
 SERIE: PISCES
 CLASE: ACTINOPTERYGII
 ORDEN: PERCIFORMES
 SUBORDEN: PERCOIDEI
 FAMILIA: CICHLIDAE
 GÉNERO: *Oreochromis*
 ESPECIE: *niloticus*

Genérica

Los organismos de este género son preferentemente plantófagos; presentan entre 14 y 28 branquiespinas en la parte inferior del primer arco branquial. Tienen gónadas pequeñas con pocos huevos (menos de 700) estos presentan gran cantidad de vitelo, son de color amarillo naranja, el tamaño varía de 2.2 a 3 mm y no presentan una cubierta adherente externa. El macho desarrolla una coloración muy marcada en la época de reproducción y fija su territorio en donde establece su nido. Presentan un período prenupcial corto. El macho es polígamo y usa el nido como sitio temporal para el cortejo y la fertilización de los huevos. Los nidos tienen la forma de cráteres circulares ligeramente más grandes que la longitud de la hembra y se construye en el fondo del estanque. Las hembras guardan los huevos y alevines en la boca por espacio de 20 a 30 días, por lo cual la sobrevivencia es alta.

Los dientes de las mandíbulas en hileras o bandas, bicúspides o tricúspides, siendo los primeros algunas veces cónicos por el uso en los ejemplares adultos; el hueso faríngeo interior es más largo que ancho o aproximadamente tan largo como ancho, la laminilla anterior siempre más larga que el área dentada (Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo, 1986) la longitud promedio del hueso faríngeo de 27.5 a 43.5% en la longitud cefálica (en adultos). El hueso mesetmoideo no se une al vómer y sólo la incubación oral es relegada exclusivamente a las hembras (Morales, 1991)

En relación con su alimentación, Novell (1989) señala que las tilapias del género *Oreochromis*, son microfagas, consistiendo principalmente de fitoplancton, zooplancton, detritus y organismos del bentos. Bowen (1982) indica que las tilapias de menos de 35 g parecen alimentarse seleccionando plancton, especialmente de crustáceos, después de los 35 g las tilapias cambian su dieta y se alimentan principalmente de fitoplancton y pequeños organismos del zooplancton como los rotíferos (Bowen, 1982; Diana *et al.*, 1991)

Específica

Los individuos de esta especie (Figura 1) presentan de 19 a 22 branquiespinas en la parte inferior del primer arco branquial; aleta dorsal XVII-XVIII, la moda es XVII, 12-13; aleta anal III, 10-11; aleta pélvica I, 5. De 30 a 32 escamas en una serie longitudinal. La coloración del cuerpo es rosada a morado oscuro, con el filo de la aleta dorsal de color negro; la cabeza rojo púrpura, el vientre rojo o morado y la aleta dorsal presenta líneas negras verticales finas, el color de los ojos es rosado claro y el perfil frontal es convexo (Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo, 1986; Morales, 1991).

La parte frontal del hueso faríngeo presenta un área dentada con una mayor cantidad de dientes. La parte superior presenta dientes bicúspides y en la parte inferior monocúspides curvos hacia atrás; los lóbulos superiores del hueso faríngeo están poco desarrollados y el área dentada no está cubierta por completo por los dientes y su densidad es irregular; la forma de la parte superior del hueso faríngeo es casi recta. Los lóbulos superiores del hueso faríngeo inferior están poco desarrollados y el área dentada no está cubierta por completo por los dientes y su densidad es irregular (Arredondo-Figueroa y Tejeda-Salinas, 1989).

Novell (1989) menciona que las especies de *O. aureus*, *O. niloticus* y *O. mosambicus* son principalmente omnívoras. Gethachew y Fernando (1989) observaron que esta especie se alimenta de algas como *Botryococcus braunii* en el Lago Awassa.

Distribución

Las tilapias se distribuye naturalmente en el Río Yarkon, Tel Aviv, El Nilo, Jebel Marra, la cuenca del Río Chad, Sistema Níger, Río Senegal, Lago Alberto, Lago Eduardo, Kivi y en algunas partes del Lago Tangañika; en el Lago Tuna (Tsana) y otros lagos de Etiopía, Río Ergino, Lago Turkana, (Rodolfo), Río Suguta, Lago Baringio (Morales, 1991)

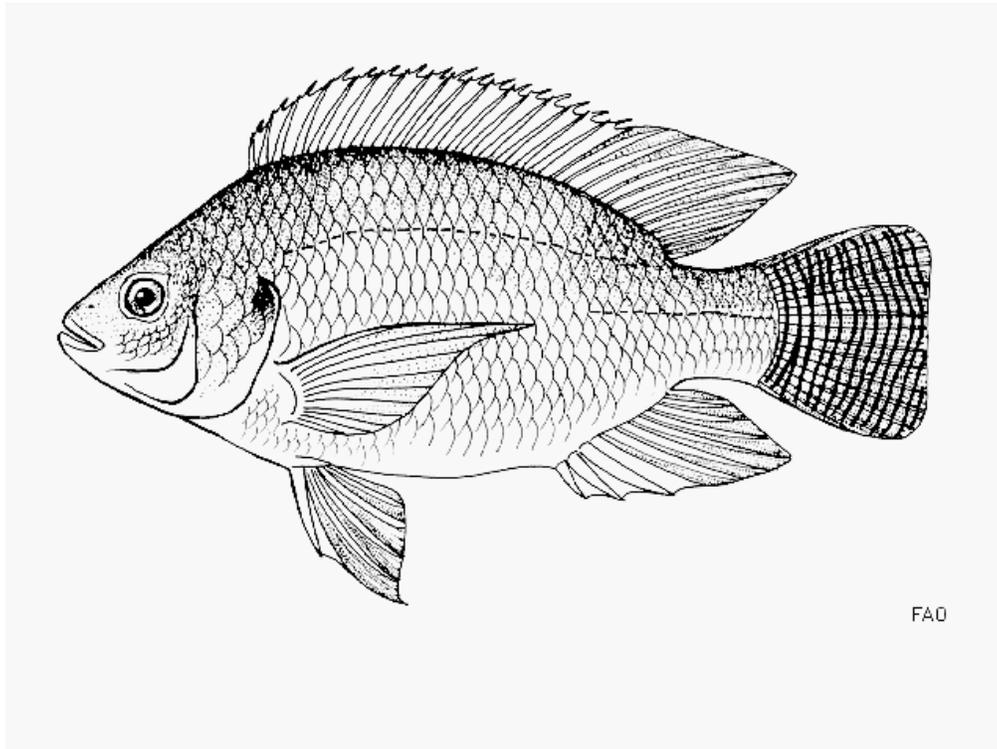


Figura 1. Esquema de la Tilapia nilotica, *Oreochromis niloticus*, (tomada de Eccles, D.H., 1992 FAO species identification sheets for fishery purposes. Field guide to the freshwater fishes of Tanzania. _En Fishbase.com).

Importancia

Los atributos favorables que convierten a la tilapia en una de las especies más apropiadas para la investigación y cultivo son: gran resistencia física, capacidad de adaptación a diversas condiciones ecológicas, rápido crecimiento, resistencia a las enfermedades, elevada productividad, reproducción en cultivo, tolerancia a desarrollarse en condiciones de alta densidad, habilidad para sobrevivir a bajas concentraciones de oxígeno disuelto e intervalos amplios de salinidad, además de su capacidad de alimentarse de una amplia gama de productos naturales y artificiales y han sido aceptadas para el consumo humano (Aguilera y Noriega, 1985; Díaz-López, 1985; Arredondo-Figueroa y Lozano-García, 1996).

En África las tilapias constituyen uno de los grupos más importantes en ecología y pesquerías, presentando *Oreochromis niloticus* la mayor proporción de cíclidos capturados (Fryer y Iles, 1972).

En México, la tilapia, fue introducida en 1964, con ejemplares procedentes de Auburn, Alabama, E.U.A., los cuales fueron depositados en la estación Piscícola de Temascal, Oaxaca; las especies

incluidas fueron *Tilapia aurea*, *T. melanopleura*, y *T. mossambica*. Posteriormente en 1978 se introdujo *Tilapia nilotica* (= *Oreochromis niloticus*) procedente de Panamá. En 1981, se introduce la tilapia roja *T. mossambica* y *T. urolepis hornorum*, proveniente de Florida, E.U.A. Hacia 1986, es introducida la tilapia nilotica roja, procedente de la Universidad de Stirling en Inglaterra, con dos variedades: negra y roja, depositándose en Zacatepec, Morelos (Morales, 1991).

Una vez adaptadas y habiéndose logrado el cultivo de las tilapias, se procedió a introducirlas en forma intensiva a la presa “Miguel Alemán”, Oaxaca. En 1967 el programa de repoblamiento se extendió a otros embalses del trópico mexicano. De forma tal, que a partir de 1972 se inicia en México la pesquería de la tilapia; capturando más de 500 mil toneladas con un promedio de 150 a 200 mil toneladas al año (400 a 500 toneladas diarias), actividad que genera más de 10 mil empleos directos y más de 20 mil indirectos (Morales, 1991). De tal forma, esta puede encontrarse en lagos importantes como Chapala o Patzcuáro; en grandes presas: Infiernillo, Miguel Alemán (Temascal), La Angostura, Nezahualcoyotl, Chicoasén, El Márquez, Falcón Internacional, La Villita y Vicente Guerrero (SEPESCA, 1990 – 1998).

En 1999 la producción de tilapia alcanza las 70,719 toneladas, situando a este grupo en el cuarto lugar de producción de especies acuáticas (SEMARNAP, 2000). En el primer lugar en la producción pesquera de aguas continentales (77 a 93 mil toneladas anuales registrada) en el período de 1990 a 1998 (SEPESCA, 1990 – 1998).

3. MARCO TEÓRICO

3.3. Estimación de la edad y el crecimiento

El conocimiento de la composición de edades de una población de peces es esencial para un adecuado manejo de los recursos. La información correcta de la edad es necesaria para predicciones de longevidad, establecimiento de registros del índice de crecimiento, edad de madurez, edad a la cual se realizan migraciones y el conocimiento de períodos críticos en la vida de una población (Rounsefell y Everhart, 1953; Everhart y Youngs, 1975); Este conocimiento permitirá determinar el efecto que presenta la pesca sobre una población, puesto que esta actividad podría estar ejerciéndose sobre los organismos que aun no se reproducen, así el conocimiento de la talla promedio y variación a lo largo de los años es importante para realizar comparaciones (Jearld, 1983)

La edad y el crecimiento están estrechamente relacionados (Rounsefell y Everhart, 1953; Everhart y Youngs, 1975; Guerra y Sánchez, 1998), pero su determinación sigue métodos distintos; para el primero existen tres métodos: el análisis de la distribución de frecuencias, recuperación de peces marcados y la interpretación de anillos de crecimiento en estructuras duras de los peces (Rounsefell y Everhart, 1953; Everhart y Youngs, 1975; Jearld, 1983)

La distribución de frecuencias ha sido usada para estimar la edad de los peces desde fines del siglo XIX, cuando el biólogo danés C. G. John Petersen mostró que las longitudes de los peces de una edad tienden a formar una distribución normal, de esta forma cada pico representa una edad, este método es adecuado para los primeros 2 a 4 años de vida, posteriormente este es inexacto porque en los grupos de edad mayores se incrementa el traslape de sus distribuciones (Rounsefell y Everhart, 1953; Everhart y Youngs, 1975) Este método es útil para organismos que presentan un período corto de desove en intervalos regulares y cuyo índice de crecimiento es semejante (Royce, 1984; King, 1995) Por tanto el análisis de frecuencia presenta deficiencias cuando las tasas de crecimiento son variables, se presenta un reclutamiento constante, existen subcohortes o microcohortes con tasas de crecimiento o supervivencia particulares y hay migraciones que pueden introducir error si dos grupos separados se mezclan, consecuentemente el empleo del método deberá ser complementado con estimaciones de edad en estructuras duras (Guerra y Sánchez, 1998)

Por otra parte, la recuperación de peces marcados es la forma más adecuada y segura de determinar la edad, aunque esta operación puede ser costosa en recursos y tiempo con muy bajos resultados (Rounsefell y Everhart, 1953; Everhart y Youngs, 1975)

La interpretación de anillos de crecimiento en estructuras duras de los peces es el método mejor aceptado para determinar la edad, así escamas, otolitos, espinas, vértebras, hueso dentario y otras estructuras óseas han sido utilizados. El método se basa en cambios del índice de crecimiento ó metabolismo durante ciertos períodos del año que se evidencian en las estructuras (Rounsefell y Everhart, 1953; Everhart y Youngs, 1975), como los ciclos de alimentación, desove ó estacionalidad; inclusive el ciclo diario sorprendentemente ha conducido a una serie de anillos en estructuras óseas en algunos peces que permiten un registro de la edad en días para larvas de peces (Royce, 1984) La precisión dependerá de la habilidad para interpretar estos anillos correctamente y la claridad de estos variara con la especie y estructura (Rounsefell y Everhart, 1953; Everhart y Youngs, 1975)

El crecimiento es el aumento de las dimensiones habitualmente medidas en longitud o peso, de un organismo con el tiempo, donde pueden distinguirse modificaciones, como metamorfosis,

variaciones en la forma del cuerpo, cambios fisiológicos y variaciones en la tasa de crecimiento (Guerra y Sánchez, 1998)

Un ser vivo necesita alimentarse para crecer, por tanto, las propiedades digestivas y de absorción determinan el tipo de dieta, tasas de ingestión y digestión, ración diaria y otras características de la alimentación. Por tanto, cada especie tendrá requerimientos nutritivos específicos para un adecuado crecimiento, necesitando aportes diferenciales de proteínas, lípidos, hidratos de carbono, vitaminas y minerales.

Así la energía proporcionada por el alimento es usada además para el mantenimiento del cuerpo, actividad y reproducción; sólo una pequeña parte, frecuentemente menos de una tercera parte, es destinada al crecimiento. Un complejo arreglo de fuerzas selectivas determinará la cantidad de energía invertida al crecimiento. Un rápido crecimiento permitirá a los organismos alcanzar tallas mayores en poco tiempo por consiguiente tendrán una menor depredación, además de poder transportar un mayor número de huevos así como una mayor producción de huevos grandes por lo cual las expectativas de vida para las larvas se incrementaran (King, 1995)

En las regiones templadas los organismos marinos presentan gran variabilidad estacional en su crecimiento, siendo durante el invierno cuando este es más lento en comparación con el verano. De tal forma, la temperatura acelera los procesos metabólicos aumentando las tasas de crecimiento y con ellas la talla y/o edad de madurez, contrariamente la longevidad disminuye. Sin embargo, no siempre es la temperatura el factor que regula la velocidad de crecimiento, pueden también afectar el fotoperíodo, régimen de lluvias, disponibilidad de alimento o densidad de la población (Guerra y Sánchez, 1998)

En las regiones tropicales no se presentan cambios drásticos en los factores ambientales como en las templadas, por tanto es difícil, sino imposible, determinar la periodicidad de los anillos de crecimiento en estructuras duras, consecuentemente para evaluar las poblaciones de peces tropicales deberá ser necesario un análisis de frecuencia de tallas, combinado con la lectura de edad, basadas en los anillos diarios (Sparre y Venema, 1992)

Una de las más conocidas teorías sobre el conocimiento es la de von Bertalanffy (1938), donde se relacionan los procesos anabólicos y catabólicos, considerando a estos como función de la superficie de absorción y del volumen del organismo.

3.4. Modelos matemáticos del crecimiento

Desde los comienzos de la biología pesquera se trato de expresar el crecimiento de los organismos mediante modelos matemáticos, desarrollándose numerosas funciones. En 1920 Putter elaboró un modelo de crecimiento que ha servido de base para otros; como el de von Bertalanffy (1938) que se ha convertido en una de las piedras angulares de la biología pesquera pues se ha usado como submodelo en modelos más complejos que describen la dinámica de poblaciones de peces (King, 1995; Sparre y Venema, 1992)

El modelo matemático del crecimiento de von Bertalanffy en longitud y peso es:

$$L_t = L_\infty \{1 - E[-K(t - t_0)]\} \quad P_t = P_\infty \{1 - E[-K(t - t_0)]\} e^b$$

Donde L_t y P_t representan la longitud y peso a la edad t ; L_∞ y P_t la longitud y peso asintóticos; K el coeficiente catabólico o parámetro de curvatura; t_0 llamado a veces “parámetro de condición inicial”, es la edad teórica cuando comienza el crecimiento del pez y carece de significado biológico

o este no es fácil (Ricker, 1975), pues el crecimiento comienza a nivel de larva, aunque se puede hablar de $L(0)$ cuando se establece que t es igual a 0 el día del nacimiento y b es una constante que representa la potencia a la cual el crecimiento en longitud es proporcional al crecimiento en peso y proveniente de la relación peso – longitud (Gulland, 1971; Everhart y Youngs, 1975; Pereiro, 1982; Sparre y Venema, 1997)

La interpretación biológica de la longitud y peso asíntotico es el peso o talla media de los peces infinitamente viejos. El significado biológico de K es la velocidad con la que el pez alcanza la longitud o peso asíntotico y está relacionada con la tasa metabólica (Salgado-Ugarte, 2005); por otra parte, Ricker (1975) señala, este no es claro. Aunque se parece a la tasa de crecimiento global de la especie, expresada en longitud o peso por unidad de tiempo, su valor es más alto en especies de rápido crecimiento y vida corta, en contraste con la de crecimiento lento y vida larga, por lo que también se relaciona con el coeficiente instantáneo de mortalidad natural (M) Los factores ambientales que influyen a esta variable son principalmente la temperatura y la disponibilidad de alimento (Guerra y Sánchez, 1998)

El modelo de von Bertalanffy, es la representación del crecimiento más utilizada en estudios de producción pesquera (Everhart y Youngs, 1981; Guerra y Sánchez, 1998) debido a que satisface dos importantes criterios: se ajusta fácilmente a los datos observados de crecimiento y puede integrarse a los modelos de evaluación de poblaciones (Everhart y Youngs, 1981)

Aunque el crecimiento de muchas especies de peces y crustáceos explotados comercialmente se ajusta bastante bien a la función de crecimiento de von Bertalanffy; sin embargo se ha observado en otras especies, sobre todo de cefalópodos, que el crecimiento se representa mejor mediante otro tipo de modelos matemáticos, entre ellos: a) Lineal, b). Logarítmico o potencial, c). Exponencial, d). Doble exponencial, e). Gompertz y f). Logístico (Guerra y Sánchez, 1998)

Estos dos últimos, consideran el crecimiento como una función sigmoideal con un valor asíntotico superior y a veces otro inferior, con un punto de inflexión. Schnute (1981) demostró que los modelos de von Bertalanffy, Gompertz y Logístico son variaciones de una ecuación diferencial general. Asimismo Richards (1959) indico, dichas funciones eran casos particulares de una expresión general, no sólo valida para representar el crecimiento sino además para otros fenómenos (Guerra y Sánchez, 1998)

3.5. Estimadores de densidad

Tradicionalmente para analizar datos de frecuencias de tallas se han empleado histogramas y polígonos de frecuencia (Petersen, 1892) El procedimiento estadístico para mostrar la distribución de las longitudes, histograma, es un suavizador de datos con la amplitud del intervalo (Hårdle, 1991) El número de modas es una característica de los datos pero depende de la amplitud del intervalo (Salgado-Ugarte, *et al.*, 2005)

La mayor parte de las veces en estos procedimientos gráficos el eje vertical representa el número de observaciones, frecuencia, que pertenecen a un intervalo, clase, aunque pueden utilizarse escalas de porcentajes o fraccionarias. Otra forma menos conocida de representar el eje de las ordenadas es la escala de densidad definida como la frecuencia del intervalo dividida por el producto del número total de observaciones con la amplitud de clase. Por tanto, los histogramas y polígonos de frecuencia son también estimadores de la distribución de densidad del conjunto de datos (Salgado-Ugarte, *et al.*, 2005)

A pesar de su amplio uso, estos estimadores de densidad pueden ser muy burdos para propósitos detallados del análisis de la distribución (Tarter y Kronmal, 1976) Existen cuatro problemas cuando se usan histogramas (Fox, 1990):

- a) Dependencia en el origen
- b) Dependencia en la amplitud y número de intervalos
- c) Discontinuidad
- d) Amplitud fija de intervalo

Los problemas del origen y discontinuidad son superados al calcular la densidad local en cada punto de datos y no en las marcas de clase (Salgado-Ugarte, *et al.*, 2005)

La discontinuidad es atacada al considerar funciones ponderales de variación gradual, como la función Gaussiana. De esta forma es posible emplear una figura en forma de campana centrada en cada valor de datos y sumar estas curvas individuales para obtener el resultado final (Salgado-Ugarte, *et al.*, 2005)

Para la selección de la amplitud de intervalo existen varias sugerencias en literatura; se usan en general intervalos de 0.5 cm para especies pequeñas o menores a 30 cm y 1 o 2 para especies mayores. Wolff (1989) propuso una fórmula derivada empíricamente para la determinación del ancho óptimo con base en el tamaño máximo observado y el número estimado de clases de edad en la muestra. Caddy (1986) sugiere que la amplitud del intervalo debería ser lo suficientemente angosto para que los picos de frecuencia sucesivos queden separados por cinco o seis clases. En su estudio Erzini (1990) arguye que el tamaño óptimo de intervalo para el agrupamiento de datos de longitud es una función del tamaño de muestra y las características biológicas tales como la variabilidad de la longitud a cierta edad, patrón de reclutamiento, tasa de crecimiento y tamaño máximo afecta claramente la definición de las modas. Los dos últimos trabajos muestran que los métodos con base empírica para determinar la amplitud del intervalo pueden servir sólo para proporcionar estimaciones gruesas (Salgado-Ugarte, *et al.*, 2005)

Estas nociones conducen a los estimadores de densidad por kernel, atribuidos a Rosenblatt (1956) Así los estimadores utilizan amplitudes fijas de banda, tal característica hace que las estimaciones sean sensibles a “ruido” en las colas o en cualquier otro intervalo de la distribución con frecuencia baja. Para solucionar el inconveniente, de reducir la amplitud de banda donde la concentración es baja, se pueden emplear estimadores de amplitud de banda variable (Jones, 1990), proporcionando detalle donde se concentran las observaciones, eliminando fluctuaciones ruidosas donde los datos son escasos (Salgado-Ugarte, *et al.*, 2005)

Aunque son resueltos algunos de los problemas presentados por los histogramas, la elección de la amplitud del intervalo permanece. Por lo cual, la teoría estadística proporciona alguna guía en la selección de una amplitud de banda óptima. Siguiendo a Tukey (1977), Scott (1979) y Silverman (1978, 1986) la distribución Gaussiana puede emplearse como referencia estándar. Este proporciona resistencia a colas densas y trabaja bien para una amplia gama de densidades pero tiende a sobresuavizar distribuciones muy sesgadas o multimodales (Silverman, 1986) Sí este último es el caso, la amplitud óptima de banda puede considerarse como un punto de partida para un ajuste fino posterior (Salgado-Ugarte, *et al.*, 2005)

3.6. Evaluación no paramétrica de la multimodalidad

Existen varias pruebas para detectar la multimodalidad de una distribución (Hartigan y Hartigan, 1985; Good y Gaskins, 1980), Silverman (1981) combinó la estimación de densidad por kernel con un procedimiento de prueba jerárquico de muestreo repetitivo (bootstrap), donde se identifican las bandas críticas, para obtener una muestra bootstrap para cada amplitud crítica de banda, posteriormente estimar las densidades correspondientes y calcular la significancia para el número de modas (Salgado-Ugarte, *et al.*, 2005)

3.7. Pruebas estadísticas para comparación de funciones de crecimiento

En biología pesquera, el modelo utilizado predominantemente para describir cuantitativamente el crecimiento de los peces es la función de crecimiento de von Bertalanffy, por lo cual se cuenta con expresiones tanto para machos como para hembras. Para determinar si existen diferencias significativas Bernard (1981) propuso el procedimiento multivariado de la T^2 de Hotelling, en la cual todas las diferencias entre los valores paramétricos se prueban simultáneamente considerando las covarianzas entre los parámetros. Esta misma evaluación puede ser utilizada para las funciones de crecimiento de Gompertz y Logística (Salgado-Ugarte *et al.*, 2005)

Otro enfoque para analizar las diferencias en crecimiento son las pruebas de razón de verosimilitud que establecen el resultado de la hipótesis de dos o más curvas independientes como un caso base contra el cual comparar todas las hipótesis alternativas, así que de aceptar la primera entonces no será necesario proceder con las siguientes hipótesis alternativas, pero de rechazarse será necesario comparar por pares, hasta encontrar los parámetros de las curvas que difieren (Haddon, 2001)

Los parámetros de los modelos de crecimiento pueden estimarse mejor usando métodos de máxima verosimilitud, porque son consistentes asintóticamente normales y asintóticamente alcanzan el valor menor posible de la varianza (Salgado-Ugarte *et al.*, 2005)

4. OBJETIVOS

Objetivo general

Conocer y aplicar los métodos directos e indirectos para estimar la edad, así como de los modelos matemáticos y procedimientos estadísticos que son utilizados para expresar y comparar el crecimiento de la tilapia, *Oreochromis niloticus*, en la presa “Emiliano Zapata”, Morelos.

Objetivos específicos

- Conocer y aplicar los métodos directos (lectura de escamas y otolitos sagitta) para estimar la edad de la tilapia, *Oreochromis niloticus*, presente en la presa “Emiliano Zapata”
- Conocer y aplicar los métodos indirectos (análisis de frecuencias de talla por estimadores de densidad kernel) para estimar la edad de la tilapia, *Oreochromis niloticus*, presente en la presa “Emiliano Zapata”
- Emplear los modelos matemáticos de von Bertalanffy, Gompertz y Logístico para expresar el crecimiento de la tilapia, *Oreochromis niloticus*, presente en la presa “Emiliano Zapata”
- Utilizar procedimientos estadísticos multivariados y de máxima verosimilitud para comparar funciones de crecimiento de la tilapia, *Oreochromis niloticus* presente en la presa “Emiliano Zapata”

5. ÁREA DE ESTUDIO

Ubicación

Esta presa fue construida por el gobierno del Estado de Morelos entre 1969 y 1970 para el aprovechamiento de las aguas de los arroyos El Grillo, La Piraña, La Joya y El Ranchito que confluyen en el vaso, ubicándose en el ejido de Tilzapotla, perteneciente al municipio de Puente de Ixtla, al suroeste del estado de Morelos, entre los 18° 30' 00" latitud norte y 99° 16' 34" longitud oeste a 899 m.s.n.m. (Fig. 2).

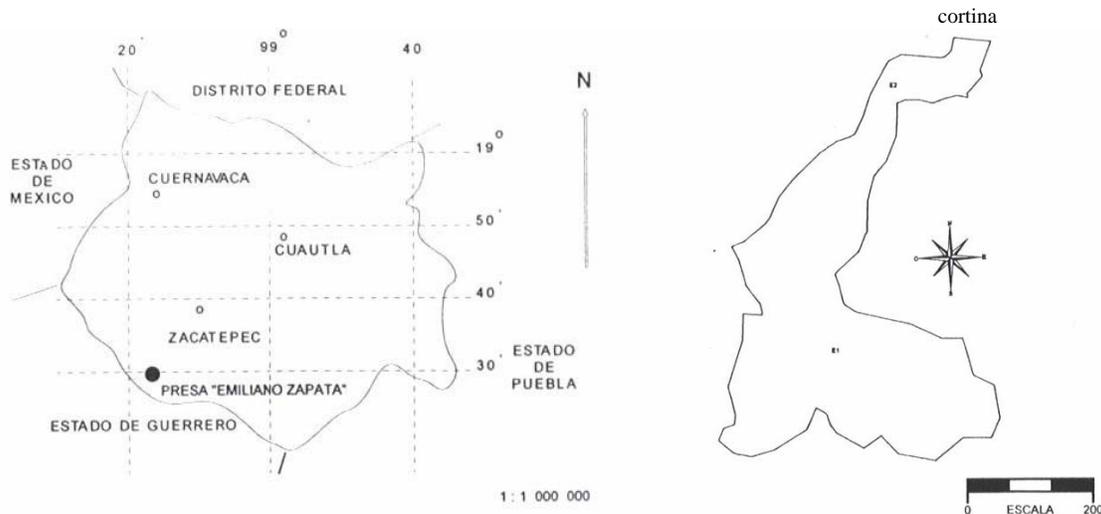


Figura 2. Ubicación geográfica, forma y orientación de la presa "Emiliano Zapata", Morelos, México.

Con su construcción se incorporaron al riego 83 hectáreas de cultivo de propiedad ejidal (SARH, 1992); aunque también para la acuicultura, siendo el cultivo extensivo de la tilapia (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus, 1757) el de mayor importancia, manteniéndose a través de programas de repoblamiento por parte de la Secretaría de Pesca del Estado, resolviendo en cierta forma la demanda de producción alimenticia de la población humana local y regional (Gómez-Márquez y Peña-Mendoza, 1995)

Descripción

La presa ocupa una superficie aproximada de 15 has con capacidad de 2'235,700 m³ (SARH, 1983), aunque su capacidad máxima es de 3'300,000 m³ (CNAEM, 1995), conforme el desarrollo de la línea de costa la presa tiende a una forma elíptica, con una profundidad media de 3.83 m. al considerar la profundidad máxima presentada, 17 m (González-Ramírez y López García, 1997), 16 m (Ramos-Mendoza, 2001), 13 m (Dorantes-Gómez y Zavala-Montero, 2003), la forma tiende al tipo cónico, dada la deposición de material (González-Ramírez y López García, 1997).

Dado que a la presa son vertidos de forma indirecta, desechos municipales, el sistema presenta problemas de contaminación, afectando la calidad del agua y consecuentemente a la comunidad íctica, que a su vez, es consumida por la población humana. De esta forma es indispensable el

tratamiento e incorporación de medidas sanitarias (Gómez-Márquez y Peña-Mendoza, 1995; Gómez-Márquez, 2000).

Al considerar individualmente los parámetros físico – químicos, estos indican que el sistema es eutrófico, pero en conjunto, la presa puede clasificarse como de tipo mesotrófico (González-Ramírez y López-García, 1997)

Conforme a los datos reportados para oxígeno disuelto, fósforo total, visibilidad y concentración de clorofilas, el sistema puede clasificarse como eutrófico con tendencia a la hipereutrofización (Ramos-Mendoza, 2001; Dorantes-Gómez y Zavala-Montero, 2003) En época de secas la concentración de dureza total, rebasó los límites permisibles (Ramos-Mendoza, 2001).

Clima

Las condiciones climáticas prevalecientes en la zona, conforme a Köpen modificado por García (1981) son $Aw_0''(w)(i')g$, cálido subhúmedo, con cociente de precipitación/temperatura < 43.2 , lluvias en verano con un porcentaje de lluvias invernal menores a 5 mm y presencia de canícula.

La precipitación anual en la zona fluctúa entre 800 y 1000 mm, con una media de 923 mm, la máxima se registra en junio (206 mm) disminuyendo en julio (189 mm) y agosto (176.5 mm), durante la canícula, incrementándose nuevamente en septiembre (187.6 mm) Los valores mínimos se presentan en febrero (0.5 mm) y marzo (0.3 mm)

La temperatura media anual es de 25.8°C, con oscilación entre 5 y 7°C, presentándose marcha de temperatura tipo Ganges (temperatura mayor del año antes del solsticio de verano); las temperaturas más altas se presentan en abril y mayo (29.1 y 28.9°C), los valores mínimos en diciembre y enero (23.2°C).

Dorantes-Gómez y Zavala-Montero (2003) determinaron una fluctuación en la temperatura ambiental de 18.3°C, entre 13.5°C, diciembre y 31.8°C, marzo, con una temperatura media de 25.2°C.

Geología

El vaso está circundado desde el lado poniente hasta el sureste por formación de rocas sedimentarias que han originado suelos consistentes de areniscas y conglomerados. Desde el extremo noroeste hacia el sureste se extienden formaciones de rocas ígneas extrusivas ácidas, pertenecientes a la edad Cenozoica del período Cuaternario.

Suelo

El tipo de suelo circundante a la presa está constituido por areniscas y conglomerados, correspondiente al tipo aluvial, Feozem háplico de textura media y Regosol eútrico. Los principales usos son: agricultura de temporal, anual; pastizal inducido y potrero.

Vegetación

El tipo de vegetación presente en la zona de estudio, corresponde a una selva baja subcaducifolia, representada por los géneros *Bursera*, *Ipomea*, *Opuntia*, *Cassia*, *Aristida*, *Stevia*, *Sporobolus* y *Leucaena*, además de *Acacia farnesiana*, *A. penatula* y *Mimosa pudica*, entre otras (SARH, 1983)

Temperatura del agua

Conforme a los registros de temperatura del agua la presa se puede clasificar como un cuerpo monomítico cálido porque solo se presenta un período de mezcla al año denotándose un período de circulación holomítico, al iniciar la temporada de lluvias y la presencia de vientos entre los meses de octubre o noviembre a marzo, hasta alcanzar las capas más profundas. A mediados de marzo comienza de forma incipiente la estratificación, consolidándose de mayo a septiembre (González-Ramírez y López García, 1997; Ortega-Mungia, 1997; Ramos-Mendoza, 2001; Dorantes-Gómez y Zavala-Montero, 2003)

Durante los meses de diciembre a marzo (período de circulación) la variación entre niveles inferiores y superiores fue de 1°C (González-Ramírez y López García, 1997; Ortega-Mungia, 1997; Ramos-Mendoza, 2001), aunque en noviembre esta diferencia fue de 4°C y durante el período de estratificación se observó un gradiente térmico, implicando con ello diferencias de densidades (González-Ramírez y López García, 1997; Dorantes-Gómez y Zavala-Montero, 2003)

6. MATERIAL Y MÉTODO

6.1. Actividades de campo

Se colectaron muestras mensuales durante 13 meses, enero de 2004 a enero de 2005, ésta fue tomada de la captura comercial realizada por pescadores de la región, utilizando atarraya de 6.5 cm luz de malla; además en los meses de enero, mayo y diciembre de 2004, así como en enero de 2005 se introdujo un chinchorro de 30 m largo, 2 m altura y 0.01 m luz de malla.

Una vez extraídos los peces, a éstos se les determinó longitud total, longitud estándar o patrón, altura (± 0.1 cm), peso total, peso eviscerado y peso gónadas (balanza Ohaus Triple Beam ± 0.1 g); para la extracción de las vísceras se realizó un corte transversal con un bisturí o tijeras desde el gonoporo hasta los radios branquiestegos; conforme a Holden y Raitt (1975) se determinó el grado de madurez presentado por las gónadas.

De los peces se tomaron las escamas situadas en la zona media del lado izquierdo, por debajo de la línea lateral a nivel del origen de la aleta pectoral (Laevastu, 1971). Finalmente para la extracción de los otolitos, se realizaron 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 por arriba de los ojos hasta el corte anterior, quedando expuesto de esta forma, el cerebro. Entonces se procedió a separar 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, con unas pinzas se extrajeron ambos otolitos sagittae. Una vez separados escamas y otolitos de los peces, estas estructuras fueron colocadas en frascos de plástico, previamente etiquetados, de boca ancha con tapa de rosca los cuales contenían una solución de hidróxido de amonio al 3% para eliminar adherencias de grasa y mucosidad.

Los organismos provenientes de los muestreos con chinchorro, fueron colocados directamente en un frasco de plástico, de 3 l de capacidad con boca ancha y tapa de rosca; el cual contenía una solución de formol al 10%.

Muestra procedente de la captura comercial

Para remover el tejido, grasa y/o mucosidad de las estructuras, se utilizó una pincel de cerdas rígidas y agua, esta actividad se realizó en un microscopio estereoscópico. Una vez libres de tejido 10 escamas por cada individuo, cuando fue posible, fueron colocadas entre dos portaobjetos, los cuales fueron unidos con cinta adhesiva y etiquetados (Gómez-Márquez y Ramírez de Arellano-Trejo, 1982).

De las 10 escamas montadas, se escogió a su vez la más clara de acuerdo al método de Sokolov y Wong (1974). La lectura de las escamas se realizó con un microscopio estereoscópico (Nikon modelo SMZ – 2T) de luz transmitida, con lo cual los anillos hialinos, de menor densidad óptica fueron vistos translúcidos y los anillos opacos, de mayor densidad óptica blanquecinos. Para determinar la distancia a cada uno de los anillos se seleccionó una escama, en la cual se observara claramente todos y cada uno de los anillos presentes u observados en el resto de las escamas de ese individuo. Por ello se utilizó un ocular micrométrico Nikon, considerando al foco como referencia, en ángulo recto hacia el margen posterior del margen de la escama se determinó la distancia (± 0.1 mm) del foco a cada uno de los anillos y al margen posterior, considerándose las primeras mediciones como radios 1, 2, 3, etc y la última como radio total. Así mismo se determinó el ancho

de la escama, para lo cual, tomando nuevamente como referencia al foco y perpendicular al radio total. La denominada altura fue tomada, al considerar la distancia presente entre el margen posterior y el anterior, es decir una línea recta que cruzara al foco desde el margen posterior hasta el margen anterior de la escama, en otras palabras la distancia del foco al margen posterior y del foco al margen anterior ambas en ángulo recto (Figura 3).

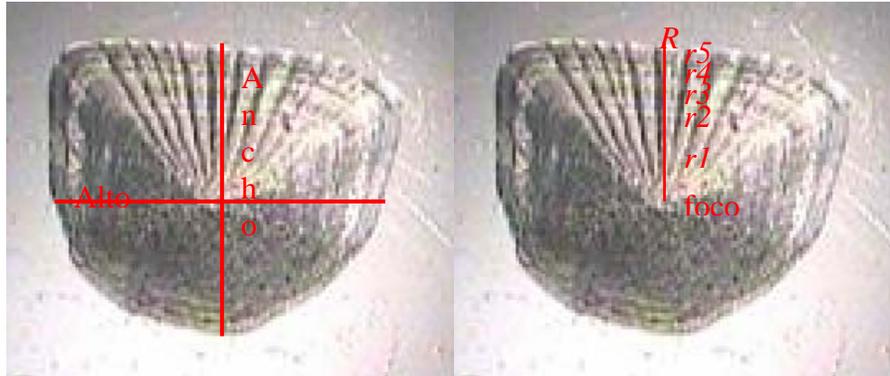


Figura 3. Micrografía de una escama de tilapia nilótica, a la izquierda se muestran los ejes correspondientes a ancho y alto, hacia la derecha se presenta, la misma, indicando el foco y cada uno de los anillos observados y el radio total (R) o distancia entre el foco y el margen posterior.

Los otolitos fueron colocados dentro de una caja de Petri, añadiéndoseles agua corriente hasta quedar cubiertos y con ayuda de un pincel se retiraron las burbujas de aire, para evitar cualquier interferencia en su lectura. Los otolitos fueron vistos bajo un microscopio estereoscópico Nikon con luz transmitida, con lo cual los anillos hialinos, de menor densidad óptica fueron vistos translúcidos y los anillos opacos, de mayor densidad óptica blanquecinos. Con el ocular micrométrico Nikon se determinaron las distancias del foco a cada uno de los anillos.

Se consideraron cuatro ejes para las mediciones, cuyo origen fuese el foco, al interior del núcleo; así un primer eje parte en ángulo recto hacia el rostrum, uno más también en ángulo recto hacia el antirostrum y los restantes dos, uno hacia la región ventral y otro hacia la región dorsal, estas medidas fueron hechas sobre la cara interior del otolito, es decir, la escisura mayor quedó por debajo. Estas medidas fueron tomadas en ambos otolitos (Figura 5). De igual forma se denomina radio 1, 2, 3, etc., la distancia a cada uno de los anillos presentes para cada uno de los ejes y la distancia a cada uno de los márgenes externos, como radio total. El ancho es la distancia entre el margen ventral y el margen dorsal, considerando al foco como punto medio. El largo es la distancia entre los márgenes externos del rostrum y antirostrum, de igual forma el foco es el punto medio (Figura 4).

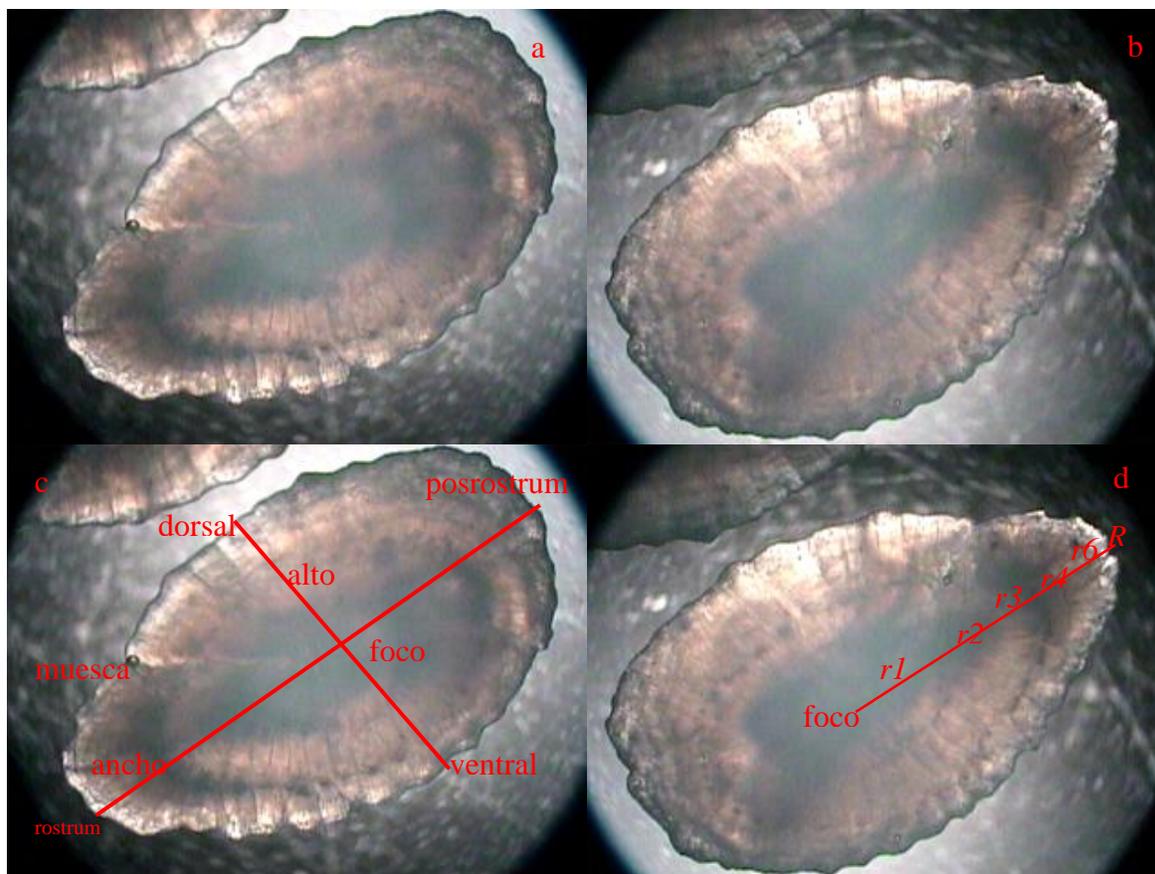


Figura 4. Micrografía del par de otolitos sagittae a) derecho b) izquierdo, c) los ejes correspondientes al ancho y alto y d) distancia desde el foco a cada uno de los anillos observados y al margen del rostrum (R).

Muestra procedente de la captura con chinchorro

Estos ejemplares, fueron lavados con agua corriente para eliminar el formol. Posteriormente se determinó en ellos longitud total, longitud estándar o patrón, altura con una precisión de ± 0.1 cm, peso total, peso eviscerado y peso de gónadas, estas tres últimas mediciones se realizaron con una balanza Ohaus Triple Beam, con precisión de ± 0.1 g. Para la extracción de las vísceras se realizó un corte transversal con un bisturí o tijeras desde el gonoporo hasta los radios branquiostegos; al eliminar el aparato digestivo, al fondo de la cavidad se exponen las gónadas y de esta forma se puede determinar el sexo de los individuos.

Las escamas en estos organismos al igual que en los de la captura comercial fueron tomadas de la zona media del lado izquierdo, por debajo de la línea lateral a nivel del origen de la aleta pectoral.

Para la extracción de los otolitos en peces mayores a 10 cm, se realizaron 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 por arriba de los ojos hasta el corte posterior, quedando expuesto de esta forma, el cerebro. Entonces se procedió a separar la masa encefálica, exponiendo 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, con unas pinzas se extrajeron ambos otolitos sagittae.

En peces menores a 10 cm, para la extracción de los otolitos se decapitó al pez y posteriormente se separó la mandíbula inferior. De esta forma en la parte posterior de la mandíbula superior se pudieron apreciar las cápsulas óticas, las cuales, utilizando unas pinzas fueron fracturadas con mucho cuidado para no dañar los otolitos, los cuales al quedar expuestos pudieron ser removidos con las mismas pinzas.

Una vez separados escamas y otolitos de los peces, estas estructuras fueron colocadas en frascos de plástico previamente etiquetados, de boca ancha con tapa de rosca los cuales contenían una solución de hidróxido de amonio al 3% para eliminar adherencias de grasa y mucosidad. Tiempo después con un pincel de cerdas rígidas y con agua se separa el tejido excedente e impurezas que impidan la visibilidad sobre las estructuras.

Para determinar la distancia a cada uno de los radios en escamas y otolitos se realizó el mismo procedimiento empleado en los ejemplares de la captura comercial.

6.2. Actividades de gabinete

Proporción por sexos

La proporción entre machos y hembras fue contrastada con una prueba de bondad de ajuste de χ^2 ($\alpha \geq 0.05$), y una distribución uniforme (proporción 1:1) presentada por Nikolsky (1963) con la corrección de Yates (Marques dos Santos, 2004).

Para probar estadísticamente la igualdad de las pendientes estimadas se consideraron las pruebas correspondientes de la regresión con el estadígrafo t de Student con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$

Relación longitud total – longitud patrón

Para determinar la correlación entre la longitud total – longitud patrón se realizó un análisis de regresión lineal por medio de mínimos cuadrados (Marques dos Santos, 2004). Con el propósito de convertir a una u otra los valores reportados por otros trabajos y hacer comparaciones. Además se llevó a cabo un análisis de covarianza, que permitió evaluar las diferencias entre sexos ($P < 0.05$).

Relación peso total – longitud total

Mediante un análisis de regresión no lineal se estableció la relación potencial entre los datos observados de peso total y longitud total, este análisis definió con un 95% de confianza el intervalo en el cual se encontraba el valor del exponente, por tanto, al incluir al tres dentro de este, se consideró, el crecimiento mostrado por ambas variables es de tipo isométrico, por el contrario si dentro del intervalo no quedaba incluido el tres, entonces el crecimiento sería considerado alométrico negativo o positivo (Ricker, 1975). Así mismo, se desarrolló un análisis de covarianza para establecer las diferencias entre sexos para estas variables.

Lo anterior también se planteó con la longitud total y el peso eviscerado.

Estimación de la edad y el crecimiento

Análisis de frecuencia de tallas

La determinación de los grupos de edad se realizó mediante el análisis de frecuencias de tallas utilizando estimadores de densidad por kernel gaussiano, para lo cual, se realizó la evaluación no paramétrica de la multimodalidad de los datos (Silverman, 1981). El análisis de las modas se realizó en los meses de enero, mayo y diciembre de 2004, cuando se introdujo el chinchorro. Estos datos permitieron determinar los componentes gaussianos (media, desviación estándar y tamaño), mediante el método de Bhattacharya (1967); una vez identificados los componentes estos se delimitaron tanto en el gráfico de diferencias logarítmicas como en el estimador de densidad correspondiente, además se determinó la correlación entre la suma de los componentes gaussianos estimados con la frecuencia suavizada original. Con los valores medios y medianos de los componentes gaussianos obtenidos se procedió a estimar los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy (1938), conforme a los métodos de regresión lineal tradicionales: Ford (1933) – Walford (1946), Gulland (1964), Gulland – Holt (1959) y Beverton – Holt (1957); así como por métodos de regresión no lineal simple y ponderada.

De los datos obtenidos conforme al método de Bhattacharya, se estimaron también, los parámetros de las funciones de crecimiento de von Bertalanffy (1938), Gompertz (1825) y Logística (1838), conforme a la regresión no lineal; para determinar el modelo que mejor describe el crecimiento presentado por los peces.

Todos estos procedimientos fueron realizados con los programas de Salgado-Ugarte, *et al.* (1993, 1994, 1995, 1997, 2000, 2002, 2003, 2004, 2005) implementados para Stata (StataCorp, 1999, 2001, 2003).

Lectura de escamas y otolitos

La determinación de los grupos de edad conforme a la lectura de estructuras duras (escamas y otolitos) se realizó mediante el análisis de frecuencia de radios (la distancia entre foco y cada uno de los anillos observados en escamas y otolitos), utilizando estimadores de densidad kernel (Fox, 1990), utilizando una amplitud de banda óptima Gaussiana conforme a Silverman (1986), para cada uno de los radios. Estos datos permitieron determinar los componentes gaussianos (media, desviación estándar y tamaño) para cada uno de los radios, mediante el método de Bhattacharya (1967); conforme a los valores medios estimados para los radios y la relación mostrada entre radio total y longitud total de los peces se estimó la talla en los peces. Con los datos de talla, se procedió a estimar los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy (1938), de acuerdo a los métodos de regresión lineal tradicionales: Ford-Walford (1949), Gulland (1964), Gulland-Holt (1959) y Beverton-Holt (19); así como los métodos de regresión no lineal simple y ponderada (19).

Lo anterior se desarrolló para los datos de la muestra completa y por sexos, es decir, considerando machos y hembras por separado, además machos e indeterminados y hembras e indeterminados (Salerno, 2001).

Con la finalidad de determinar si existen diferencias significativas entre el crecimiento de machos y hembras, así como entre machos e indeterminados y hembras e indeterminados (Salgado-Ugarte, 1995) se realizaron pruebas estadísticas multivariadas, T^2 de Hotelling (Bernard, 1981) y razón de verosimilitud (Kimura, 1980).

Con los datos obtenidos por tallas y edad se estimaron los parámetros de las funciones de crecimiento de von Bertalanffy (1938), Gompertz (1825) y logística (1838), conforme a la regresión no lineal; para determinar el modelo que mejor describe el crecimiento presentado por los peces. Todos estos procedimientos fueron realizados con los programas de Salgado – Ugarte (1993, 1994, 1995, 1997, 2000, 2002, 2004, 2005) implementados para Stata (Stata Corporation, 1999).

Concordancia

Finalmente con los datos obtenidos de las lecturas de anillos de crecimiento de escamas y otolitos se compararon las edades estimadas por ambas estructuras y se consideraron sólo aquellos organismos que coincidían y con estos valores se procedió a determinar los parámetros correspondientes a los modelos de crecimiento de von Bertalanffy, Gompertz y Logístico tanto por los métodos de regresión lineal tradicionales como por la regresión no lineal simple y ponderada, esto para los valores medios de longitud total por grupo de edad y para cada uno de los organismos. Todos estos procedimientos fueron realizados con los programas de Salgado – Ugarte (1993, 1994, 1995, 1997, 2000, 2002, 2004, 2005) implementados para Stata (Stata Corporation, 1999).

7. RESULTADOS

7.1. Identificación de la especie

De los muestreos realizados con chinchorro en los meses de mayo, diciembre y enero se obtuvieron un total de 57 organismos con los cuales se trabajó para la identificación de la especie (Tabla 1) de acuerdo con la propuesta de Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo (1986).

Tabla 1. Datos merísticos determinados en los organismos ($n = 57$) capturados en los muestreos realizados con chinchorro en los meses de mayo, diciembre y enero.	
Caracteres morfométricos	Moda
Cuerpo	16
Mejilla	3
Línea lateral	32
Aleta dorsal	XVII – 12
Aleta pectoral	15
Aleta pélvica	I – 5
Aleta anal	III – 10
Branquiespinas	21

También se utilizaron las características presentes del hueso faríngeo para determinar la especie con la cual se trabajó (Figura 5).

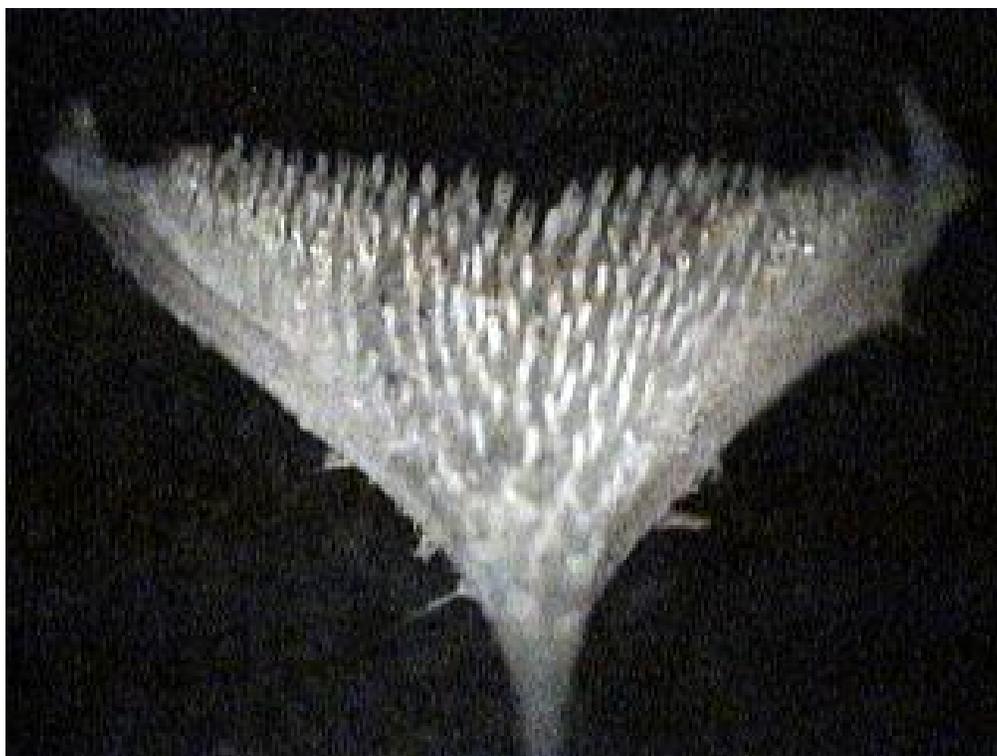


Figura 5. Hueso faríngeo correspondiente a un organismo capturado en la presa Emiliano Zapata, Morelos, donde es posible observar en primer plano los dientes monocúspides y en segundo plano los bicúspides en la parte superior.

7. RESULTADOS

7.2. Proporción por sexos

De los 13 meses de muestreo realizados de enero de 2004 a enero de 2005 se obtuvieron un total de 560 organismos: 413 machos, 72 hembras y 75 indeterminados (Figura 6) que contrasta con lo sugerido por Nikolsky (1963) de una proporción 1:1 hembras: machos por lo cual se realizó la prueba de χ^2 con la corrección de Yates (Marques dos Santos, 2004) para la proporción entre sexos (Tabla 2)

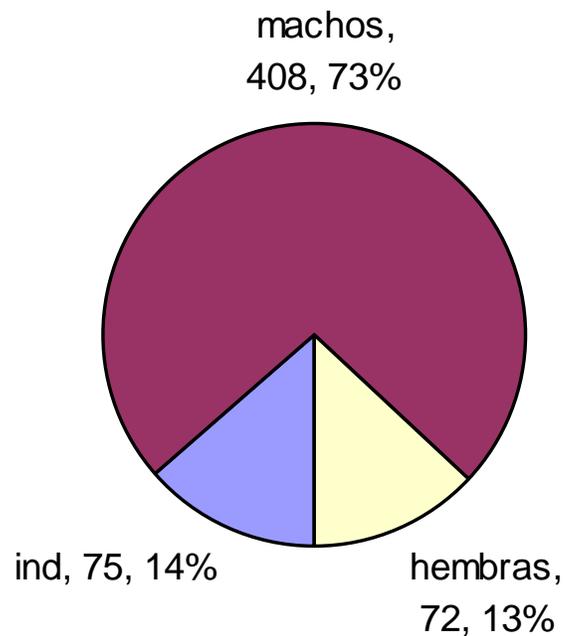


Figura 6. Proporción observada entre machos, hembras e indeterminados; conforme a los 13 meses de muestreo en la presa “Emiliano Zapata”, Morelos.

De acuerdo con los valores estimados para la prueba de χ^2 para el total de la muestra las proporciones entre machos: hembras son diferentes de 1:1, siguiendo esta proporción sólo en los meses de marzo, octubre y enero, cuando los valores calculados para la prueba son menores al de tablas. De tal forma que la proporción observada en general es de 5.7 machos por 1 hembra.

Tabla 2. Valores observados por sexos en los muestreos mensuales, proporción sexual observada, prueba de χ^2 con la corrección de Yates, significancia estadística y conclusión con respecto a la proporción 1:1

Muestreo mensual	Total	Sexo			Proporción		χ^2 (Yates)	χ^2 (0.95, 1)	P	Conc.
		Machos	Hembras	Ind.	Machos	Hembras				
Ene 04	67	28	10	29	2.8	1.0	7.6	3.8414	0.0058	Dif.
Feb	37	32	5	0	6.4	1.0	18.3	3.8414	1E-05	Dif.
Mar	32	21	10	1	2.1	1.0	3.2	3.8414	0.0725	Igual
Abr	35	34	1	0	34.0	1.0	29.2	3.8414	6E-08	Dif.
May	65	43	2	20	21.5	1.0	35.5	3.8414	2E-09	Dif.
Jun	41	41	0	0	41.0	0.0	39.0	3.8414	4E-10	Dif.
Jul	37	36	1	0	36.0	1.0	31.2	3.8414	2E-08	Dif.
Ago	37	37	0	0	37.0	0.0	35.0	3.8414	3E-09	Dif.
Sep	34	34	0	0	34.0	0.0	32.0	3.8414	1E-08	Dif.
Oct	30	20	9	1	2.2	1.0	3.4	3.8414	0.0633	Igual
Nov	36	30	6	0	5.0	1.0	14.7	3.8414	0.0001	Dif.
Dic	65	39	9	17	4.3	1.0	17.5	3.8414	2E-05	Dif.
Ene 05	44	18	19	7	0.9	1.0	0.0	3.8414	1.0000	Igual
Total	560	413	72	75	5.7	1.0	238.35	3.8414	9E-54	Dif.

7. RESULTADOS

7.3. Relación longitud total – longitud estándar o patrón

De los muestreos mensuales realizados en la presa Emiliano Zapata los datos morfométricos indican que la longitud total mínima observada fue de 1.8 cm y la máxima de 20.9 cm, en tanto la longitud estándar o patrón se ubicó entre 1.3 y 16.5 cm (Tabla 3).

Tabla 3. Valores estimados para la media, desviación estándar, máximo y mínimo por mes, para todos los organismos capturados en los muestreos mensuales en la presa “Emiliano Zapata”

Mes	Var.	Obs.	Media	Desv.Std.	Mín.	Máx.	Var.	Obs.	Media	Desv.Std.	Mín.	Máx.
Ene 04	Lt	67	11.4627	5.9961	2.3	19.9	Lp	67	8.9851	4.6936	1.8	15.7
Feb	Lt	37	17.8513	0.9118	15.7	19.4	Lp	37	13.9108	0.6975	12.3	15.3
Mar	Lt	32	17.65	1.1483	16.0	20.6	Lp	32	13.8562	0.9483	12.5	16.5
Abr	Lt	35	17.9714	1.1597	15.7	20.9	Lp	35	13.9943	0.8921	12.3	16.1
May	Lt	65	13.3892	6.9707	1.8	20.9	Lp	65	10.4431	5.5299	1.3	16.5
Jun	Lt	41	17.9195	0.7403	16.6	19.6	Lp	41	13.9805	0.6177	12.9	15.3
Jul	Lt	37	17.6054	0.8151	16.0	19.4	Lp	37	13.6811	0.6168	12.3	15.2
Ago	Lt	37	16.3216	1.0819	13.1	18.6	Lp	37	12.7108	0.7117	10.3	14.
Sep	Lt	34	17.5588	0.8496	14.9	19.4	Lp	34	13.7029	0.7826	11.5	16.3
Oct	Lt	30	17.14	0.9894	14.7	19.3	Lp	30	13.21	0.7792	11.4	15.0
Nov	Lt	36	16.988	0.9653	15.0	20.8	Lp	36	13.1472	0.7684	11.3	16.1
Dic	Lt	65	12.5769	5.4340	2.4	17.8	Lp	65	9.6630	4.2281	1.8	13.9
Ene 05	Lt	43	14.2604	5.1496	1.8	18.4	Lp	44	10.9863	3.9228	1.3	13.5
Total	Lt	559	15.4491	4.6523	1.8	20.9	Lp	560	12.0096	3.6434	1.3	16.5

Con objeto de determinar la relación entre longitud total y longitud estándar se realizaron análisis de regresión lineal y potencial encontrándose valores altos en el coeficiente de determinación, $r^2 = 0.9944$ y 0.9995 respectivamente. Ambas relaciones permitirán transformar los datos a longitud patrón cuando otros trabajos reporten sus resultados en esta variable y comparar sus valores con los estimados en el presente (Figura 7).

Al realizar un análisis de los datos de longitud total y patrón por sexos se apreciaron diferencias (Tabla 4); por lo cual se llevó a cabo un análisis de covarianza que dio como resultado, diferencias entre machos y hembras ($F_{2,559} = 2.94$, $P < 0.1$), por lo tanto se presentan las relaciones entre longitud total y patrón por sexos: machos (Figura 8), hembras (Figura 9).

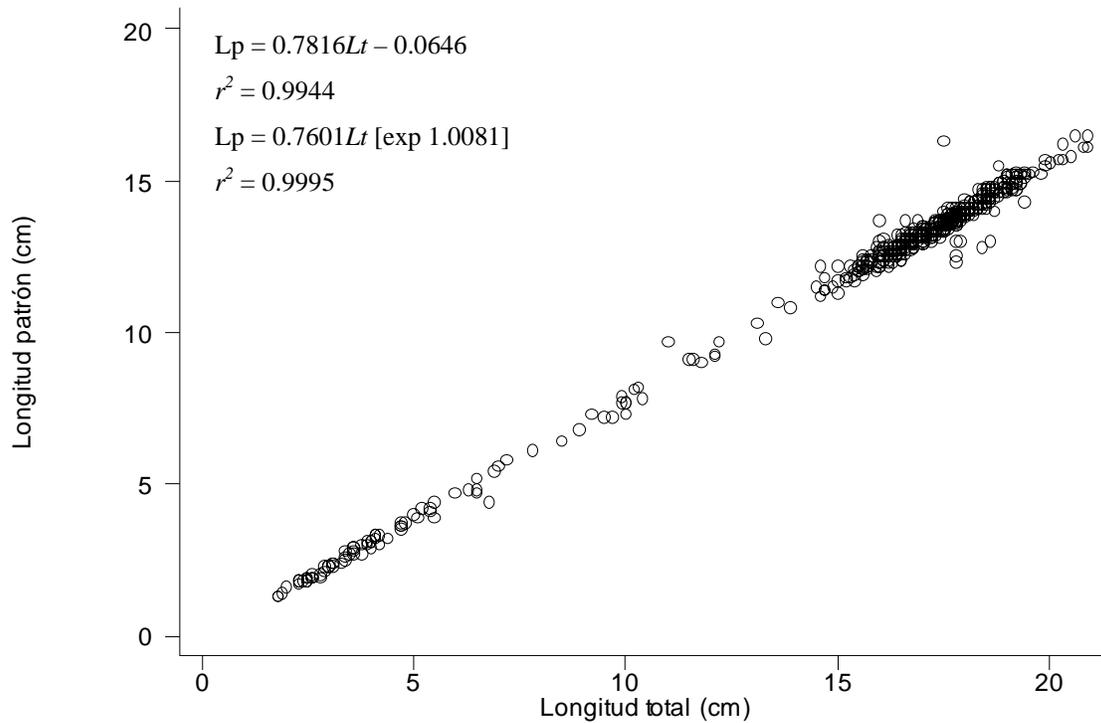


Figura 7. Relación entre longitud total y longitud estándar o patrón, mediante análisis de regresión lineal y potencial para los organismos capturados en los 13 muestreos mensuales.

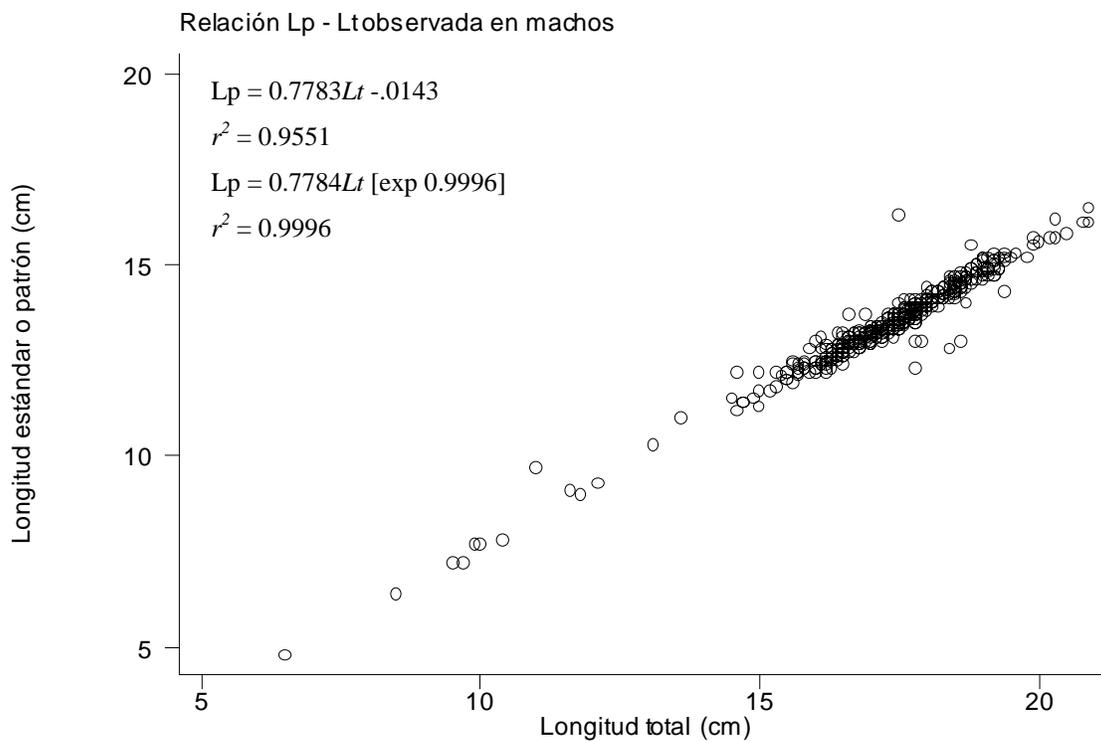


Figura 8. Relación entre longitud total y longitud estándar o patrón, mediante análisis de regresión lineal y potencial para los machos capturados en los 13 muestreos mensuales

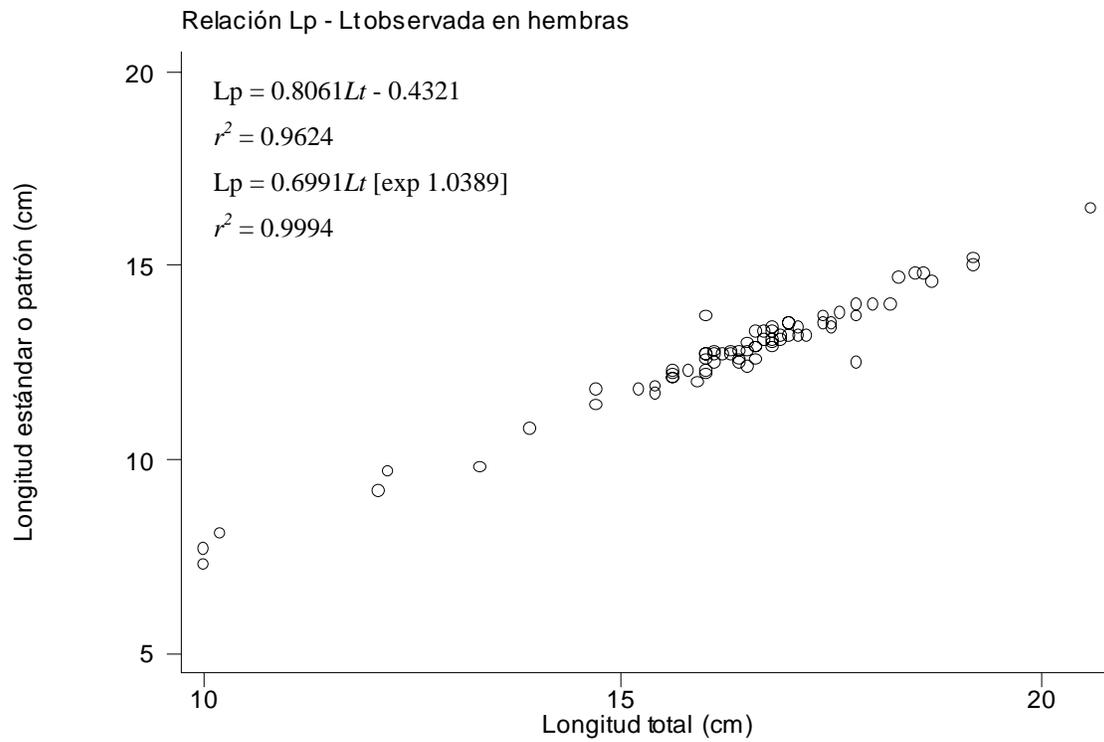


Figura 9. Relación entre longitud total y longitud estándar o patrón, mediante análisis de regresión lineal y potencial para las hembras capturadas en los 13 muestreos mensuales.

Tabla 4. Valores medios de longitud total y estándar ó patrón calculados en machos y hembras por mes de muestreo.

Mes	Var.	Obs.	Machos			Obs.	Hembras		
			Media	Mín	Máx		Media	Mín	Máx
Ene 04	Lt	28	16.6714	9.9	19.9	10	14.6800	10.0	17.8
	Lp	28	13.0464	7.7	15.7	10	11.4700	7.7	14.0
Feb	Lt	32	17.9344	15.7	19.4	5	17.3200	16.0	18.7
	Lp	32	13.9312	12.3	15.2	5	13.7800	12.6	14.8
Mar	Lt	21	17.7571	16.3	19.2	10	17.5200	16.0	20.6
	Lp	21	13.8762	12.5	15.2	10	13.9000	12.7	16.5
Abr	Lt	34	17.9823	15.7	20.9	1	17.6000	17.6	17.6
	Lp	34	14.0000	12.3	16.1	1	13.8000	13.8	13.8
May	Lt	43	18.0302	10.0	20.9	2	12.3500	10.0	14.7
	Lp	43	14.1395	7.7	16.5	2	9.5500	7.3	11.8
Jun	Lt	41	17.9195	16.6	19.6	0			
	Lp	41	13.9805	12.9	15.3	0			
Jul	Lt	36	17.5805	16.0	19.4	1	18.5000	18.5	18.5
	Lp	36	13.6500	12.3	15.2	1	14.8000	14.8	14.8
Ago	Lt	37	16.3216	13.1	18.6	0			
	Lp	37	12.7108	10.3	14.3	0			
Sep	Lt	34	17.5588	14.9	19.4	0			
	Lp	34	13.7029	11.5	16.3	0			
Oct	Lt	20	17.2100	15.6	19.3	9	16.9667	14.7	19.2
	Lp	20	13.2200	11.9	14.9	9	13.1667	11.4	15.0
Nov	Lt	30	17.1167	15.0	20.8	6	16.3500	15.4	17.5
	Lp	30	13.2500	11.3	16.1	6	12.6333	11.7	13.4
Dic	Lt	39	15.3846	6.5	17.8	9	15.8222	12.1	17.5
	Lp	39	11.8461	4.8	13.9	9	12.1555	9.2	13.5
Ene 05	Lt	17	16.6353	15.2	18.4	19	16.3421	15.2	17.8
	Lp	18	12.6555	11.4	13.5	19	12.6579	11.8	13.5
Total	Lt	412	17.2556	6.5	20.9	72	16.2930	10.0	20.6
	Lp	413	13.4116	4.8	16.5	72	12.7014	7.3	16.5

7. RESULTADOS

7.4. Relación peso total – longitud total

La relación entre el peso y la longitud es importante en biología pesquera porque proporciona información sobre la condición de los organismos. De los 13 muestreos mensuales realizados en la presa “Emiliano Zapata” se obtuvieron 560 organismos los cuales presentaron un intervalo de tallas en cuanto a peso total de 0.1 a 158.7 g y peso eviscerado de 0.1 a 144.2 g (Tabla 5).

Tabla 5. Valores estimados para la media, desviación estándar, máximo y mínimo de peso total (Pt) y eviscerado (Pe) por mes, para todos los organismos capturados en la presa “Emiliano Zapata”

Mes	Var.	Obs.	Media	D. s.	Mín.	Máx.	Var.	Obs.	Media	D. s.	Mín.	Máx.
Ene 04	Pt	67	47.2970	45.3503	0.3	146.7	Pe	67	40.6537	39.6334	0.2	130.8
Feb	Pt	37	95.2108	14.9309	66.6	124.1	Pe	37	83.1351	13.5660	57.6	110.7
Mar	Pt	32	92.3531	18.5487	65.8	138.1	Pe	32	82.1375	16.6984	58.2	118.9
Abr	Pt	35	99.3857	18.5954	64.8	138.9	Pe	35	86.8628	16.4574	56.7	120.8
May	Pt	65	67.7308	51.2871	0.1	158.7	Pe	65	60.7523	46.4368	0.1	144.2
Jun	Pt	40	96.3525	9.6420	79.1	117.6	Pe	36	87.5222	9.6217	70.6	108.1
Jul	Pt	37	87.2081	10.0508	65.7	114.8	Pe	30	77.0	9.3778	56.5	105.0
Ago	Pt	37	72.5432	9.3030	38.2	104.2	Pe	30	65.89	9.1127	34.1	94.8
Sep	Pt	34	86.2559	9.6339	58.8	101.8	Pe	34	74.6735	8.8635	50.0	88.2
Oct	Pt	30	79.21	13.3853	48.3	105.8	Pe	30	67.56	12.0673	41.2	89.6
Nov	Pt	36	80.0944	11.8706	53.2	121.9	Pe	36	68.8555	10.9384	45.0	109.0
Dic	Pt	65	48.9877	33.3540	0.3	93.8	Pe	64	43.6234	29.4552	0.3	86.8
Ene 05	Pt	44	61.9363	27.7949	0.1	89.5	Pe	39	60.0718	15.3183	0.1	77.7
Total	Pt	559	74.0513	33.9637	0.1	158.7	Pe	535	65.4841	30.1279	0.1	144.2

De los datos obtenidos peso total – longitud total de todos los organismos capturados se estimó la relación entre éstas, mediante un análisis de regresión potencial, encontrándose un alto valor para el coeficiente de determinación, $r^2 = 0.9929$ (Figura 10), de tal forma el tipo de relación existente es de tipo potencial.

Los valores estimados del análisis de regresión potencial indican que el valor del exponente es igual a 2.7, los intervalos con un 95% confianza muestran que éste se ubica entre 2.6 y 2.8, por lo cual el crecimiento mostrado por todos los organismos es de tipo alométrico negativo, es decir, los organismos crecen más en longitud que en peso.

Por otra parte, al observar los valores correspondientes al peso total y eviscerado por sexos se apreciaron diferencias (Tabla 6) dado que el valor promedio para la primer variable mencionada en los machos fue de 86.8 g y 73.3 g en hembras; en tanto para la segunda variable en machos fue de 76.6 g y 63.3 g en hembras.

Por ello se desarrolló un análisis de covarianza entre la regresión longitud total y peso total por sexos encontrándose diferencias significativas ($F = 6.48$, $P = 0.0188$), por tanto se graficaron las

relaciones por separado: longitud total – peso total en machos (Figura 20) longitud total – peso total en hembras (Figura 21), para observar las diferencias entre éstas.

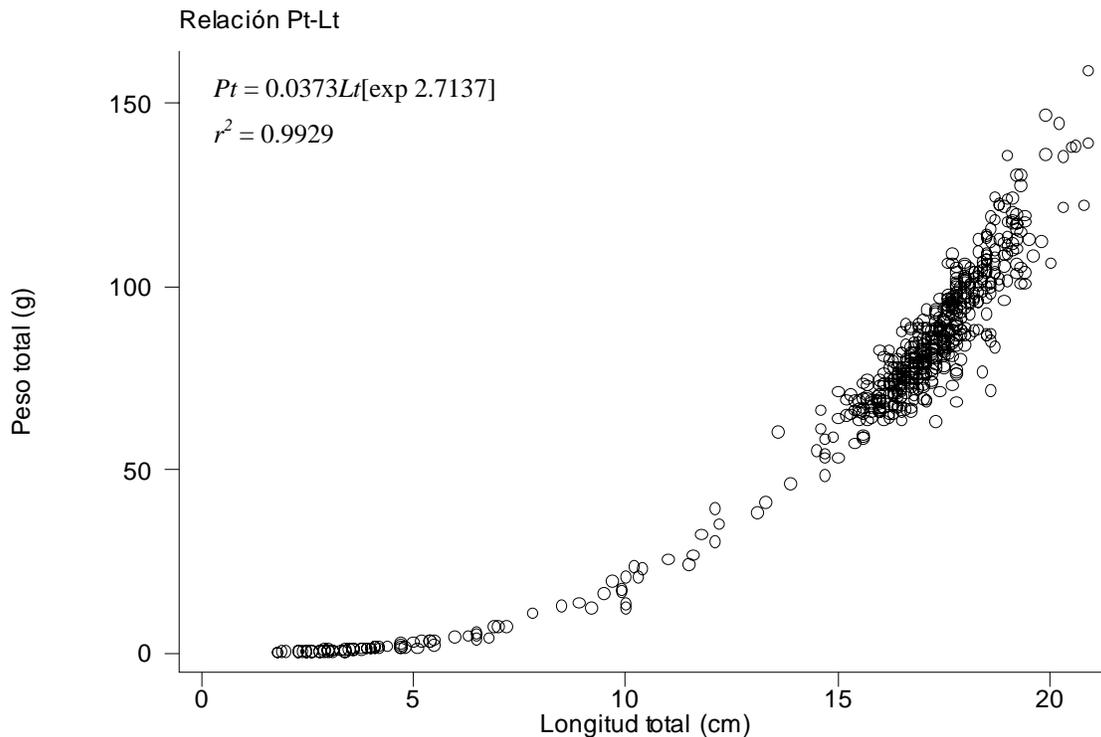


Figura 10. Relación longitud total (Lt) – peso total (Pt), mediante análisis de regresión potencial para todos los organismos capturados en los 13 muestreos mensuales.

El análisis de regresión no lineal para peso total – longitud total observada en machos, con un intervalo de confianza del 95%, muestra que el valor del exponente es de 2.6714 ubicándose entre 2.5 y 2.8 por lo cual el tipo de crecimiento presente en estos organismos es de tipo alométrico negativo. Con hembras el valor es de 2.6913, siendo los límites inferior y superior de 2.4454 y 2.9373, de tal forma, el crecimiento en hembras es de tipo alométrico negativo.

Al realizar esta exploración con los valores observados en machos e indeterminados y hembras e indeterminados, se obtuvo el siguiente resultado. En el primer caso, el valor fue de 2.6958, siendo 2.5905 y 2.8006 los límites superior e inferior respectivos; consecuentemente el crecimiento en machos e indeterminados es también alométrico negativo. Al considerar a hembras e indeterminados, el valor resultante de la regresión no lineal es de 2.7370 que se ubica dentro de un intervalo de confianza del 95% entre 2.5784 y 2.8956, así el crecimiento es de tipo alométrico negativo, tanto para machos, hembras, machos e indeterminados y hembras e indeterminados.

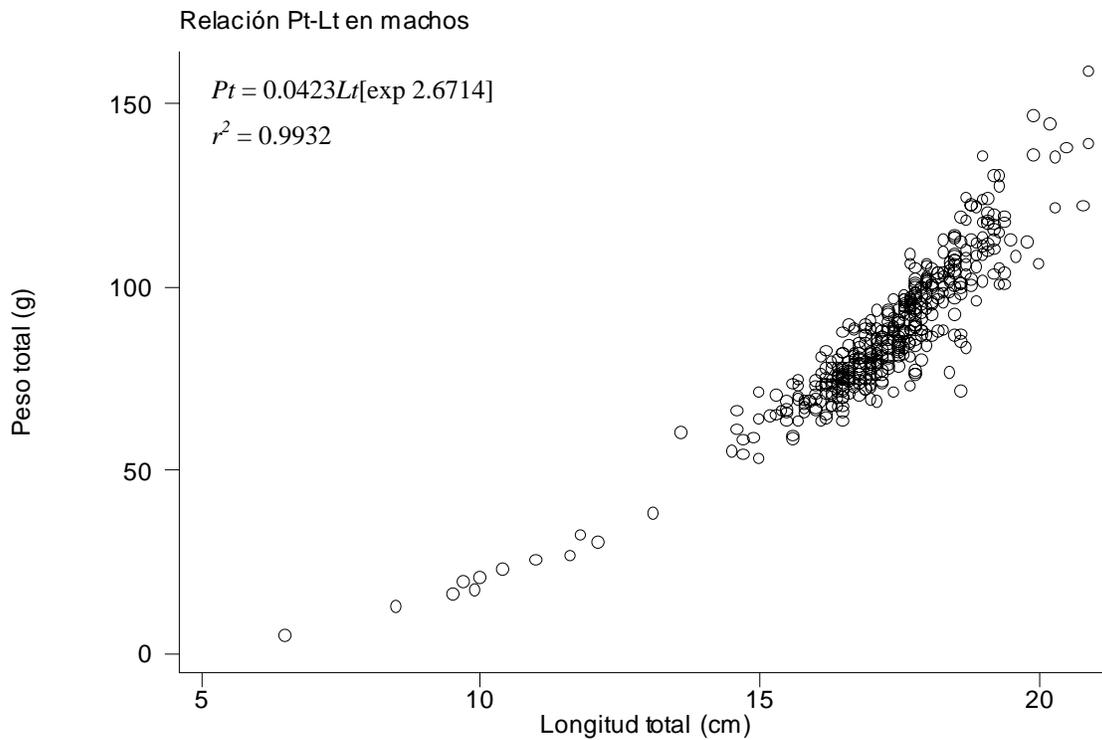


Figura 11. Relación longitud total (Lt) – peso total (Pt), mediante análisis de regresión potencial para los machos capturados en los 13 muestreos mensuales.

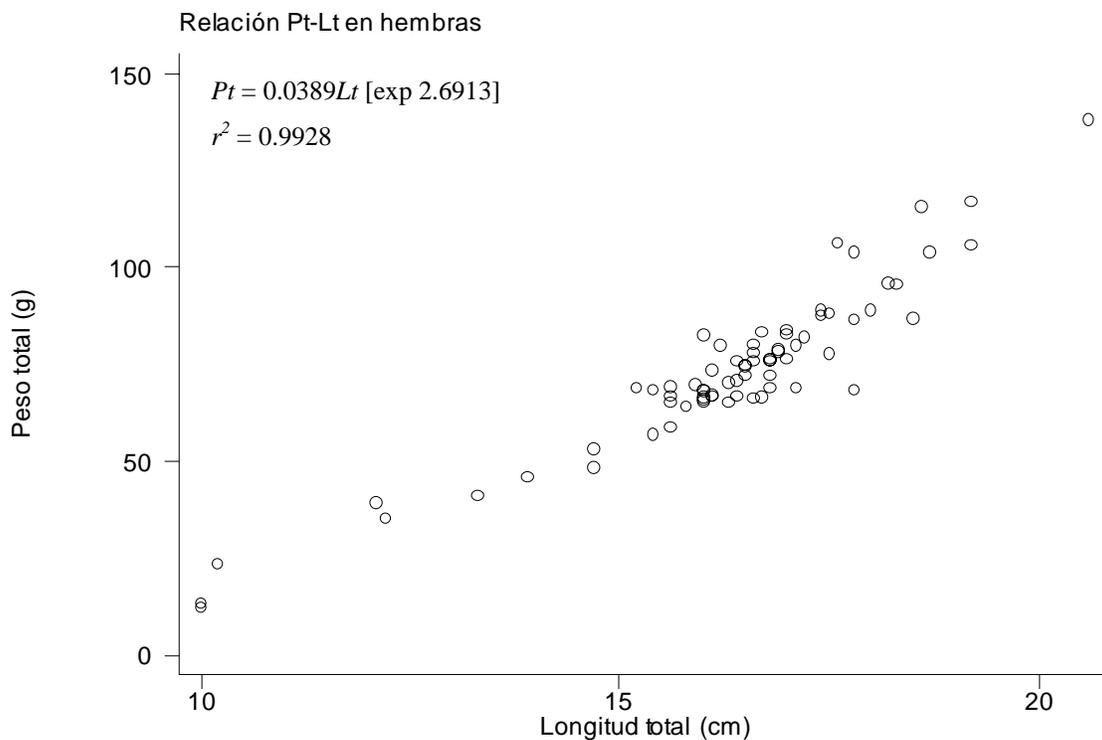


Figura 12. Relación longitud total (Lt) – peso total (Pt), mediante análisis de regresión potencial para las hembras capturadas en los 13 muestreos mensuales.

7.5. Relación peso eviscerado – longitud total

Para contrastar lo obtenido entre la longitud total y peso total, se presenta la relación entre el peso eviscerado y la longitud total; el análisis de regresión potencial mostró un valor alto para el coeficiente de determinación, $r^2 = 0.9933$ (Figura 22), por lo cual esta relación bien puede ser descrita de forma potencial.

Los resultados del análisis de regresión no lineal entre peso eviscerado – longitud total, por sexos indica que para todos los organismos, el valor del exponente que define la relación potencial es 2.8891, el intervalo se encuentra entre 2.7865 y 2.9917, por tanto el crecimiento mostrado es de tipo alométrico negativo, porque el valor de 3 no está incluido en el intervalo.

Al considerar a machos la relación peso eviscerado – longitud total, el análisis de regresión no lineal da un intervalo que abarca de 2.7252 a 2.9759, siendo 2.8505 el valor otorgado a la potencia que define la relación potencial en machos; el crecimiento alométrico negativo define la relación entre peso eviscerado y longitud total. En hembras, el recorrido de valores para la potencia comienza en 2.5607 y termina en 3.0819, generando a 2.8213 como el valor correspondiente, dado que el tres se encuentra incluido dentro del intervalo, el crecimiento peso eviscerado – longitud total es de tipo isométrico.

Conjuntados machos e indeterminados, la regresión no lineal, indica que la relación potencial entre peso eviscerado y longitud total está definida por la expresión : $Pe = 0.0210Lt[\exp 2.8694]$ ($r^2 = 0.9926$), el intervalo con un 95% de confianza se encuentra determinado por 2.7560 y 2.9829, para el exponente, cuyo valor reportado es 2.8695; por tanto, el crecimiento entre estas dos variables es de tipo alométrico negativo, por no incluir al tres. En hembras e indeterminados la ecuación que determina la relación potencial es $Pe = 0.0210Lt[\exp 2.8567]$ ($r^2 = 0.9910$); el valor generado por la regresión no lineal es 2.8567 y los valores extremos para la potencia son 2.6832 y 3.0302, por lo tanto en hembras e indeterminados el crecimiento es de tipo isométrico para el peso eviscerado, ya que dentro del intervalo se encuentra el tres.

En general, para el peso eviscerado, se tiene que el crecimiento en todos los organismos, machos y machos e indeterminados es de tipo alométrico negativo, mientras que en hembras y hembras e indeterminados es de tipo isométrico.

Tabla 6. Valores medios para peso total y eviscerado calculados en los organismos machos y hembras por mes de muestreo

Mes	Var.	Machos				Hembras			
		Obs.	Media	Mín.	Máx.	Obs.	Media	Mín.	Máx.
Enero	Pt	28	87.25	17.2	146.7	10	58.27	13.3	103.7
	Pe	28	75.2643	13.3	130.8	10	50.05	10.6	91.6
Febrero	Pt	32	96.6219	72.7	124.1	5	86.18	66.6	115.5
	Pe	32	84.1656	61.0	110.7	5	76.54	57.6	103.5
Marzo	Pt	21	95.0381	73.5	122.1	10	89.36	65.8	138.1
	Pe	21	84.8809	63.2	109.2	10	78.77	59.2	118.9
Abril	Pt	34	99.1853	64.8	138.9	1	106.2	106.2	106.2
	Pe	34	86.7206	56.7	120.8	1	91.7	91.7	91.7
Mayo	Pt	43	100.486	20.5	158.7	2	32.65	12.3	53
	Pe	43	90.2488	16.2	144.2	2	28.05	10	46.1
Junio	Pt	40	96.3525	79.1	117.6	0			
	Pe	36	87.5222	70.6	108.1	0			
Julio	Pt	36	87.225	65.7	114.8	1	86.6	86.6	86.6
	Pe	29	77.0586	56.5	105.0	1	75.3	75.3	75.3
Agosto	Pt	37	72.5432	38.2	104.2	0			
	Pe	30	65.89	34.1	94.8	0			
Septiembre	Pt	34	86.2559	58.8	101.8	0			
	Pe	34	74.6735	50	88.2	0			
Octubre	Pt	20	81.73	59.2	100.6	9	75.4111	48.3	105.8
	Pe	20	69.575	49.7	88.5	9	64.5	41.2	89.6
Noviembre	Pt	30	81.4833	53.2	121.9	6	73.15	65	88.2
	Pe	30	70.2667	45	109	6	61.8	55.8	74.2
Diciembre	Pt	39	65.3333	4.7	93.8	9	66.4555	39.2	81.9
	Pe	39	57.4692	3.7	86.8	9	57.9	30.2	71.8
Enero	Pt	18	73.7167	63.3	89.5	19	73.4631	64	83.9
	Pe	18	63.8722	55.5	77.7	19	62.7842	54.6	73.9
Total	Pt	412	86.8662	4.7	158.7	72	73.2889	12.3	138.1
	Pe	394	76.6599	3.7	144.2	72	63.3236	10	118.9

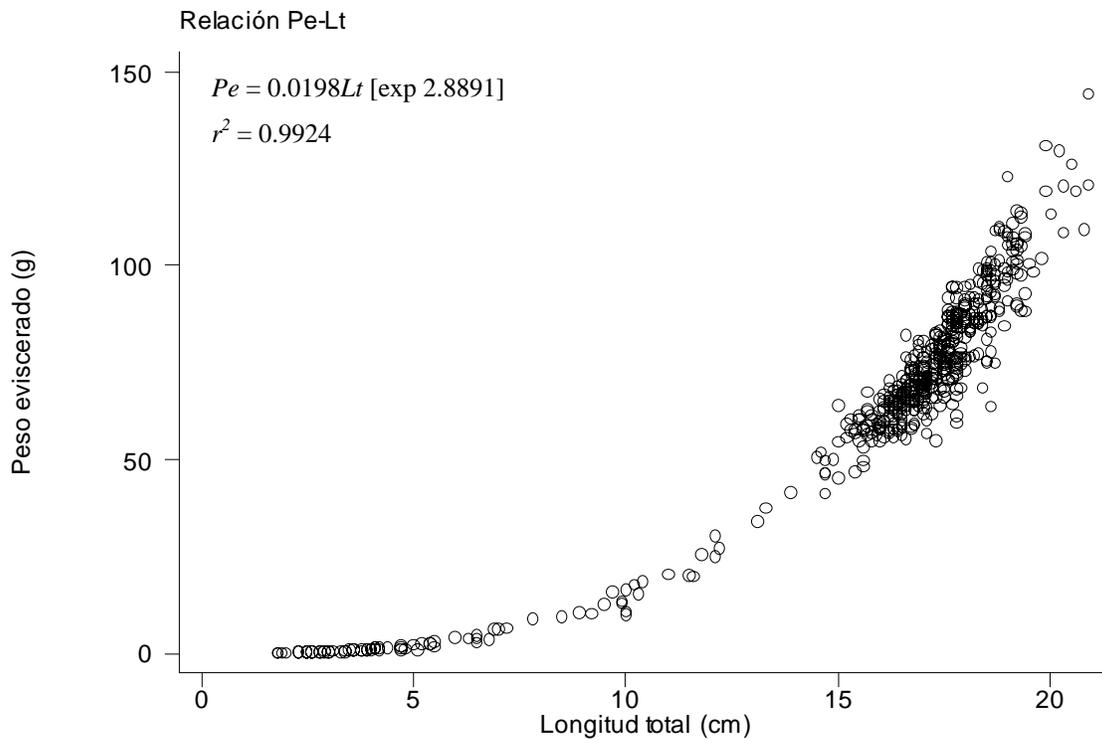


Figura 13. Relación longitud total (Lt) – peso total (Pt), mediante análisis de regresión potencial para todos los organismos capturados en los 13 muestreos mensuales.

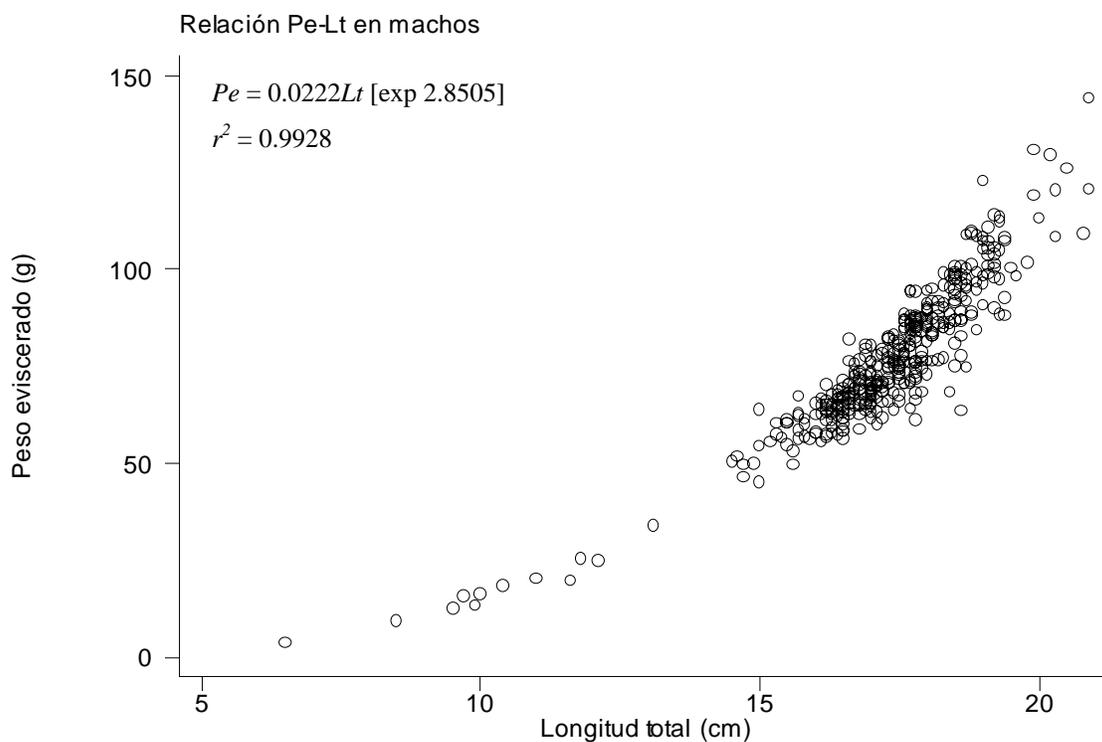


Figura 14. Relación peso eviscerado (Pe) – longitud total (Lt) y regresión potencial estimada en los machos capturados en los muestreos mensuales en la presa “Emiliano Zapata”.

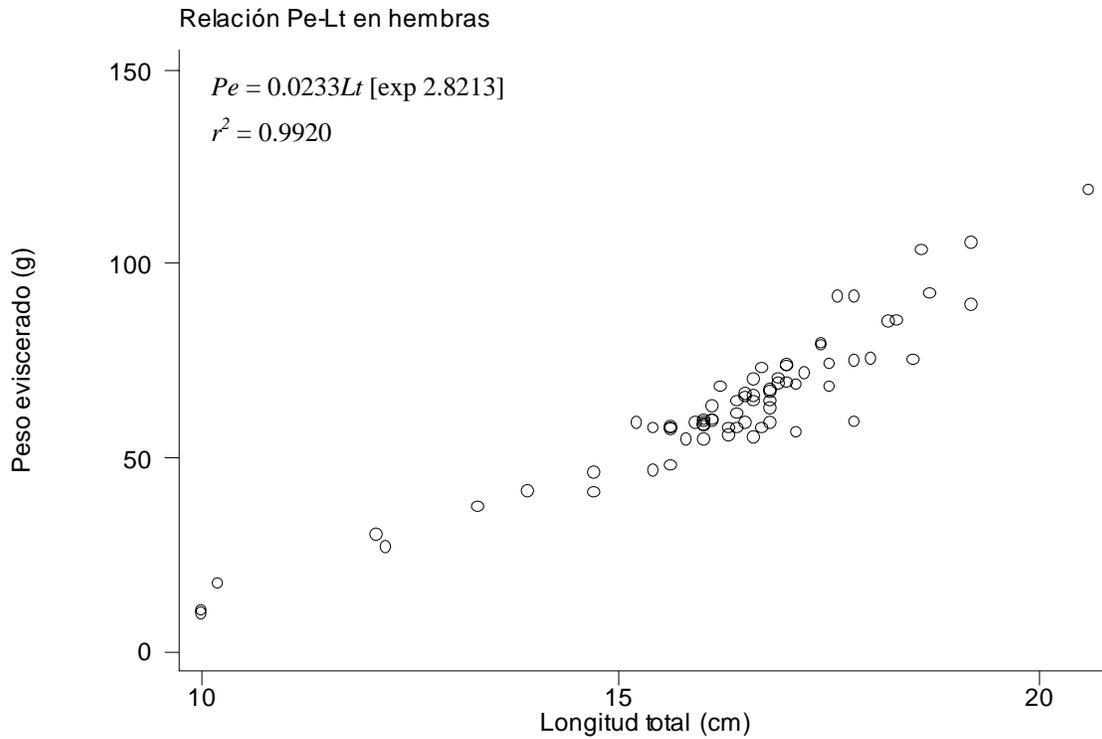


Figura 15. Relación peso eviscerado (Pe) – longitud total (Lt) y regresión potencial estimada en las hembras capturadas en los muestreos mensuales en la presa “Emiliano Zapata”.

7. RESULTADOS

7.6. Análisis de frecuencia de tallas por estimadores de densidad y estimación del crecimiento

7.6.1. Estimadores de densidad para los 13 meses de muestreo

De los datos obtenidos en cada uno de los 13 meses de muestreo para longitud total, se determinaron las amplitudes de banda, sugeridas por la prueba de multimodalidad de Silverman (Tabla 7) posteriormente se trazaron los estimadores de densidad por kernel gaussiano correspondientes; estos muestran distribuciones que van de una hasta siete modas, observada en el muestreo de diciembre; siendo tres el número de modas predominante (Figuras 16 y 17).

Mes de muestreo	Amplitud de banda sugerida	Tamaño de la muestra
Ene 2004	1.24	67
Feb	0.33	37
Mar	0.34	32
Abr	0.54	35
May	1.27	65
Jun	0.17	41
Jul	0.32	37
Ago	0.35	37
Sep	0.38	34
Oct	0.42	30
Nov	0.24	36
Dic	0.46	65
Ene 2005	2.07	44

De los estimadores de densidad por kernel gaussiano diciembre se presentó el mayor número de modas (siete), para comprender este fenómeno es necesario considerar que existen varios factores que afectan la ocurrencia de las modas en datos de longitud. MacDonald (1969) menciona que uno de los problemas más frecuentes para la visualización de las modas es saber que a menos que la diferencia entre las medias de dos distribuciones sea suficientemente grande, la distribución común no presentará modas evidentes por lo que el comportamiento de la muestra es difícil de distinguir. Además de ello, el tamaño de la muestra, la forma de la distribución y la magnitud de las varianzas correspondientes (Caddy, 1986; Erzini, 1990). Schnute y Fournier (1980) remarcan que el análisis de la frecuencia de longitud tiende a agrupar las clases finales de edad si sus medias están muy cercanas o contienen porcentajes pequeños del número de peces.

Dado que las amplitudes de banda utilizadas fueron seleccionadas en base a la prueba de multimodalidad de Silverman (bootstrap suavizado) que proporciona evidencia sólida para apoyar la distribución de los datos a analizar, pues asegura el número de modas presentes en la muestra (Salgado – Ugarte *et al.*, 1997).

Así diciembre será representativo del análisis de frecuencia de tallas, porque en éste apareció el intervalo posible de edades que componen al stock de tilapia en la presa.

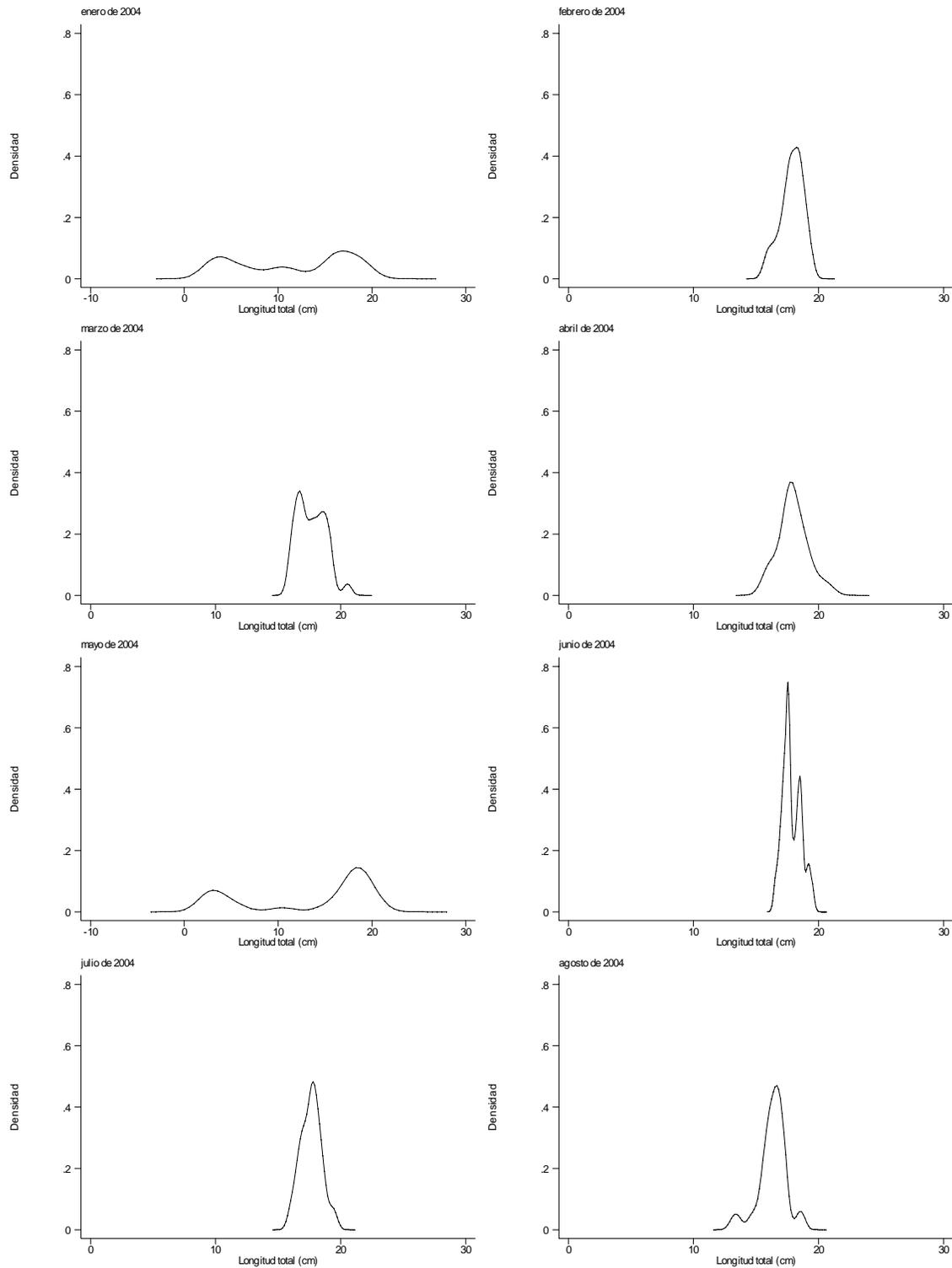


Figura 16. Estimadores de densidad por kernel gaussiano para la longitud total de los organismos de tilapia capturados en los meses de enero a agosto de 2004 en la presa “Emiliano Zapata”

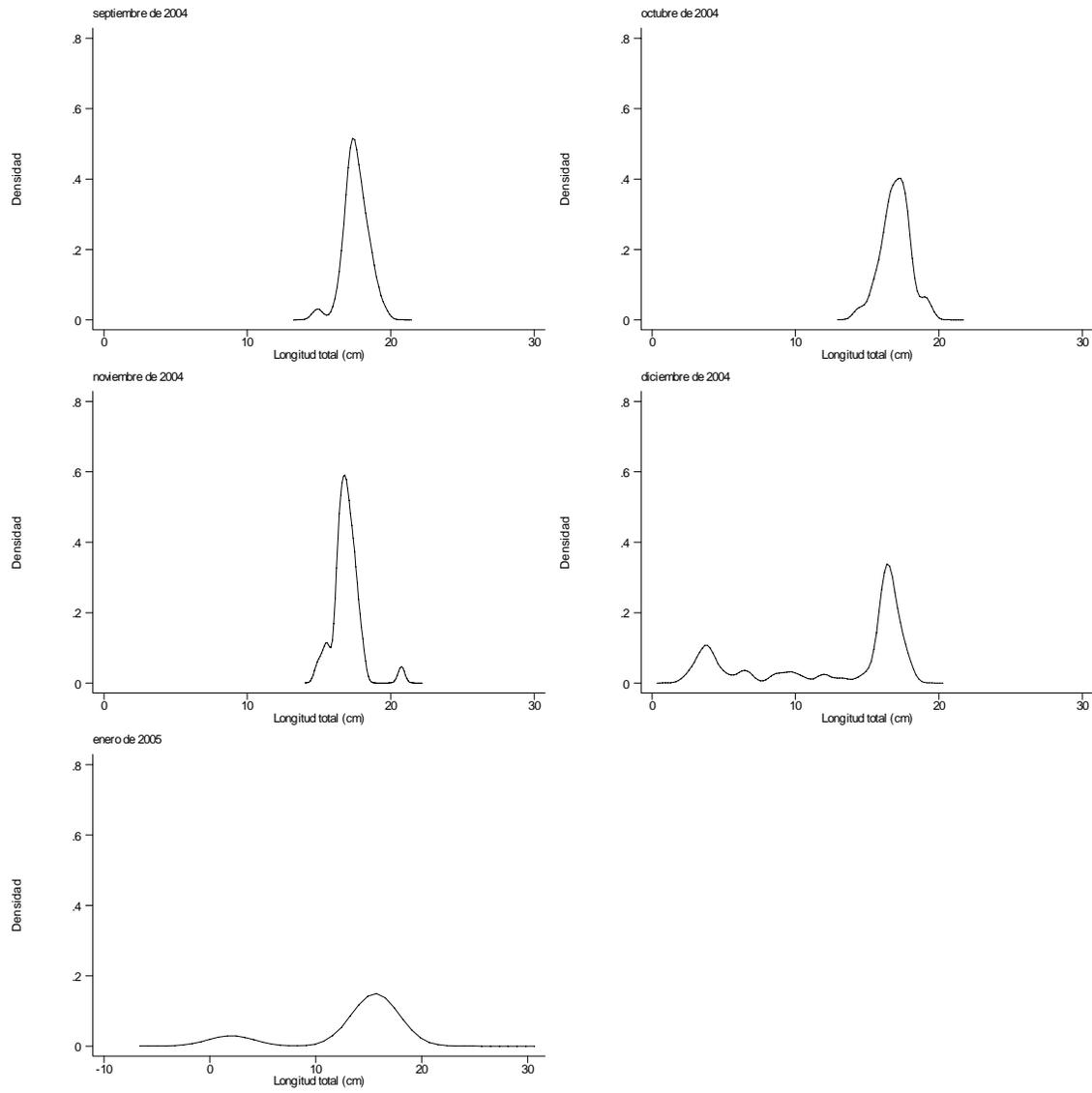


Figura 17. Estimadores de densidad por kernel gaussiano para la longitud total de los organismos de tilapia capturados en los meses de septiembre de 2004 a enero de 2005 en la presa “Emiliano Zapata”

8. RESULTADOS

7.6. Análisis de frecuencia de tallas por estimadores de densidad y estimación del crecimiento

7.6.2. Organismos capturados en diciembre

Del muestreo del mes de diciembre se obtuvieron 65 organismos con los cuales se realizaron los análisis correspondientes; para la determinación de la amplitud óptima de banda se realizó la prueba de multimodalidad de Silverman, (bootstrap suavizado) (Tabla 8).

Moda	Amplitud crítica de banda	P
1	4.03	0.0000
2	1.54	0.1100
3	0.90	0.1900
4	0.75	0.1000
5	0.52	0.2900
6	0.41	0.5000
7	0.37	0.3800
8	0.33	0.2600
Amplitud sugerida por la prueba:	$(0.51 + 0.41)/2 =$	0.46

Con una amplitud de banda de 0.46, proveniente de la prueba de Silverman, se generó el estimador de densidad por kernel gaussiano para el muestreo del mes de diciembre que se muestra en la Figura 18 y en el cual se aprecian seis modas: 3.864, 6.440, 9.568, 11.960, 13.064 y 16.376

La caracterización de los componentes sugeridos en la distribución multimodal se realizó mediante el método de Bhattacharya (Tabla 9). Los componentes caracterizados se presentan en el gráfico de diferencias logarítmicas (Figura 19) y dentro del estimador de densidad por kernel (Figura 20).

Componente	Media de longitud	Desviación estándar	Tamaño	r^2	Intervalo de observaciones
1	3.7430	0.7116	13	0.9260	3/25
2	6.3951	0.5984	4	0.9845	31/38
3	9.4895	0.9683	5	0.9187	41/57
4	11.9804	0.6473	3	0.9510	60/66
5	13.4527	0.4249	1	0.9709	70/72
6	14.5271	0.2866	1	0.9845	75/79
7	16.5153	0.7126	39	0.9287	80/103

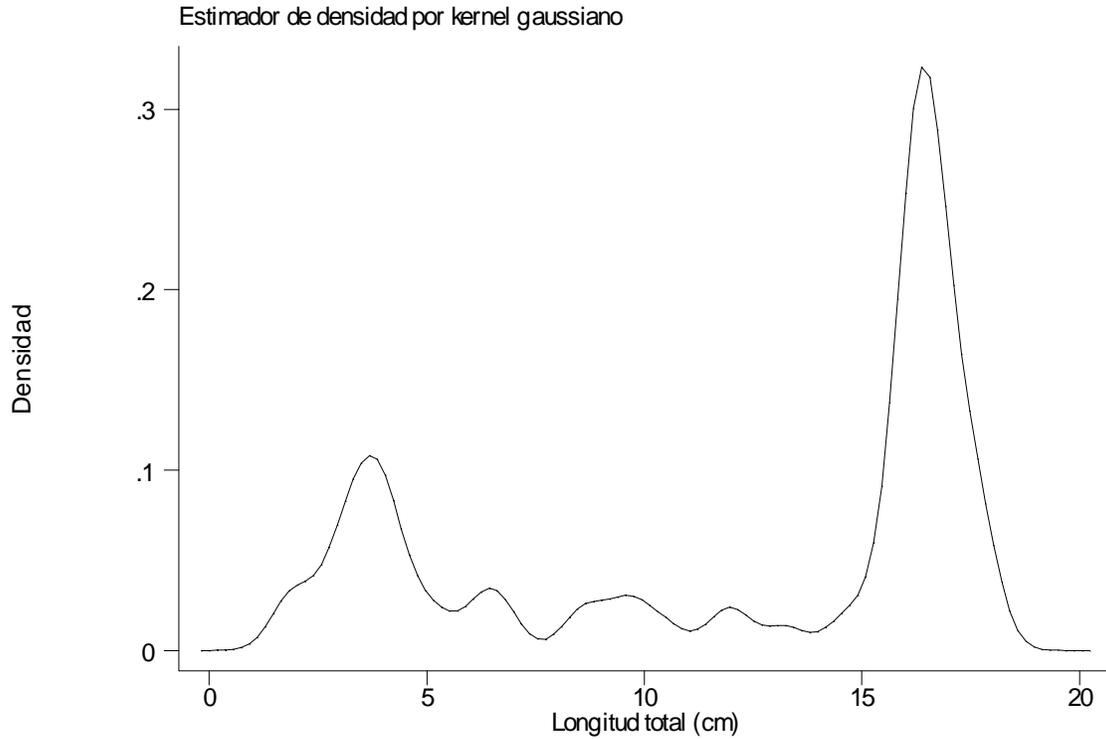


Figura 18. Estimador de densidad por kernel gaussiano con amplitud de banda de 0.46 para longitud total conforme a los organismos capturados en el muestreo de diciembre de 2004.

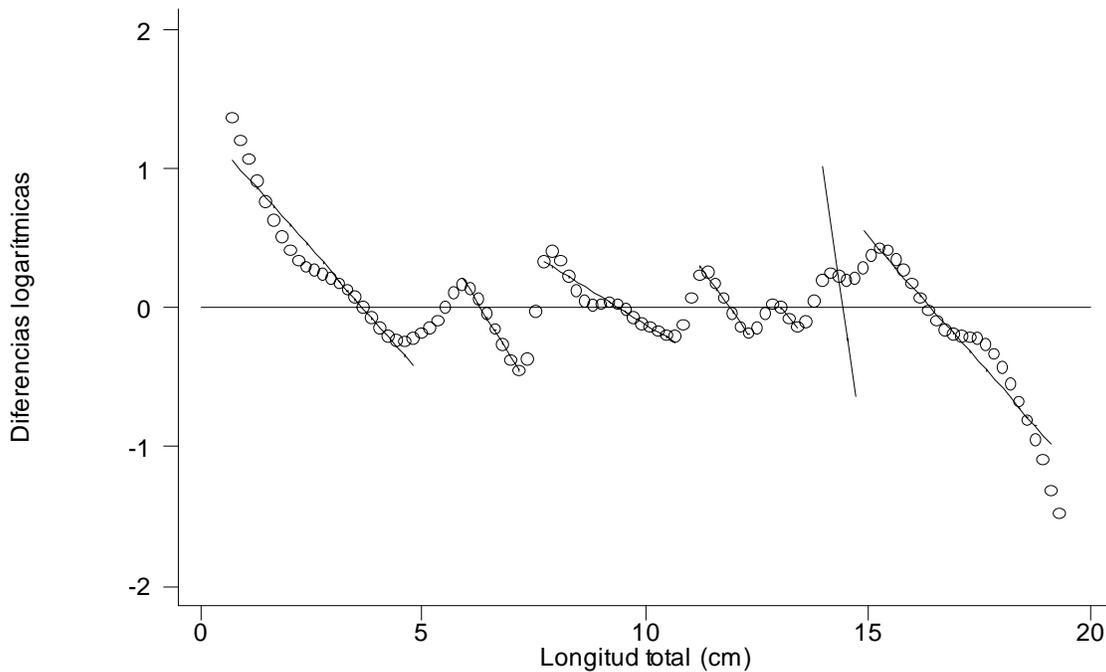


Figura 19. Componentes gaussianos delimitados en el gráfico de diferencias logarítmicas, correspondientes al muestreo de diciembre de 2004.

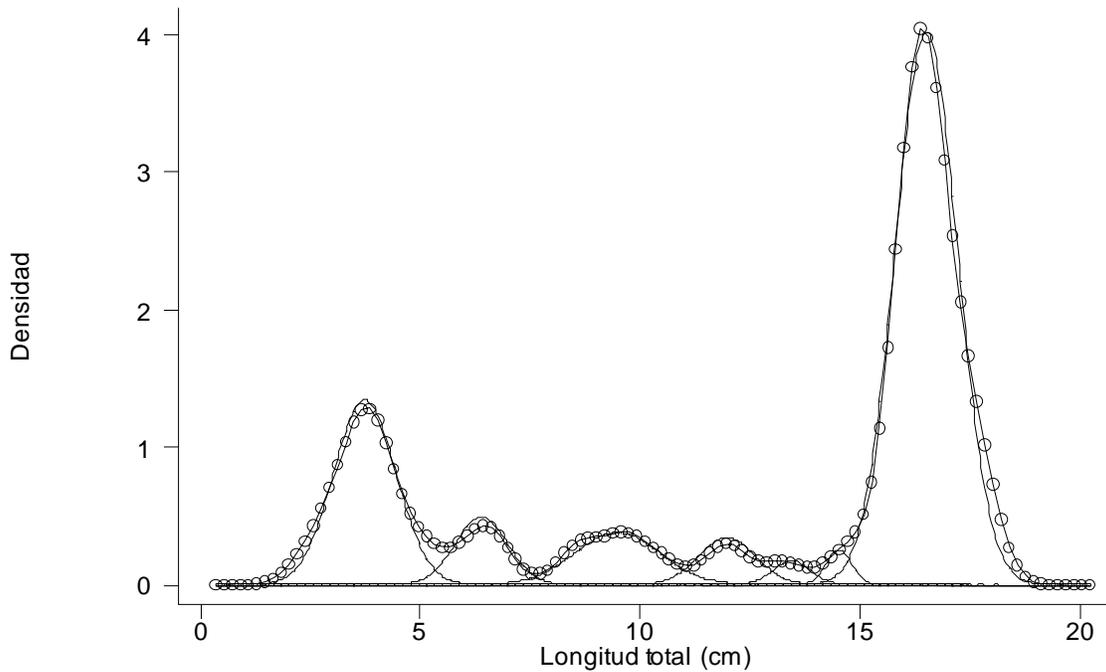


Figura 20. Componentes gaussianos delimitados dentro del estimador de densidad por kernel gaussiano correspondiente al muestreo mensual de diciembre de 2004.

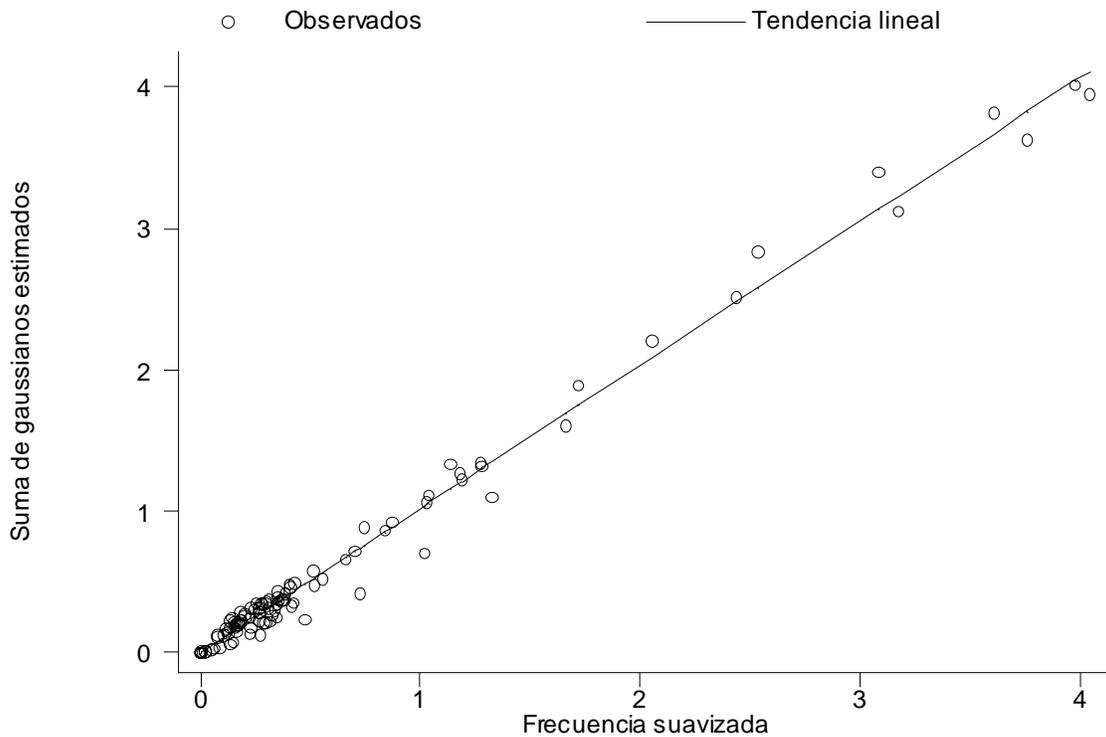


Figura 21. Relación entre suma de gaussianos y frecuencia observada, incluida la recta de regresión; el valor del índice de correlación es de 0.9948 y $P = 0.0000$

Se hizo la comparación entre la suma de los componentes gaussianos postulados y la frecuencia observada mediante un análisis de correlación. En la Figura 21 puede apreciarse que los valores describen de manera cercana una tendencia lineal, con un valor del índice de correlación de 0.9948 altamente significativo ($P = 0.0000$) por lo que no puede rechazarse la hipótesis de que ambas distribuciones sean iguales.

Caracterizados los componentes gaussianos, debe estimarse la edad; considerando, dos períodos de actividad reproductiva (Ramos – Cruz, 1995; Garduño – Paredes y Avelar – Esquivel, 1996; Beltrán – Alvarez *et al.*, 1998; Gómez – Márquez, 2000, Pérez – Ortiz y Patlani – Santiago, 2002) las edades asignadas a cada grupo son: 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 y 3.0 años respectivamente.

Modelo de crecimiento	L_{∞} *	K ó g *	t_0 *	r^2
von Bertalanffy	22.8640	0.3579	- 0.4796	0.9994
Gompertz	18.1830	0.8490	0.5300	0.9993
Logístico	16.8371	1.3361	0.8677	0.9989

* Los parámetros de las funciones de crecimiento no son exactamente equivalentes entre sí, por lo cual, no representan lo mismo (Moreau, 1987; Salgado–Ugarte *et al.*, 2005); los parámetros de von Bertalanffy son conocidos, por tanto son utilizados como referencia.

Con estos datos se estimaron mediante regresión no lineal los parámetros correspondientes a los modelos de crecimiento de von Bertalanffy, Gompertz y Logístico (Tabla 10). Además se trazaron las curvas estimadas por los modelos y los valores determinados por grupo de edad (Figura 22); conforme a estas curvas, el ajuste es adecuado ($r^2 = 0.99$)

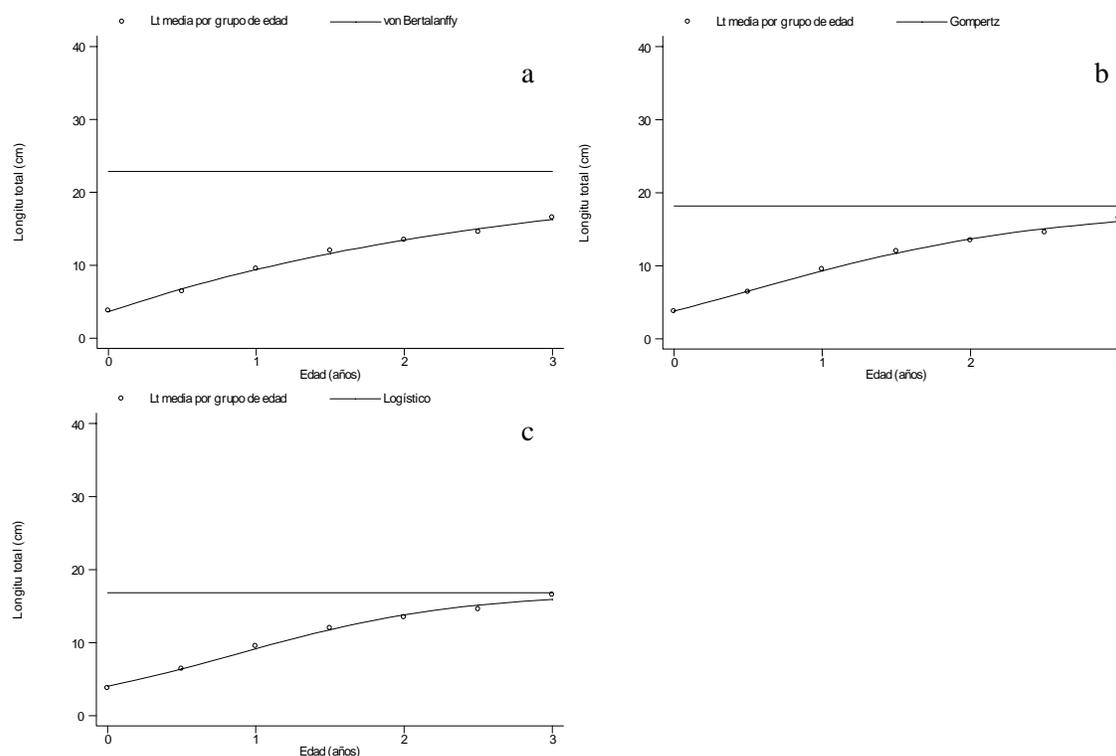


Figura 22. Valores de longitud total medios por grupo de edad y estimados conforme a los modelos de crecimiento de a) von Bertalanffy, b) Gompertz y c) Logístico.

7.6.3. Estimación del crecimiento en peso (diciembre 2004)

Dadas las relaciones entre peso total – longitud total y peso eviscerado – longitud total, además del valor de la longitud asintótica o infinita, se determinó el peso asintótico tanto para el peso total (P_t) como para el peso eviscerado (P_e). Así los modelos de crecimiento de von Bertalanffy en longitud total (L_t) y peso, conforme al análisis de frecuencias de tallas para diciembre son:

$$L_t = 22.2965[1 - (\exp\{-0.3579(t + 0.4796)\})]$$

$$P_t = 169.9882[1 - (\exp\{-0.3579(t + 0.4796)\})]^{2.7137}$$

$$P_e = 155.5449[1 - (\exp\{-0.3579(t + 0.4796)\})]^{2.8891}$$

En la tabla 11 se muestran los valores correspondientes a las tallas en longitud, peso total y eviscerado por grupo de edad, conforme al análisis de frecuencias de tallas por estimadores de densidad por kernel gaussiano para diciembre de 2004.

Edad (años)	Longitud total (cm)	Peso total (g)	Peso eviscerado (g)
0.0	3.7430	1.3405	0.8969
0.5	6.3951	5.7350	4.2154
1.0	9.4895	16.7361	13.1831
1.5	11.9804	31.5033	25.8510
2.0	13.4527	43.1478	36.1334
2.5	14.5271	53.1513	45.1145
3.0	16.5153	75.2813	65.3523

7.6.4. Machos e indeterminados

Por otra parte, los valores de los parámetros que caracterizan a los tres componentes encontrados para machos e indeterminados capturados en el muestreo de diciembre se muestran en la tabla 28 y los componentes delimitados se presentan en el gráfico de diferencias logarítmicas (Figura 23), dentro del estimador de densidad correspondiente (Figura 24) y la relación entre suma de gaussianos y frecuencia observada tiene un índice de correlación es 0.9961 y $P = 0.0000$ (Figura 25), por lo tanto no puede rechazarse la hipótesis de que ambas distribuciones sean iguales.

Componente	Media	Desviación estándar	Tamaño	r^2	Intervalo
1	3.7901	1.2601	14	0.9968	8/16
2	9.2258	1.8306	8	0.9750	25/32
3	16.3849	1.2644	33	0.9922	37/55

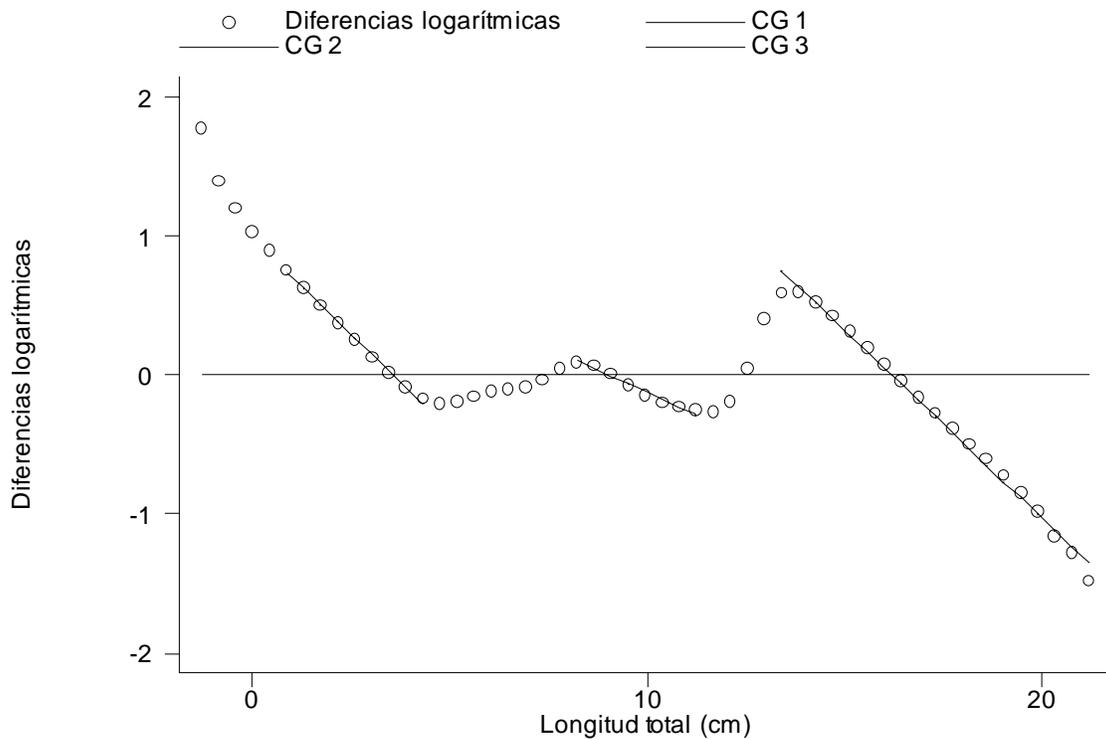


Figura 23. Componentes gaussianos delimitados en el gráfico de diferencias logarítmicas, correspondiente a machos e indeterminados capturados en el muestreo de diciembre de 2004.

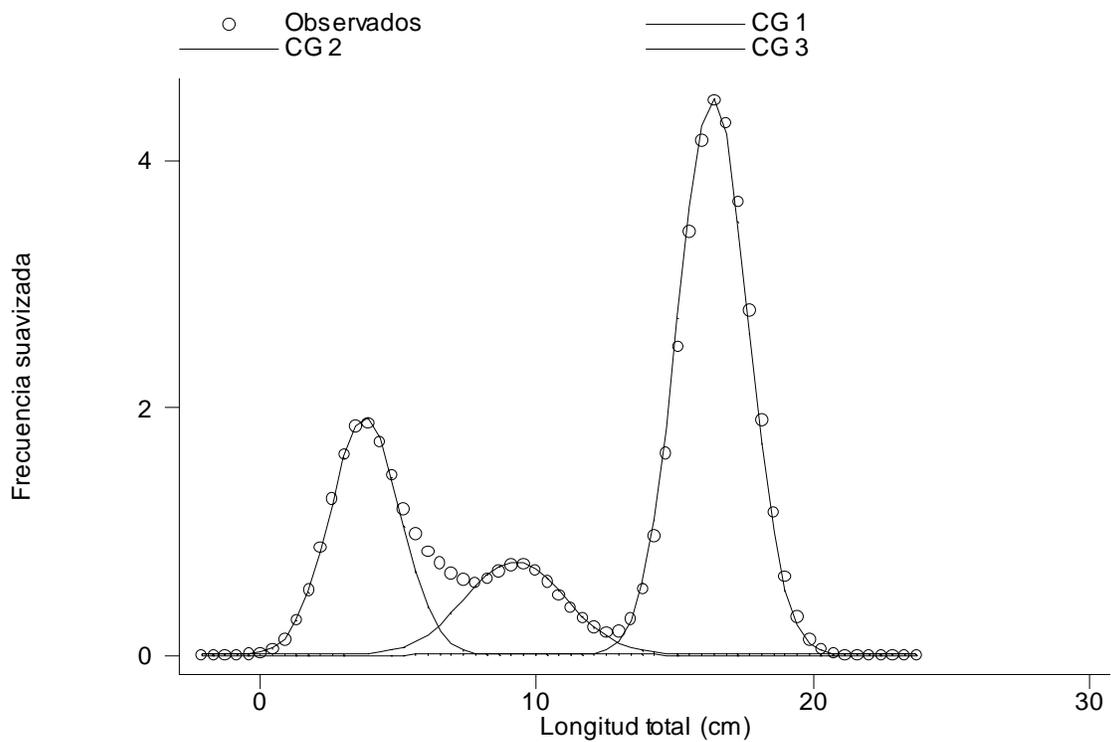


Figura 24. Componentes gaussianos delimitados dentro del estimador de densidad por kernel gaussiano correspondiente al muestreo de diciembre para machos e indeterminados.

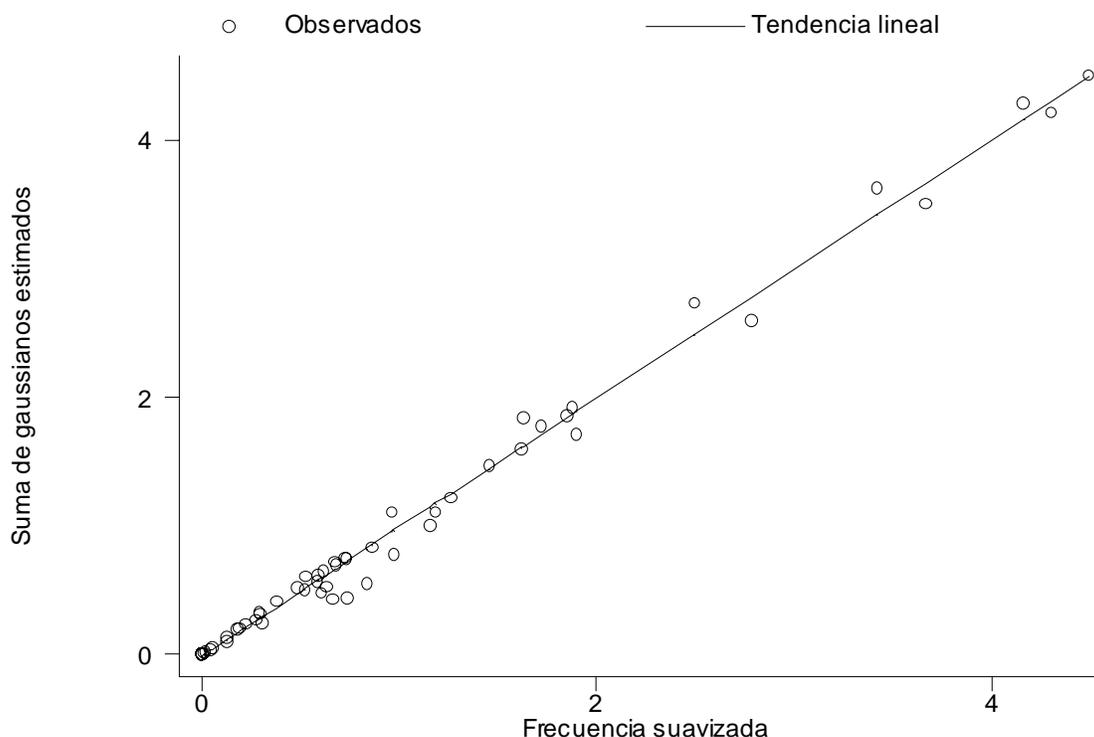


Figura 25. Relación entre suma de gaussianos y frecuencia observada; el valor del índice de correlación es 0.9961 y $P < 0.0000$ correspondiente al muestreo de diciembre de 2004 para machos e indeterminados.

Con los valores que caracterizan a los componentes gaussianos y la edad asignada de 0, 1 y 3 años, en base a la distribución de frecuencias de diciembre, pudieron estimarse los parámetros de los modelos de crecimiento de von Bertalanffy, Gompertz y Logístico (Tabla 13) y posteriormente trazar las curvas estimadas por los modelos y compararlas con los valores medios de longitud total por grupo de edad (Figura 26).

Tabla 13. Valores correspondientes a los parámetros de los modelos de crecimiento de von Bertalanffy, Gompertz y Logístico estimados mediante regresión no lineal para machos e indeterminados capturados en el muestreo de diciembre de 2004.

Modelo de crecimiento	L_{∞}	K ó g	t_0	r^2
von Bertalanffy	25.6923	0.2852	- 0.5595	1.0000
Gompertz	18.9022	0.8066	0.5880	1.0000
Logístico	17.2372	1.4075	0.8997	1.0000

* Los parámetros de los modelos de crecimiento no son exactamente equivalentes entre sí, por lo cual, no representan lo mismo (Moreau, 1987; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005); los parámetros de von Bertalanffy son conocidos, por tanto son utilizados como referencia.

Los resultados muestran que el ajuste entre los valores determinados para la longitud total por grupos de edad y los estimados por los tres modelos de crecimiento es bueno ($r^2 = 1.00$), por consiguiente los tres son adecuados para describirlo en las tilapias machos e indeterminados presentes en la presa “Emiliano Zapata”.

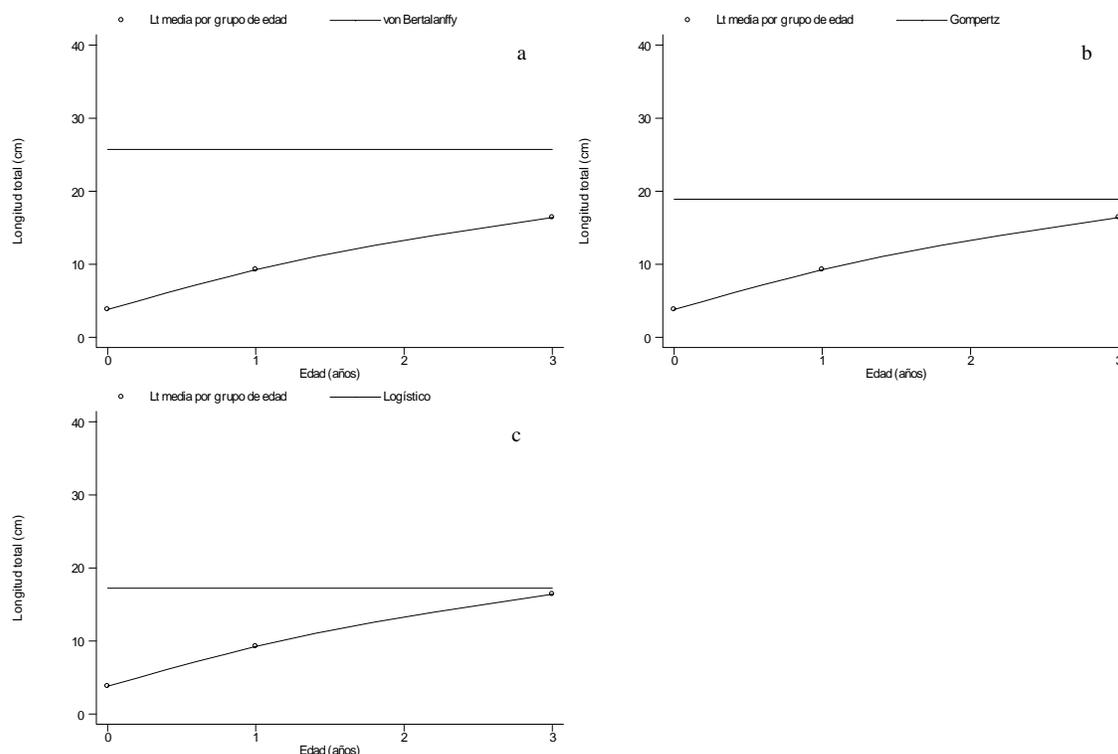


Figura 26. Valores medios de longitud total por grupo de edad y estimados conforme a los modelos de crecimiento de a) von Bertalanffy, b) Gompertz y c) Logístico correspondientes a machos e indeterminados capturados en el muestreo de diciembre de 2004.

En general, dada la falta de un mayor número de modas, no es posible detectar las cohortes que pudieran estar presentes en el sistema; ello se aprecia en el muestreo de enero ya que el estimador de densidad sólo puede reconocer dos modas, por lo cual no pudo estimarse el crecimiento en ese mes, pero en mayo y diciembre con tres modas se estimó este con cierta precisión ya que la longitud asintótica es de 23 y 25 cm respectivamente y el índice catabólico de 0.45 y 0.28, por lo cual podemos hablar de una estimación de los parámetros para los modelos de crecimiento precisa.

7.6.5. Estimación del crecimiento en peso (machos e indeterminados)

Dadas las relaciones entre peso total – longitud total y peso eviscerado – longitud total, así como el valor de la longitud asintótica o infinita, se procedió al cálculo de los valores correspondientes al peso asintótico. Los modelos de von Bertalanffy resultantes en longitud (L_t), peso total (P_t) y peso eviscerado (P_e) se transcriben a continuación:

$$\begin{aligned} L_t &= 25.6923[1 - (\exp\{-0.2852(t + 0.5595)\})] \\ P_t &= 248.9104[1 - (\exp\{-0.2852(t + 0.5595)\})]^{2.6958} \\ P_e &= 233.1573[1 - (\exp\{-0.2852(t + 0.5595)\})]^{2.8695} \end{aligned}$$

En base a los modelos de crecimiento en peso de von Bertalanffy se determinaron los valores correspondientes a cada grupo de edad, determinados por el análisis de frecuencia de tallas del mes de diciembre para machos e indeterminados (Tabla 14).

Tabla 14. Valores estimados para longitud total, peso total y eviscerado por edad, determinados por el análisis de frecuencia de tallas de diciembre de 2004 en machos e indeterminados.

Edad (años)	Longitud total (cm)	Peso total (g)	Peso eviscerado (g)
0	3.7901	1.4303	0.9609
1	9.2258	15.7382	12.3395
3	16.3849	74.0276	64.1307

7.6.6. Hembras e indeterminados (diciembre de 2004)

Los valores de los parámetros que caracterizan a los cuatro componentes gaussianos encontrados para hembras e indeterminados capturados en el muestreo de diciembre de 2004 (Tabla 15) fueron separados en el gráfico de diferencias logarítmicas (Figura 27) y en el estimador de densidad correspondiente (Figura 28). Además la relación entre suma de gaussianos y frecuencia observada (Figura 29) se encuentran distribuidos a lo largo de una tendencia lineal, con un valor del índice de correlación de 0.9969 y $P < 0.0000$; por tanto las distribuciones pueden ser iguales.

Tabla 15. Componentes gaussianos estimados para longitud total de hembras e indeterminados capturados en el muestreo de diciembre de 2004.

Componente	Media	Desviación estándar	Tamaño	r^2	Intervalo
1	3.0862	1.4472	18	0.9968	9/17
2	7.2441	1.1220	2	0.8120	18/30
3	12.4950	1.6131	3	0.8345	31/38
4	16.2677	1.1432	7	0.9860	41/55

Con los valores que caracterizan a los componentes gaussianos y las edades 0.0, 0.5, 1.5 y 3.0 años; se estimaron mediante regresión no lineal los parámetros correspondientes a los modelos de crecimiento de von Bertalanffy, Gompertz y Logístico (Tabla 16) y se trazaron los valores de longitud total media por grupo de edad y los determinados por los modelos, para observar el comportamiento entre ambos conjuntos de valores (Figura 30).

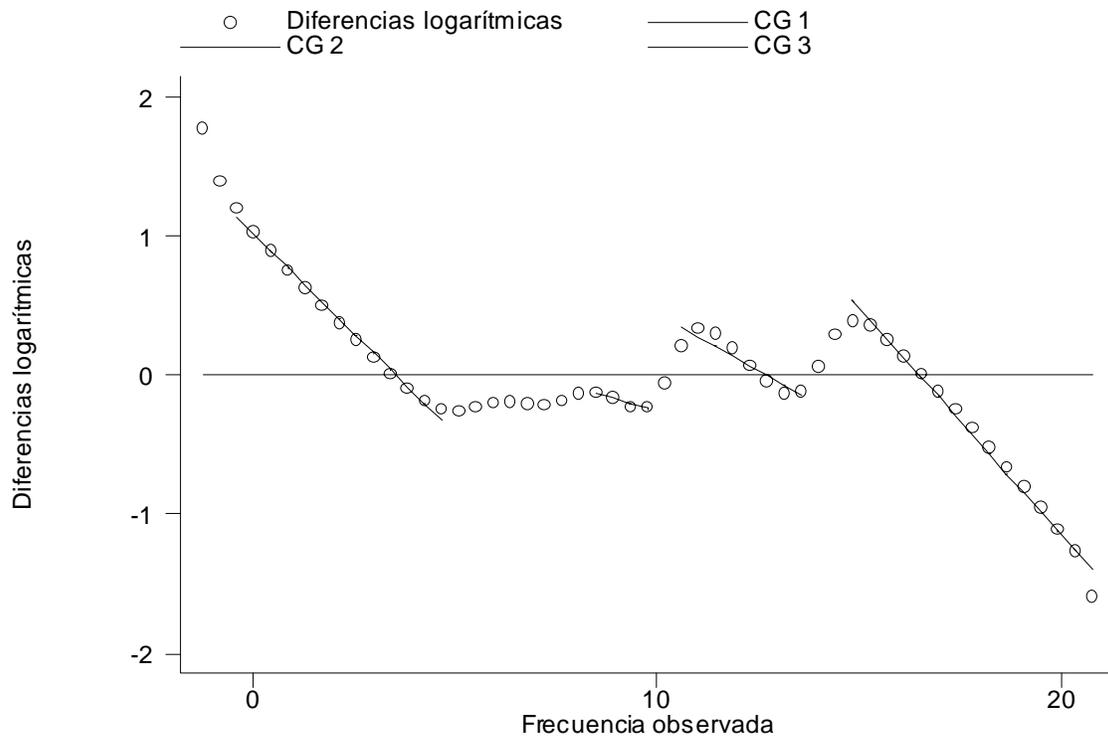


Figura 27. Componentes gaussianos delimitados en el gráfico de diferencias logarítmicas, correspondiente a hembras e indeterminados capturados en el muestreo de diciembre de 2004.

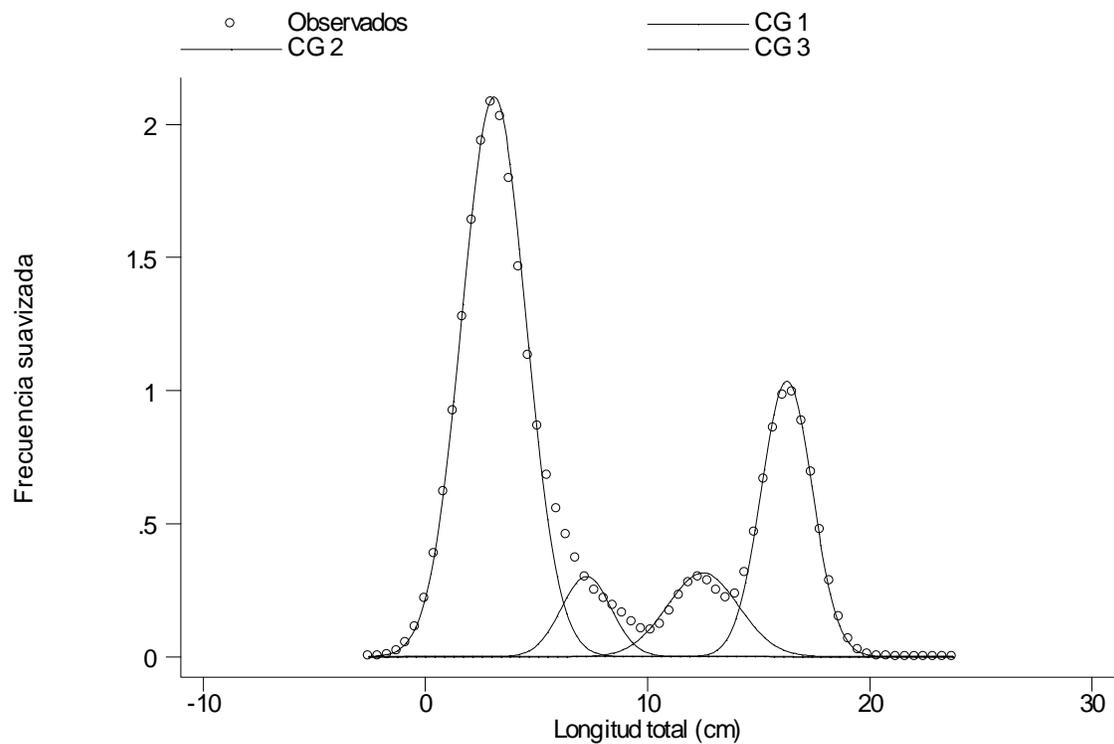


Figura 28. Componentes gaussianos delimitados dentro del estimador de densidad correspondiente a hembras e indeterminados capturados en diciembre de 2004.

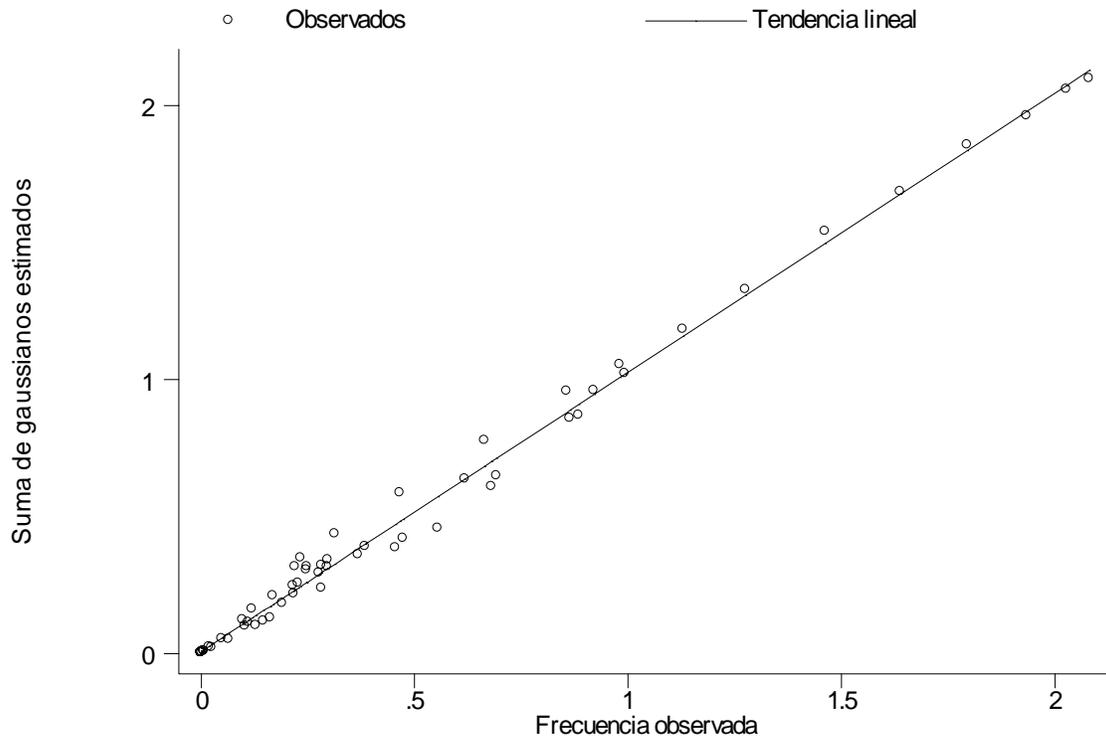


Figura 29. Relación entre suma de gaussianos y frecuencia observada; el valor del índice de correlación es de 0.9969 y $P < 0.0000$, correspondiente a hembras e indeterminados capturados en diciembre de 2004.

Tabla 16. Valores correspondientes a los parámetros de los modelos de crecimiento de von Bertalanffy, Gompertz y Logístico, estimados mediante regresión no lineal para hembras e indeterminados capturados en el muestreo de diciembre de 2004.

Modelo de crecimiento	L_{∞}^*	K ó g^*	t_0^*	r^2
von Bertalanffy (rnl)	26.8987	0.2799	- 0.3957	0.9912
von Bertalanffy (rnlp*)	24.1490	0.3319	- 0.4070	0.9960
Gompertz	18.7367	0.9098	0.7416	0.9935
Logística	17.0337	1.7007	1.0407	0.9958

* Los parámetros de los modelos de crecimiento no son exactamente equivalentes entre sí, por lo cual, no representan lo mismo (Moreau, 1987; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005); los parámetros de von Bertalanffy son conocidos, por tanto son utilizados como referencia.

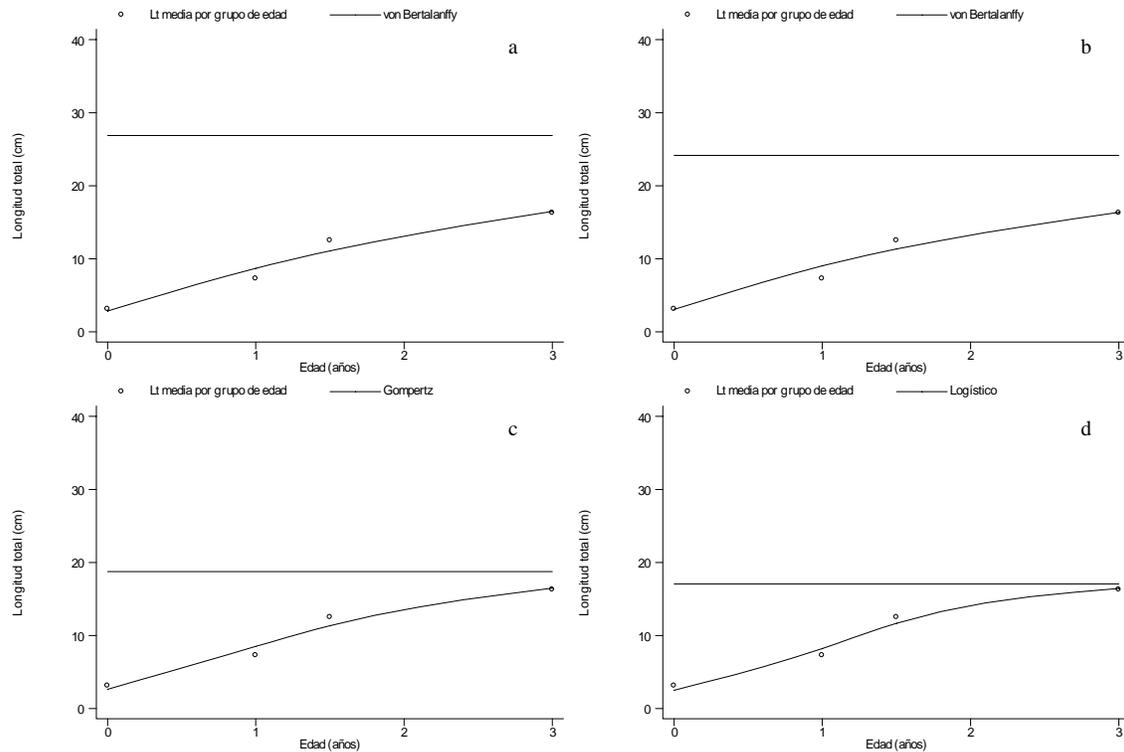


Figura 30. Valores medios de longitud total por grupo de edad y estimados conforme a los modelos de crecimiento de a). von Bertalanffy, b). von Bertalanffy (rnlp), c). Gompertz y d). Logístico correspondientes a hembras e indeterminados capturados en el muestreo de diciembre de 2004.

7.6.7. Estimación del crecimiento en peso (hembras e indeterminados)

Considerando las relaciones peso total – longitud total y peso eviscerado – longitud total, además del valor de la longitud asintótica, se estimaron los valores de los pesos asintóticos, con los cuales pudieron transcribirse los modelos de crecimiento en peso total (P_t) y eviscerado (P_e), resultantes del análisis de hembras e indeterminados de diciembre.

Los modelos de crecimiento de von Bertalanffy en longitud (L_t) y peso (P_t y P_e) generados por el análisis de frecuencia de tallas son los siguientes:

$$\begin{aligned} L_t &= 26.8987[1 - (\exp\{-0.2799(t + 0.3957)\})] \\ P_t &= 278.3899[1 - (\exp\{-0.2799(t + 0.3957)\})]^{2.7370} \\ P_e &= 254.9956(1 - (\exp\{-0.2799(t + 0.3957)\}))^{2.8567} \end{aligned}$$

Empleando los modelos en peso se calcularon los valores en los grupos de edad identificados por el análisis de frecuencia de tallas (Tabla 17)

Tabla 17. Valores estimados para longitud total, peso total y eviscerado por edad, determinados por el análisis de frecuencia de tallas de enero de 2004 en hembras e indeterminados.

Edad (años)	Longitud total (cm)	Peso total (g)	Peso eviscerado (g)
0.0	3.0862	0.7431	0.5252
0.5	7.2441	7.6781	6.0109
1.5	12.4950	34.1386	28.5276
3.0	16.2677	70.2876	60.6198

Ante la falta de mayor número de modas en los estimadores densidad no es posible contar con todos los posibles grupos de edad en el sistema, ante ello, la estimación del crecimiento en hembras e indeterminados por medio del análisis de frecuencia de tallas es aceptable. De tal forma, los valores para la longitud asintótica se ubican dentro de los 21 y 38 cm de longitud total y el índice catabólico entre 0.14 y 0.44, al considerar el análisis de enero y diciembre estos intervalos se estrechan y por lo tanto se vuelven más precisos. Lo anterior, pone de manifiesto que el método de análisis de tallas es poco preciso en peces u organismos que presentan diversos períodos de reproducción y consecuentemente existe un reclutamiento constante con tasas de crecimiento y/o mortalidad particulares (King, 1995, Guerra y Sánchez, 1998). Como es el caso de la tilapia en valoración. Por tanto, es necesario complementar un estudio de frecuencia de tallas con lectura de anillos de crecimiento en estructuras duras, que soporten fehacientemente los resultados.

En el anexo 1, se incluyen los análisis para la frecuencia de tallas por sexos correspondientes a los meses de enero y mayo de 2004, cuando se capturaron organismos con tallas entre 2 y 21 cm de longitud total.

7. RESULTADOS

7.7. Estimación de la edad y el crecimiento mediante la lectura de anillos de crecimiento en escamas

7.7.1. Periodicidad de los anillos de crecimiento en escamas

El análisis del índice de incremento marginal (medias) por mes para todos los 530 organismos capturados (Figura 31) sugiere dos periodos de formación de anillos: uno durante la época de lluvias (junio) y otro en la temporada de secas (diciembre a enero). Con un intervalo de 0.5 años entre periodo de depositación.

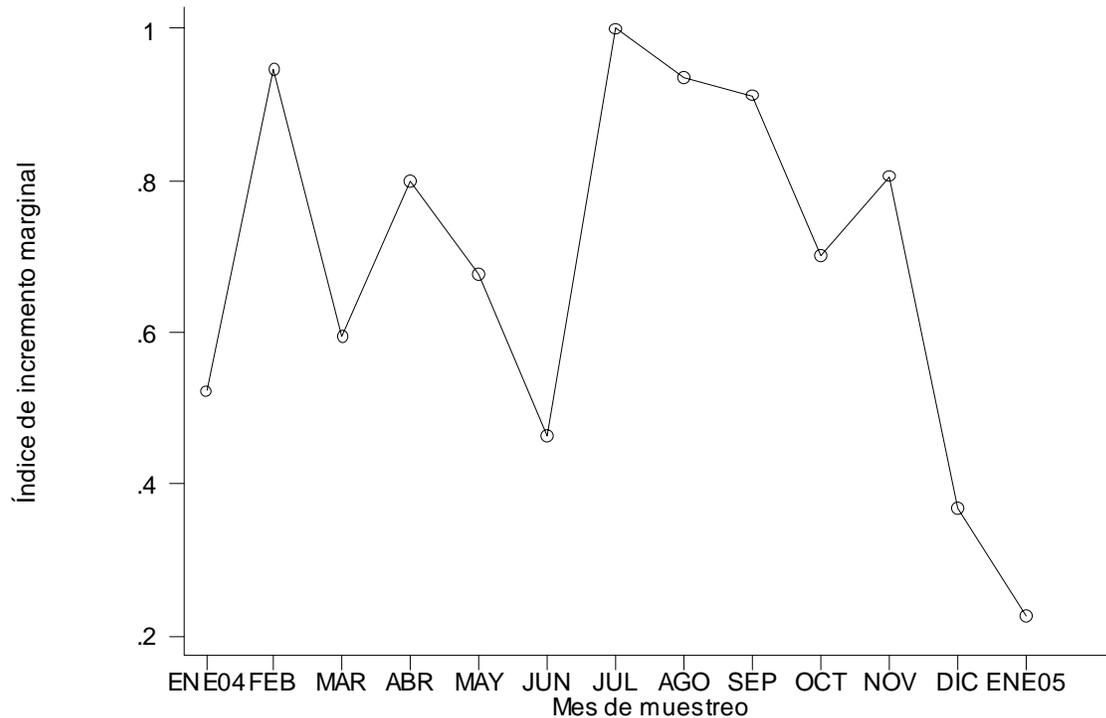


Figura 31. Índice de incremento marginal promedio por mes de muestreo conforme a la lectura de escamas para todos los 555 organismos capturados en la presa “Emiliano Zapata”.

7. RESULTADOS

7.7. Estimación de la edad y el crecimiento mediante la lectura de anillos de crecimiento en escamas

7.7.2. Todos los organismos

Por la lectura en escamas se obtuvieron siete grupos de edad; para cada uno de ellos se obtuvo su respectivo estimador de densidad por kernel (gaussiano) los cuales se representan en la Figura 32. En ésta se observa la moda de cada grupo de edad. La separación de las modas va disminuyendo paulatinamente para edades mayores.

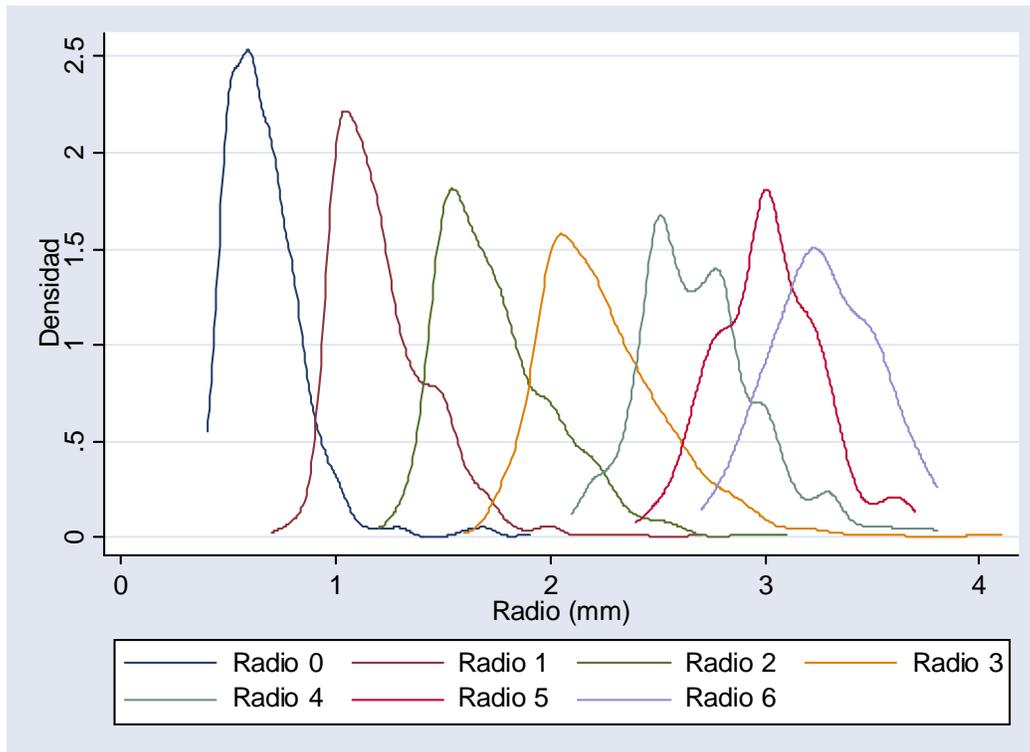


Figura 32. Estimadores de densidad por kernel gaussiano para el radio de cada uno de los anillos de crecimiento mostrados en escamas de *Oreochromis niloticus* de la presa “Emiliano Zapata”, Morelos.

De los estimadores de densidad y mediante el método de Bhattacharya (1967) se determinaron los componentes gaussianos (media, desviación estándar y tamaño) para cada uno de los anillos de crecimiento determinados por la lectura en escamas (Tabla 18).

En la Figura 33 se muestra la función lineal y potencial estimada entre la distancia del foco de la escama al margen posterior (radio total, R) y los valores correspondientes a longitud total de los peces mediante un análisis de regresión lineal ($r^2 = 0.9075$) y potencial ($r^2 = 0.9648$).

Conforme a la relación potencial y los valores promedio determinados por el método de Bhattacharya, para cada uno de los anillos de crecimiento observados en escamas, se calculó la talla promedio estimada para cada grupo de edad (Tabla 19).

Tabla 18. Componentes gaussianos para cada uno de los anillos de crecimiento determinados por la lectura en escamas de *Oreochromis niloticus* provenientes de la presa “Emiliano Zapata”, Morelos

Componente	Media	D. E.	Tamaño	r^2	Intervalo
1	0.3958	0.0307	9	1.0000	27/29
2	1.0160	0.0613	170	0.9961	23/26
3	1.5453	0.0923	215	0.9999	23/27
4	1.9815	0.1018	181	0.9987	21/23
5	2.5059	0.0726	141	0.9995	21/24
6	2.9980	0.1077	142	0.9943	30/32
7	3.2609	0.2085	60	0.9997	31/34

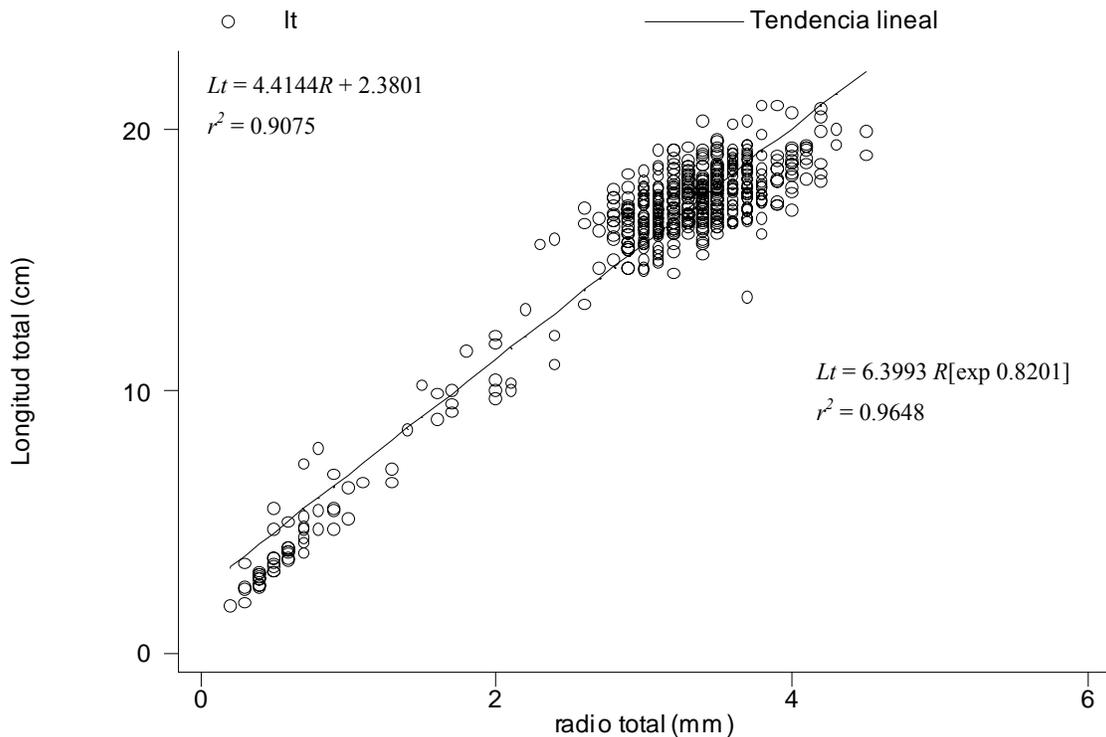


Figura 33. Relación lineal y potencial mostrada entre la distancia del foco al margen posterior (R) observada en escamas y longitud total en peces, determinada por análisis de regresión.

La tabla 20 muestra valores muy semejantes para la longitud asintótica estimados por los métodos linealizados; los determinados por regresión no lineal muestran valores mayores.

Tabla 19. Valores estimados para longitud total por grupo de edad (Ltge) conforme a la relación potencial mostrada entre radio total y talla de los peces

Edad (años)	Valor promedio r_n	Ltge	Tasa de crecimiento
0.0	0.3958	3.0	3.5
0.5	1.0160	6.5	2.6
1.0	1.5453	9.1	2.1
1.5	1.9815	11.2	2.4
2.0	2.5059	13.6	2.1
2.5	2.9980	15.7	1.2
3.0	3.2609	16.9	

Con los valores de la Tabla 20 se calcularon los parámetros correspondientes al modelo de crecimiento de von Bertalanffy, mediante métodos tradicionales linearizados (Figuras 34, 35, 36 y 37) y por regresión no lineal (Tabla 21).

Tabla 20. Valores estimados mediante métodos linearizados y regresión no lineales para los parámetros de los modelos de crecimiento de von Bertalanffy.

Análisis de regresión	Método	L_∞	K	t_0	r^2
L i n e a l	Ford – Walford	25.4834	0.1604		0.9945
	Gulland	25.4834	0.1604		0.8449
	Gulland – Holt	25.7165	0.3150		0.8192
	Beverton – Holt	*25.5611	0.3221	- 0.3756	0.9977
No lineal	Simple	27.6751	0.2788	- 0.4249	0.9998
	ponderada	33.1072	0.2068	- 0.5444	0.9998

* Valor promedio entre Ford – Walford, Gulland y Gulland – Holt.

La diferencia entre regresión no lineal y regresión no lineal ponderada estriba básicamente en el número de datos, para este caso, los valores correspondientes en cada uno de los siete grupos de edad fueron estimados por 918 valores, esto es, cada grupo esta soportado por un número determinado de datos (Tabla 18, tamaño), por tanto, los valores correspondientes a los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy pueden variar ligera o drásticamente. Esto se puede apreciar de mejor forma al determinar los intervalos en el cual se encuentran los valores correspondientes a los parámetros (Tabla 21).

Conforme a los valores presentados en la tabla 21 puede observarse que el intervalo en el que se ubican los valores correspondientes a los parámetros del modelo de crecimiento en la regresión no lineal ponderada se estrechan y en cuanto a desviación estándar disminuyen, así como la significancia, incluso el valor de t_0 no es significativo en la regresión no lineal simple.

Gráfico de Ford-Walford $L_{\infty} = 25.4834$, $K = 0.1604$

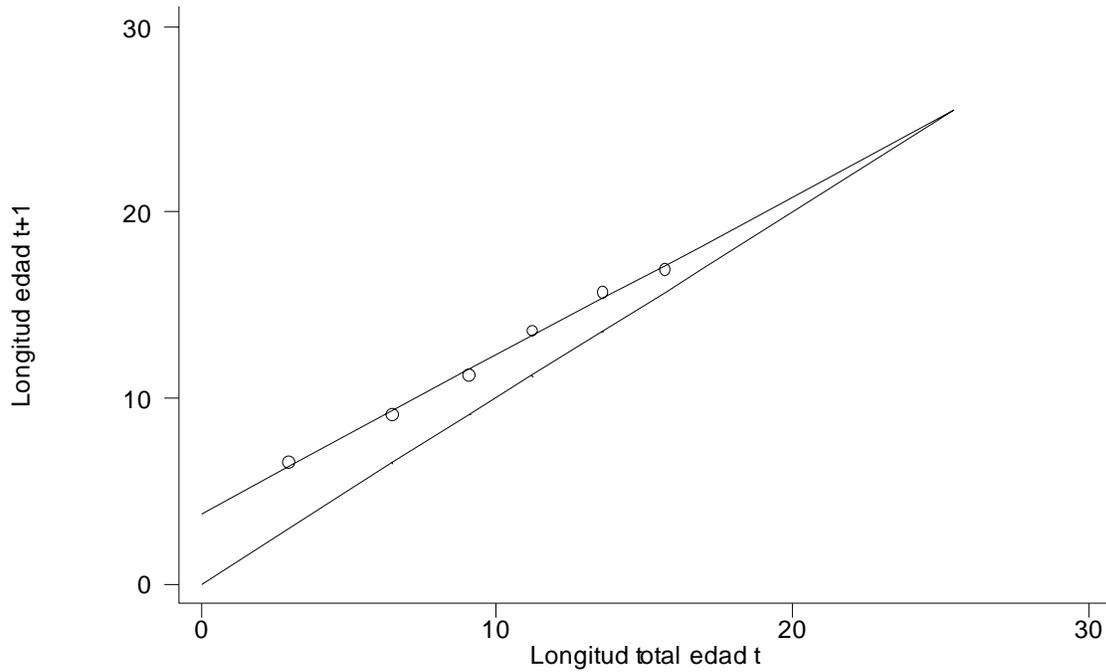


Figura 34. Gráfico de Ford – Walford, para determinar los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy, conforme a la lectura de anillos de crecimiento en escamas.

Gráfico de Gulland, $L_{\infty} = 25.4834$, $K = 0.1604$

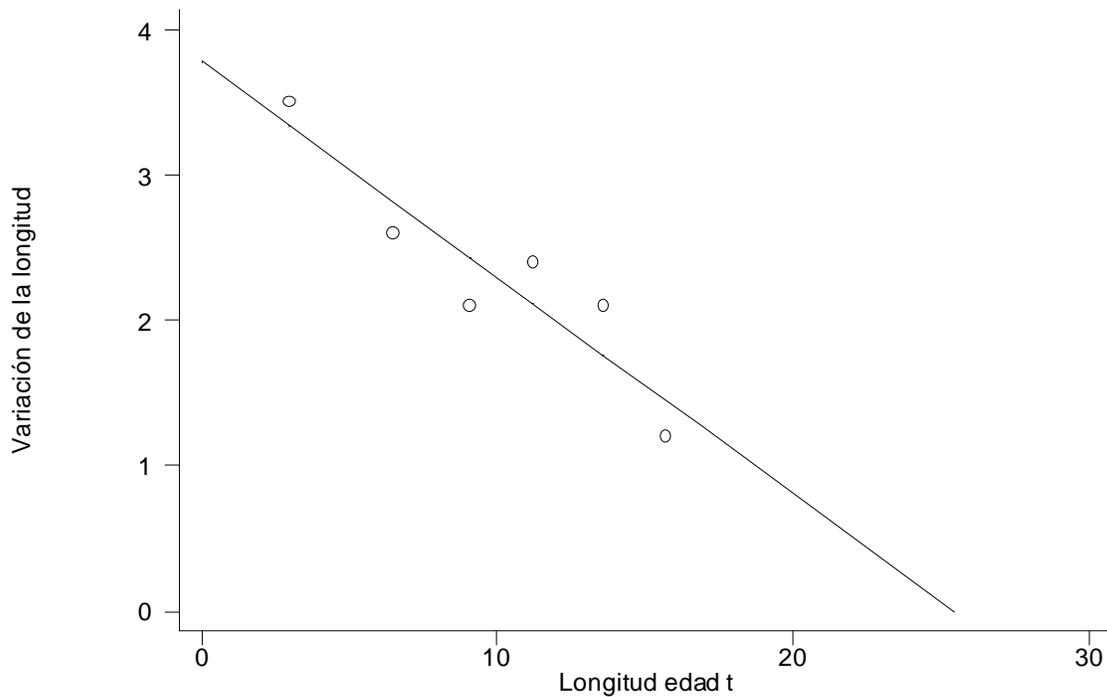


Figura 35. Gráfico de Gulland para determinar los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy, conforme a la lectura de anillos de crecimiento en escamas.

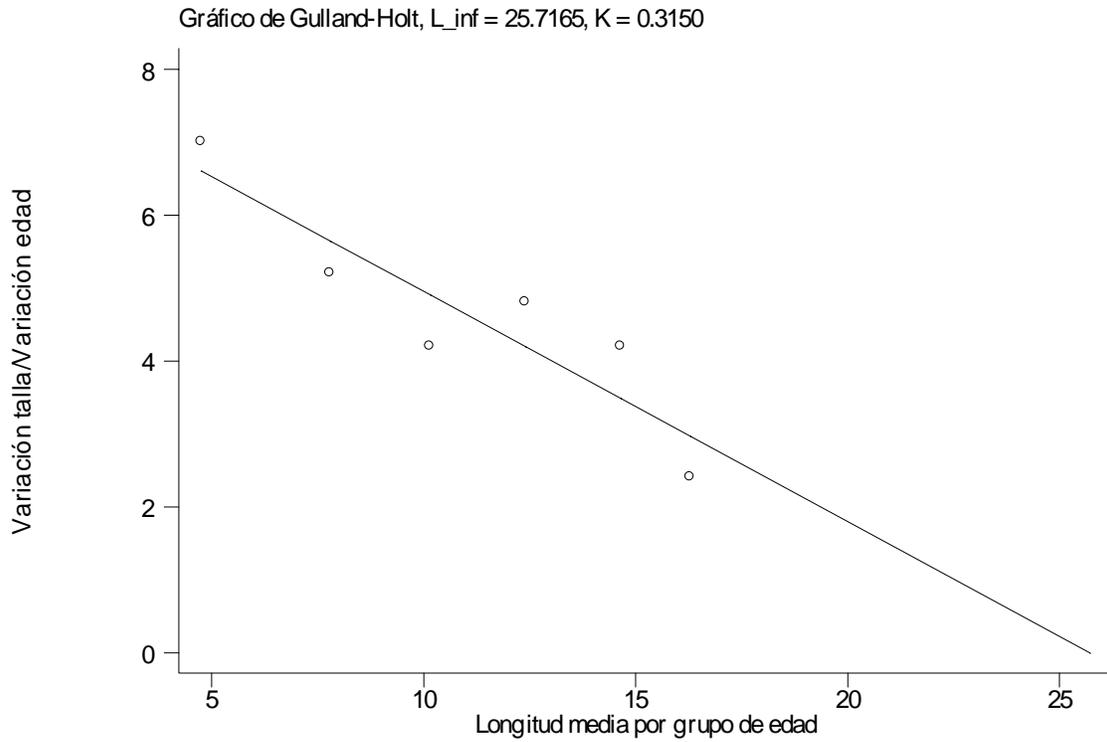


Figura 36. Gráfico de Gulland – Holt, para determinar los parámetros del modelo de von Bertalanffy, conforme a la lectura de anillos de crecimiento en escamas.

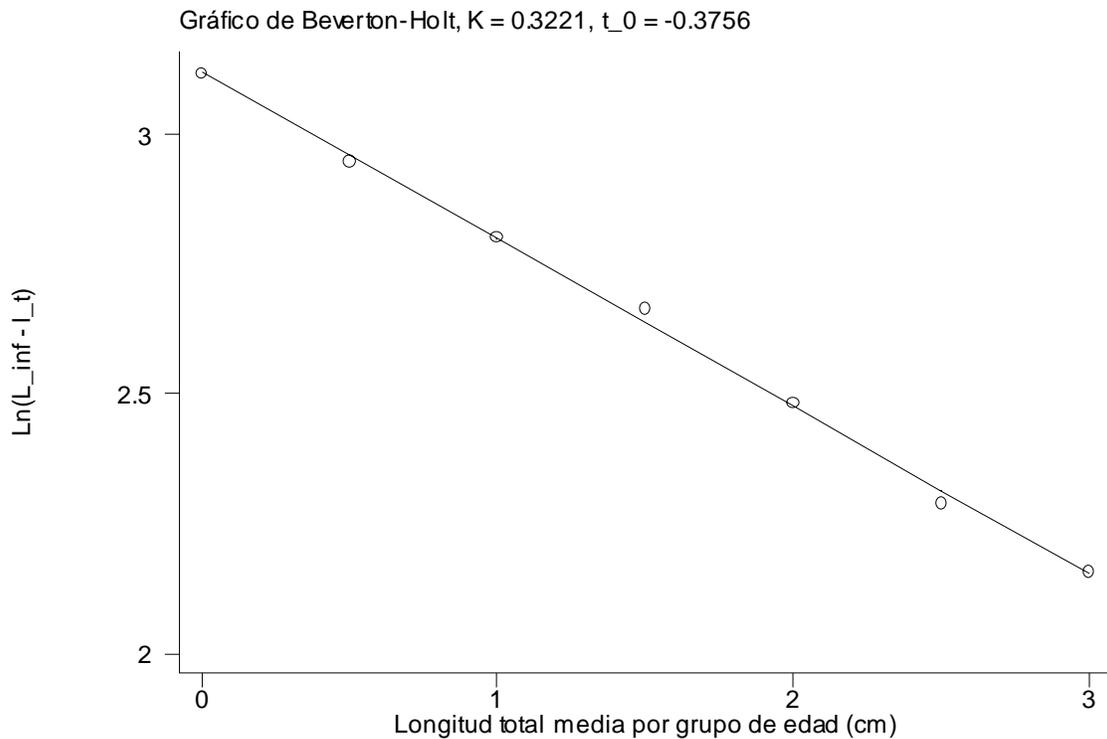


Figura 37. Gráfico de Beverton – Holt para determinar los parámetros del modelo de von Bertalanffy, conforme a la lectura de anillo de crecimiento en escamas.

Tabla 21. Intervalos y valores estimados para los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy, conforme a regresión no lineal simple y regresión no lineal ponderada de la lectura en escamas.

Regresión no lineal simple						
parámetro	valor	d.e.	t	P> t	Intervalo de confianza (95%)	
L_{∞}	27.6751	2.7401	10.10	0.001	20.0674	35.2827
k	0.2788	0.0458	6.08	0.004	0.1514	0.4061
t_0	- 0.4249	0.0531	- 8.00	0.001	- 0.5724	- 0.2775
Regresión no lineal ponderada						
parámetro	valor	d.e.	t	P> t	Intervalo de confianza (95%)	
L_{∞}	33.1072	0.4445	74.47	0.000	32.2347	33.9796
k	0.2068	0.0043	48.28	0.000	0.1984	0.2152
t_0	- 0.5444	0.0075	- 72.30	0.000	- 0.5592	- 0.5296

En la Tabla 22 se presentan los valores estimados mediante regresión no lineal para los parámetros de las modelos de crecimiento de von Bertalanffy, Gompertz y Logístico. De los valores correspondientes al coeficiente de determinación, en general son altos ($r^2 = 0.99$). Al graficar los valores estimados por grupo de edad y la curva de crecimiento respectiva se observan comportamientos semejantes (Figura 32)

Tabla 22. Valores estimados mediante regresión no lineal para los distintos parámetros de los modelos de crecimiento, de acuerdo con la lectura en escamas.

Modelo de crecimiento	L_{∞}	K	t_0	r^2
von Bertalanffy (rnls)	27.6751	0.2788	- 0.4249	0.9998
von Bertalanffy (rnlp)	33.1072	0.2068	- 0.5444	0.9998
Gompertz	19.9907	0.7793	0.7307	0.9994
Logístico	18.1995	1.2664	1.0717	0.9987

De la lectura en escamas se asignó a cada organismo una edad determinada; mediante el análisis de regresión no lineal se estimaron los parámetros correspondientes a los modelos de crecimiento de von Bertalanffy, Gompertz y Logístico (Tabla 23). De acuerdo con los valores del coeficiente de determinación los tres modelos son adecuados ($r^2 = 0.9$) para describir el crecimiento mostrado por la tilapia.

Tabla 23. Valores estimados mediante regresión no lineal para los distintos parámetros de los modelos de crecimiento, de acuerdo con la edad determinada para cada organismo.

Modelo de crecimiento	L_{∞}	K	t_0	r^2
von Bertalanffy	18.9567	1.0069	- 0.0850	0.9885
Gompertz	17.7321	2.2487	0.5424	0.9911
Logístico	17.5517	3.1025	0.7423	0.9922

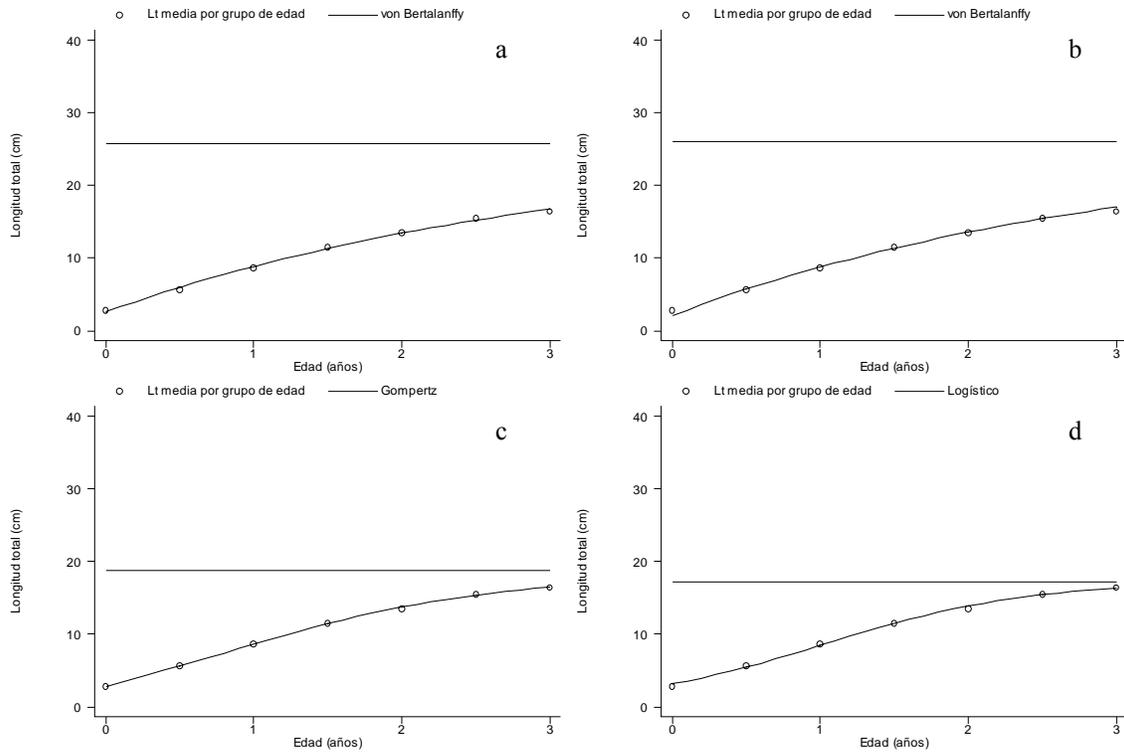


Figura 38. Valores estimados para longitud total conforme a cada grupo de edad y curva de crecimiento de a) von Bertalanffy (regresión no lineal simple) b) von Bertalanffy (regresión no lineal ponderada) c) Gompertz y d) Logística.

Aunque al considerar la edad determinada en cada uno de los organismos, resultado de la lectura en escamas, y las curvas estimadas por los modelos de crecimiento correspondientes, el logístico es la que presenta el mejor ajuste, dado que esta pasa en medio de todos los intervalos por cada grupo de edad (Figura 39).

Por otra parte, para estimar el valor del peso total infinito se empleó la función relacionada con el peso total y longitud total, utilizando el valor de la longitud infinita como talla para el cálculo, de esta forma, se obtuvo un valor de 305.5659 g. En tanto con el peso eviscerado, se determinó también el peso asintótico, utilizando ahora la relación existente entre el peso eviscerado y longitud total, obteniendo así un valor de 290.4057 g

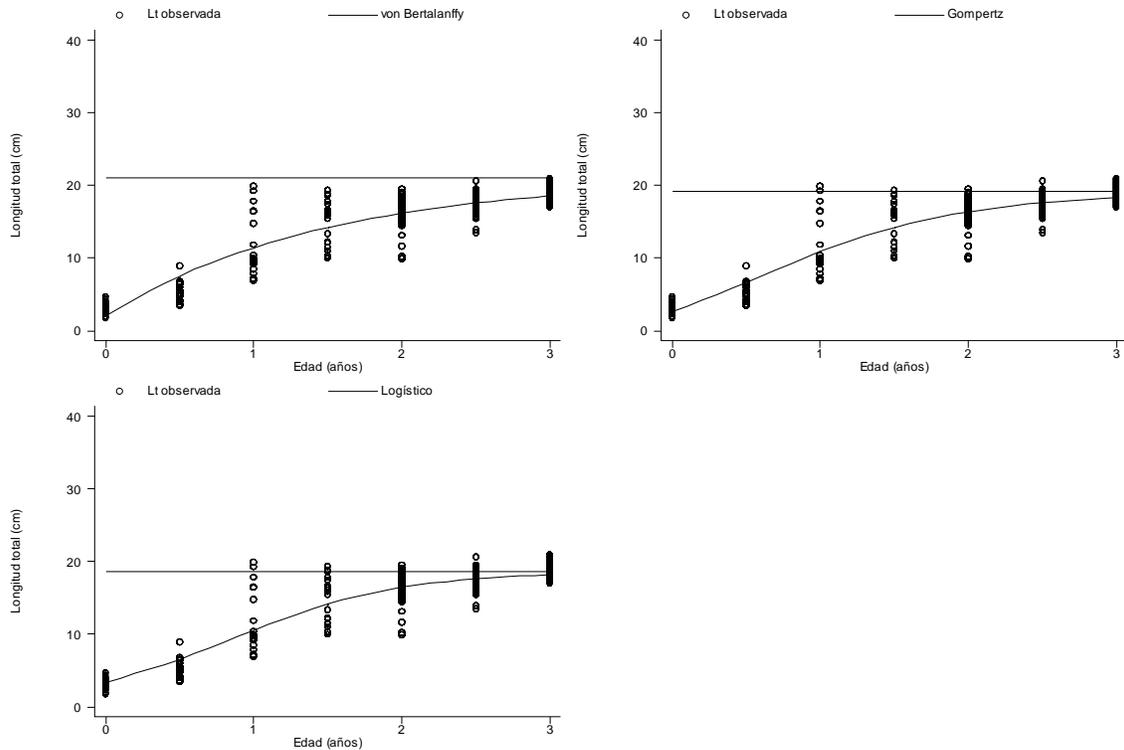


Figura 39. Valores estimados de edad en cada uno de los organismos ($n = 530$), de acuerdo a la lectura en escamas y comportamiento de las funciones de crecimiento: a) von Bertalanffy, b) Gompertz, c) Logística y d) todas las anteriores.

7.7.3. Estimación del crecimiento en peso

De la relaciones peso total – longitud total y peso eviscerado – longitud total, así como los valores de los parámetros del modelo de von Bertalanffy, estimados de la lectura de anillos de crecimiento en escamas; se calcularon los valores de los pesos asintóticos y transcribieron las ecuaciones correspondientes en longitud (L_t), peso total (P_t) y eviscerado (P_e), además de las tallas en los grupos de edad (Tabla 24).

$$L_t = 27.6751[1 - \exp\{-0.2788(t + 0.4249)\}]$$

$$P_t = 305.5669(1 - [\exp\{-0.2788(t + 0.4249)\}])^{2.7137}$$

$$P_e = 290.4057(1 - [\exp\{-0.2788(t + 0.4249)\}])^{2.8891}$$

Tabla 24. Valores estimados para longitud total, peso total y eviscerado por grupo de edad, determinados por la lectura de anillos de crecimiento en escamas.

Edad (años)	Longitud total (cm.)	Peso total (g)	Peso eviscerado (g)
0.0	3.0	0.7353	0.4733
0.5	6.5	5.9939	4.4183
1.0	9.1	14.9369	11.6797
1.5	11.2	26.2405	21.2795
2.0	13.6	44.4420	37.2883
2.5	15.7	65.6178	56.4597
3.0	16.9	80.1355	69.8478

7.7.4. Machos

Conforme a los 13 muestreos mensuales se obtuvieron un total de 401 individuos machos, con los cuales se estimó la edad por la lectura en escamas; con estos datos, se detectaron seis anillos indicadores de grupos de edad. La distribución de los radios de cada anillo fue analizada con estimadores de densidad por kernel gaussiano (Figura 40). En general, las distribuciones fueron unimodales y los valores correspondientes a las modas en forma ascendente son: 1.044, 1.540, 2.080, 2.528, 3.000 y 3.276. Como podrá observarse la distancia entre ellos se reduce gradualmente, por lo cual, los últimos se encuentran muy cercanos entre sí.

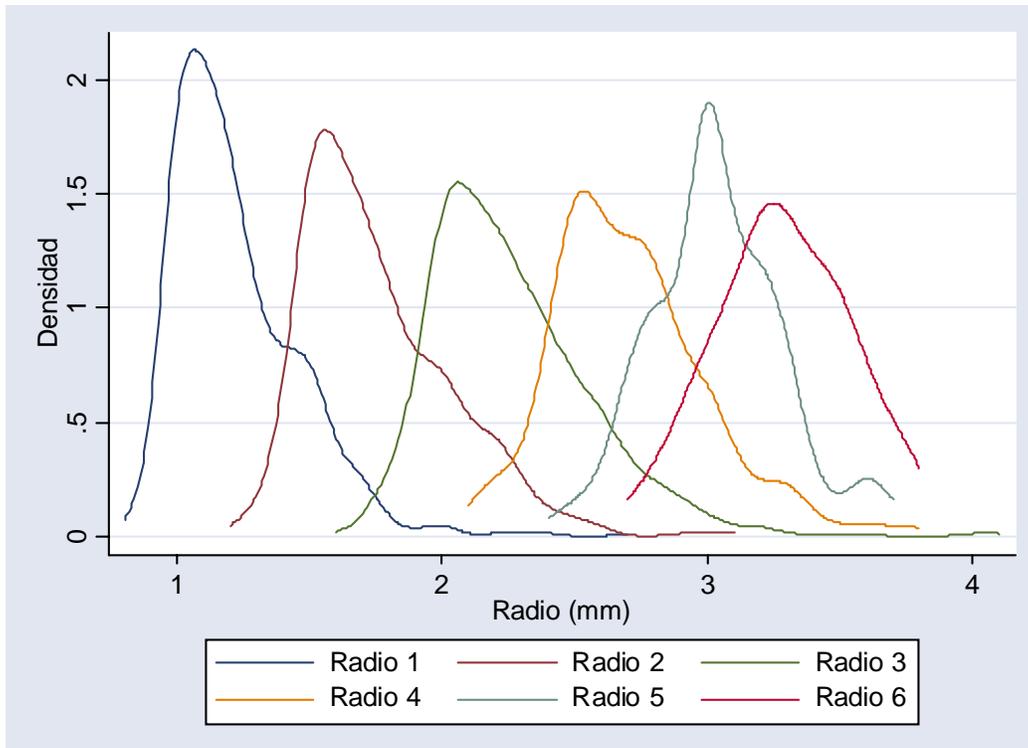


Figura 40. Estimadores de densidad por kernel gaussiano para el radio de cada uno de los anillos de crecimiento mostrado en escamas de machos.

De los estimadores de densidad por kernel y mediante el método de Bhattacharya (1967) se determinaron los seis componentes gaussianos (media, desviación estándar y tamaño) obtenidos de la lectura en escamas de machos (Tabla 25).

En la Figura 41 se muestra la relación lineal estimada entre la distancia del foco en escamas de machos al margen posterior (radio total o R) y los valores correspondientes a longitud total de los peces mediante análisis de regresión lineal ($r^2 = 0.5320$) y potencial ($r^2 = 0.6385$).

Puede observarse que el ajuste lineal no es adecuado por lo que, en adición a un valor relativamente mayor del coeficiente de determinación se empleó la relación potencial mostrada entre radio total y longitud total en todos los organismos. Conforme a esta relación y con los valores medios de radio total se estimaron los valores correspondientes a la talla del grupo de edad (Tabla 26).

Tabla 25. Componentes gaussianos para cada uno de los anillos de crecimiento determinados por la lectura en escamas de machos de *Oreochromis niloticus* provenientes de la presa “Emiliano Zapata”, Morelos.

Componente	Media	D. s.	Tamaño	r^2	Intervalo
1	1.0479	0.1520	355	0.9752	20/23
2	1.5231	0.0950	170	0.9999	21/23
3	2.0464	0.3316	533	0.9975	21/38
4	2.5262	0.1292	187	0.9998	21/24
5	3.0065	0.0907	113	0.9988	35/38
6	3.2828	0.1423	53	0.9960	24/30

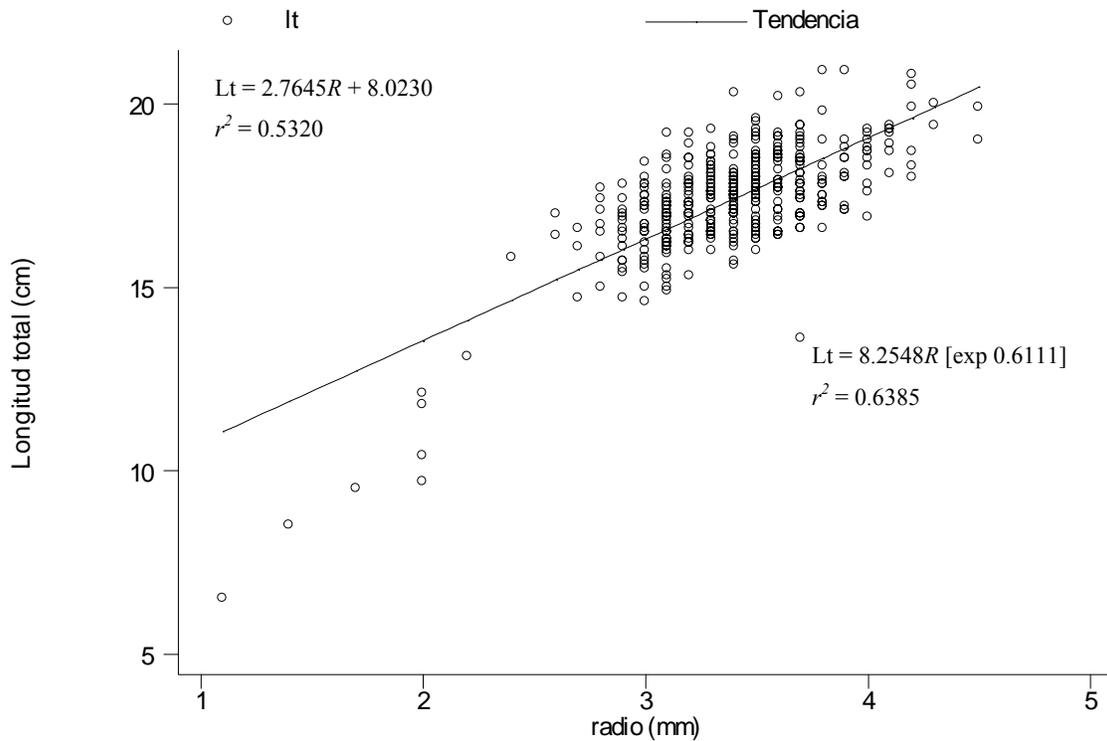


Figura 41. Regresión lineal y potencial mostrada entre la distancia del foco al margen posterior, R , observada en escamas de machos y longitud total.

Conforme a estos valores se calcularon los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy mediante métodos linealizados y por regresión no lineal (Tabla 27 y Figuras 42, 43, 44 y 45).

Tabla 26. Valores estimados para longitud total por grupo de edad (Ltge), de la regresión potencial mostrada entre radio total y talla en todos los organismos $L_t = 6.3993R [\exp(0.8201)]$.

Edad (años)	Media r_n	Ltge	T.C.
0.5	1.0479	6.6	2.4
1.0	1.5231	9.0	2.5
1.5	2.0464	11.5	2.2
2.0	2.5262	13.7	2.1
2.5	3.0065	15.8	1.2
3.0	3.2828	17.0	

Tabla 27. Valores estimados mediante métodos de linealizados y regresión no lineal, para los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy

Regresión	Método	L_∞	K	t_0	r^2
Lineal	Ford – Walford	28.7988	0.1267		0.9925
	Gulland	28.7988	0.1267		0.7084
	Gulland – Holt	29.2661	0.2461		0.6709
	Beverton – Holt	*28.9545	0.2580	- 0.4800	0.9975
No lineal	Simple (rnl)	29.9287	0.2436	- 0.5034	0.9998
	Ponderada (rnlp)	34.5604	0.1946	- 0.5811	0.9999

* valor estimado del promedio entre Ford – Walford, Gulland y Gulland – Holt.

Gráfico de Ford-Walford, $L_{\text{inf}} = 28.7988$, $K = 0.1267$

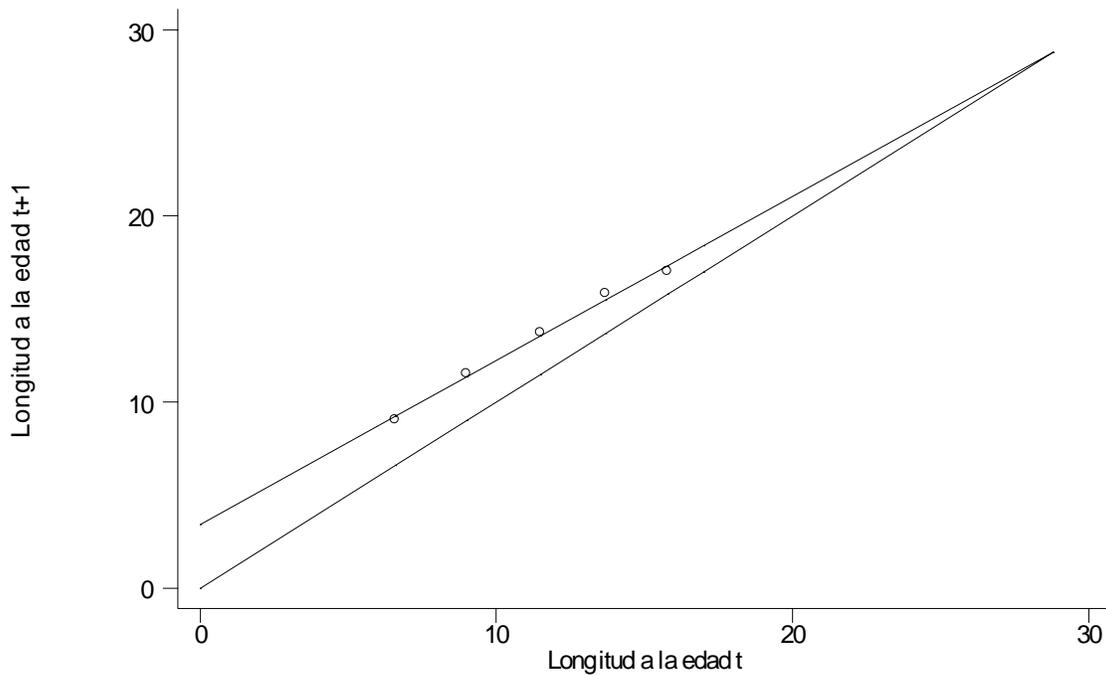


Figura 42. Gráfico de Ford – Walford para estimar los valores de los parámetros del modelo de von Bertalanffy; conforme a la lectura de anillos de crecimiento en escamas de machos.

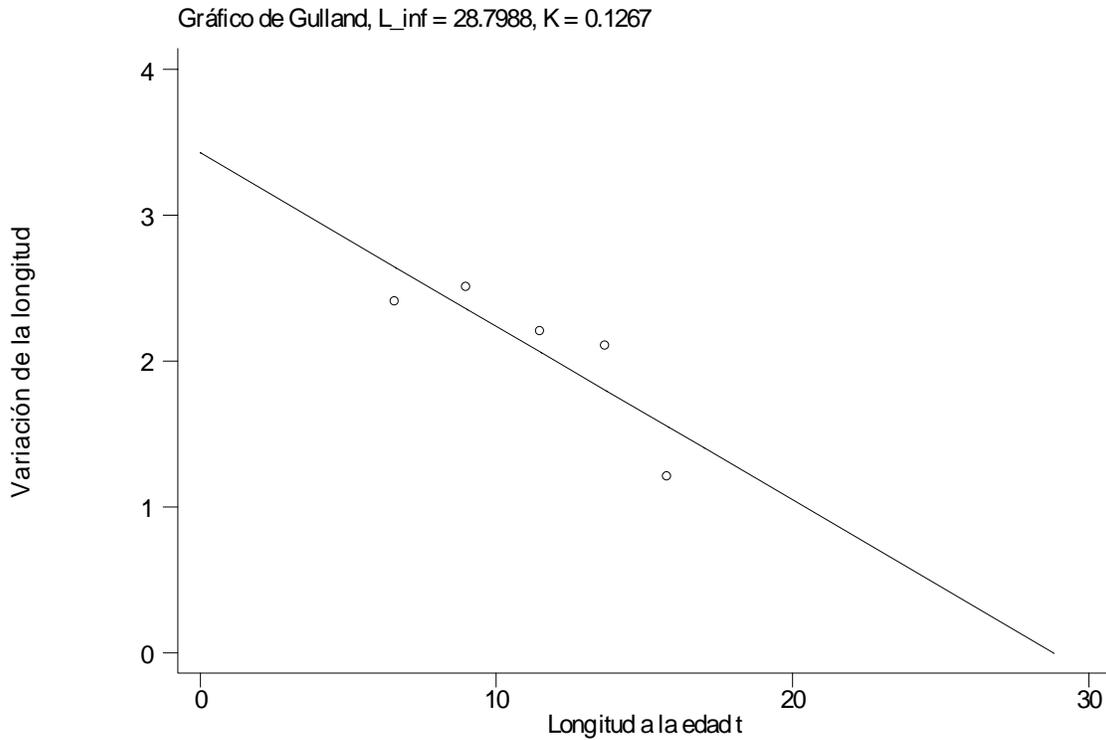


Figura 43. Gráfico de Gulland, para estimar los valores de los parámetros del modelo de von Bertalanffy, conforme a la lectura de anillos de crecimiento en escamas de machos.

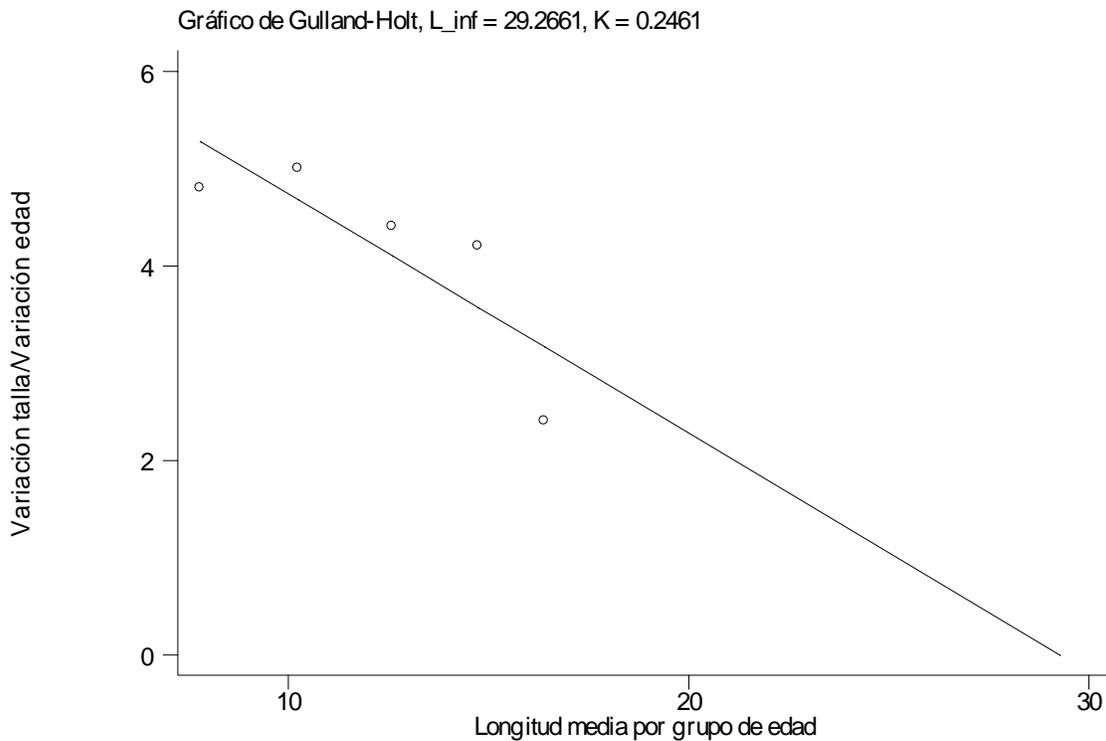


Figura 44. Gráfico de Gulland – Holt para estimar los valores de los parámetros del modelo de von Bertalanffy, conforme a la lectura de anillos de crecimiento en escamas de machos.

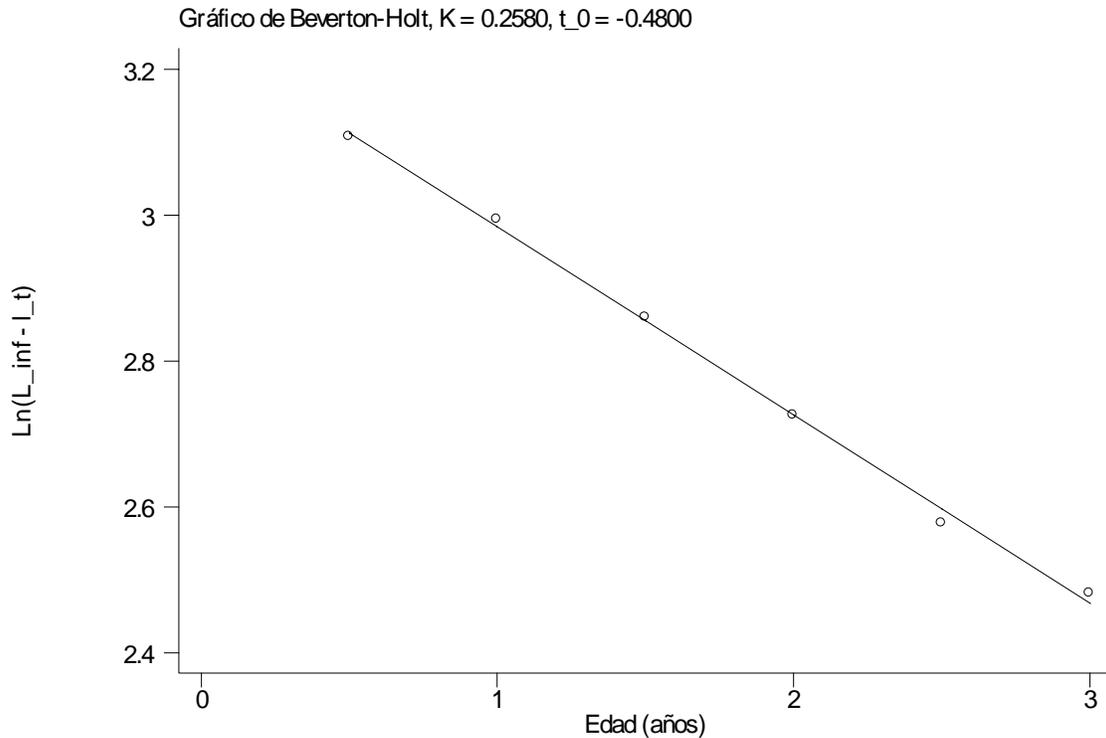


Figura 45. Gráfico de Beverton – Holt, para estimar los valores de los parámetros del modelo de von Bertalanffy, conforme a la lectura de anillos de crecimiento en escamas de machos.

Al considerar las estimaciones de longitud asintótica y t_0 de la Tabla 27, estos son muy semejantes destacando los valores altos de la regresión no lineal ponderada; por otra parte, los valores del índice catabólico presentan variabilidad. Cabe destacar, de los métodos de regresión lineal, ninguno de ellos estima los tres parámetros en un sólo paso a diferencia de la regresión no lineal que proporciona las tres estimaciones. De las regresiones no lineales, la mayor precisión es mostrada por la ponderada, dado que los intervalos de confianza, donde, asintóticamente, se ubica el valor verdadero correspondiente, se estrechan; asimismo, el error estándar disminuye y la significancia de las pruebas univariadas para los parámetros aumenta (Tabla 28). Por consiguiente, puede considerarse que los valores que mejor estimación presentan para el modelo de crecimiento de von Bertalanffy son los de regresión no lineal, tanto sencilla como ponderada.

Los modelos de crecimiento de von Bertalanffy, Gompertz y Logístico, se ajustan adecuadamente al crecimiento mostrado en machos ($r^2 = 0.999$), por consiguiente cualquiera de estos, es adecuada para describir el crecimiento (Tabla 29 y Figura 46) de los machos presentes en la presa.

Por otra parte, al considerar la edad estimada por la lectura en escamas de todos los machos, los tres modelos de crecimiento considerados no presentan grandes diferencias, por lo cual, estas describen de manera adecuada el crecimiento en los machos (Tabla 30 y Figura 47).

Tabla 28. Valores e intervalos de confianza estimados para los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy, conforme a la regresión no lineal simple y ponderada.

Regresión no lineal simple						
parámetro	valor	E.E.	t	$P > t $	intervalo	
L_{∞}	29.9287	5.0688	5.90	0.010	13.7972	46.0602
K	0.2436	0.0703	3.46	0.041	0.0197	0.4675
t_0	- 0.5034	0.1270	- 3.96	0.029	- 0.9077	- 0.0991
Regresión no lineal ponderada						
parámetro	valor	E.E.	t	$P > t $	intervalo	
L_{∞}	34.5604	0.2944	117.39	0.000	33.9829	35.1379
K	0.1946	0.0024	79.25	0.000	0.1898	0.1994
t_0	- 0.5811	0.0042	- 138.15	0.000	- 0.5894	- 0.5729

Tabla 29. Valores estimados mediante regresión no lineal, para los parámetros correspondientes a los modelos de crecimiento de von Bertalanffy, Gompertz y Logístico.

Modelo de crecimiento	L_{∞}	K	t_0	r^2
von Bertalanffy (rnl)	29.9287	0.2436	- 0.5034	0.9998
von Bertalanffy (rnlp)	34.5604	0.1946	- 0.5811	0.9999
Gompertz	21.9609	0.6327	0.8042	0.9999
Logístico	19.6607	1.0253	1.1667	1.0000

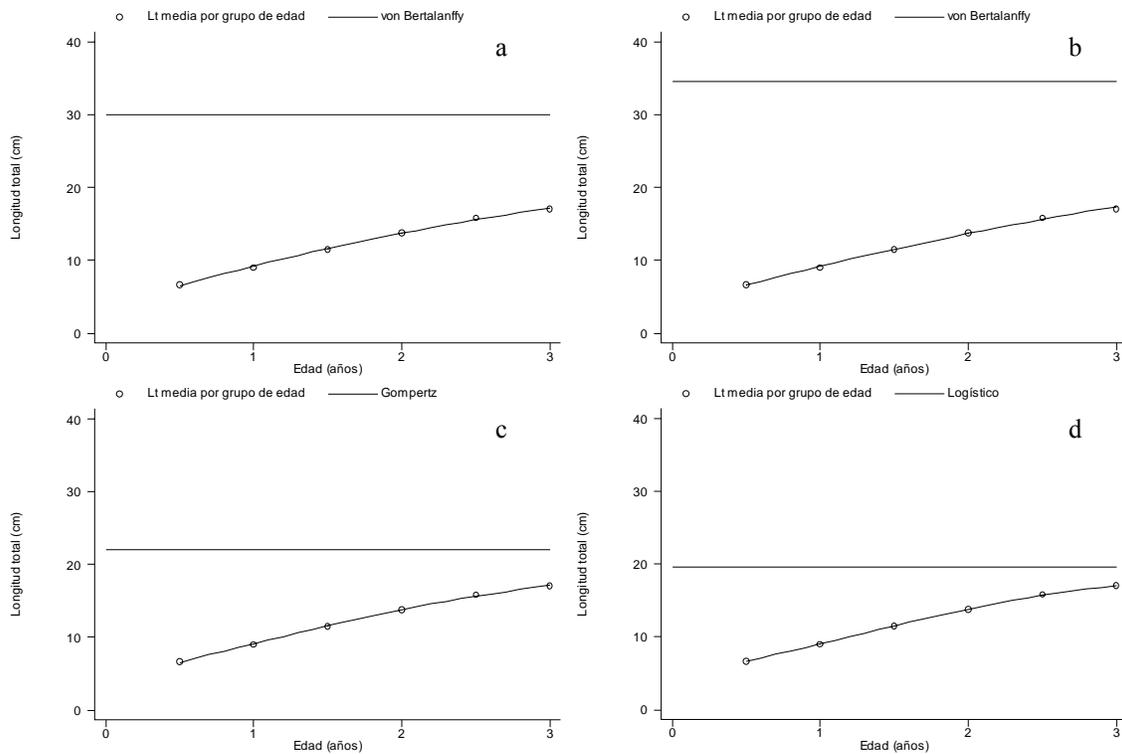


Figura 46. Valores estimados para longitud total por grupo de edad y curva de crecimiento de a). von Bertalanffy (rnl), b). von Bertalanffy (rnlp), c). Gompertz y d). Logística.

Tabla 30. Valores calculados para los correspondientes parámetros de los modelos de crecimiento de von Bertalanffy, Gompertz y Logístico conforme a la edad estimada por la lectura en escamas de los machos.

Modelo de crecimiento	L_{∞}^*	K^*	t_0^*	r^2^*
von Bertalanffy (nrl)	17.6300	2.6318	0.3866	0.9944
Gompertz	17.5819	3.4550	0.6235	0.9945
Logístico	17.5476	4.3954	0.7703	0.9946

* Los parámetros de los modelos de crecimiento no son exactamente equivalentes entre sí, por lo cual, no representan lo mismo (ver Moreau, 1987; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005); los parámetros de von Bertalanffy son conocidos, por tanto son utilizados como referencia.

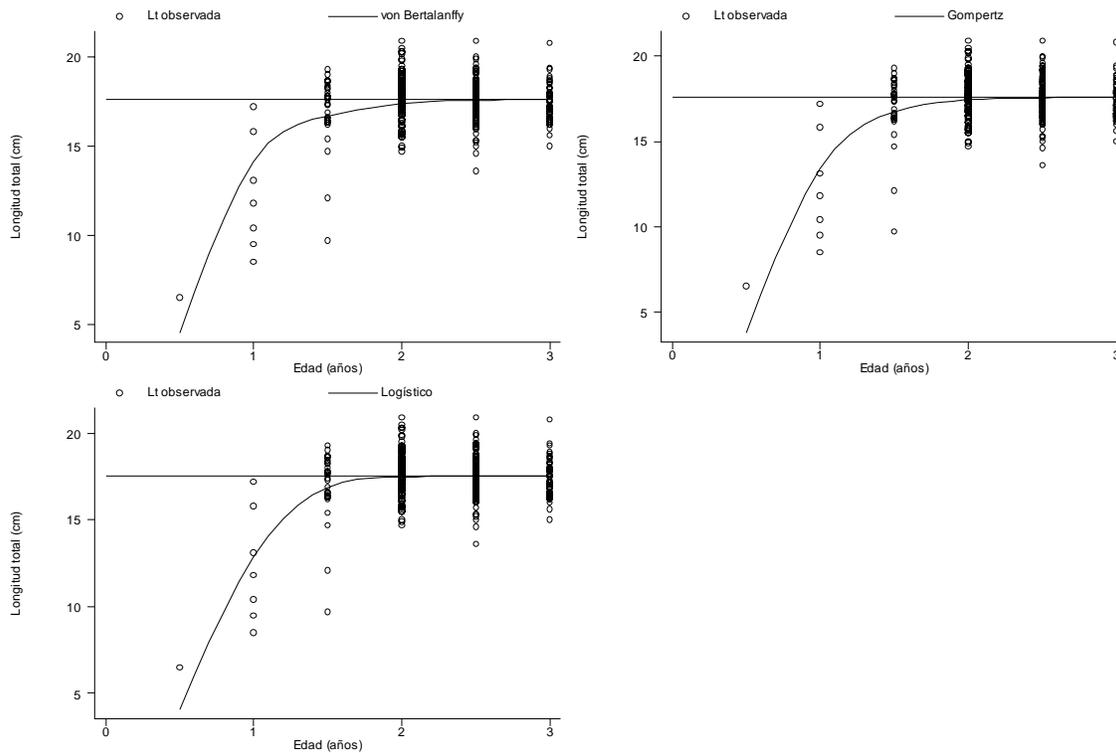


Figura 47. Tallas observadas por grupo de edad estimada por la lectura en escamas de machos y curvas de crecimiento de a). von Bertalanffy, b). Gompertz y c). Logística.

7.7.5. Estimación del crecimiento (machos)

Con el valor de la longitud asintótica así como la relación entre peso total y longitud total se calculó el valor del peso infinito, el cual corresponde a 371.1602 g. Conforme a la relación peso eviscerado – longitud total se determinó el valor del peso infinito, correspondiente al peso eviscerado, de 358.0481 g. De esta forma las ecuaciones de crecimiento en longitud (L_t), peso total (P_t) y eviscerado (P_e) para machos son:

$$\begin{aligned}
 L_t &= 29.9287(1 - [\exp\{-0.2436(t + 0.5034)\}]) \\
 P_t &= 371.1602[1 - \exp\{-0.2436(t + 0.5034)\}]^{2.6714} \\
 P_e &= 358.0481[1 - \exp\{-0.2436(t + 0.5034)\}]^{2.8505}
 \end{aligned}$$

De los modelos en peso se estimaron los valores para los grupos de edad encontrados por la lectura de anillos de crecimiento en escamas de machos.

Tabla 31. Valores estimados para longitud total, peso total y eviscerado por grupo de edad, determinados por la lectura de anillos de crecimiento en escamas de machos.

Edad (años)	Longitud total (cm.)	Peso total (g)	Peso eviscerado (g)
0.5	6.6	6.5414	4.8135
1.0	9.0	14.9797	11.6526
1.5	11.5	28.8329	23.4354
2.0	13.7	46.0231	38.5989
2.5	15.8	67.3648	57.9595
3.0	17.0	81.9147	71.4081

7.7.6. Machos e indeterminados

Conforme a los 13 muestreos mensuales se obtuvieron un total de 401 individuos machos y 59 indeterminados, con los cuales, se estimó la edad por la lectura en escamas; con estos datos, se detectaron siete grupos de edad, en cada uno de ellos se obtuvieron los correspondientes estimadores de densidad por kernel gaussiano para valores radiales de los anillos (Figura 48). Las distribuciones fueron predominantemente unimodales y las modas respectivas son: 0.396, 1.032, 1.568, 2.080, 2.528, 3.000 y 3.276. Como puede observarse la distancia entre ellos se reduce gradualmente, por lo cual, los últimos se encuentran muy cercanos entre sí.

De los estimadores de densidad por kernel y mediante el método de Bhattacharya (1967) se determinaron los siete componentes gaussianos (media, desviación estándar y tamaño) para los radios de los anillos detectados en las escamas de machos e indeterminados (Tabla 32).

Tabla 32. Componentes gaussianos para los siete anillos de crecimiento observados en escamas de machos e indeterminados de *Oreochromis niloticus* provenientes de la presa Emiliano Zapata

Componente	Media R	D. s.	Tamaño	r^2	Intervalo
1	0.3958	0.0307	9	1.0000	27/29
2	1.0479	0.1520	355	0.9752	24/26
3	1.5231	0.0950	170	0.9999	79/81
4	2.0464	0.3316	533	0.9975	28/31
5	2.5262	0.1292	187	0.9998	21/24
6	3.0065	0.0907	113	0.9988	35/38
7	3.2828	0.1423	53	0.9960	25/29

En la Figura 49 se muestra la relación lineal estimada entre la distancia del foco en escamas de machos al margen posterior (radio total o R) y los valores correspondientes a longitud total de los peces mediante análisis de regresión lineal ($r^2 = 0.9187$) y potencial ($r^2 = 0.9953$).

Conforme a esta relación y los valores medios de radio total se estimaron los valores correspondientes a la talla del grupo de edad (Tabla 33).

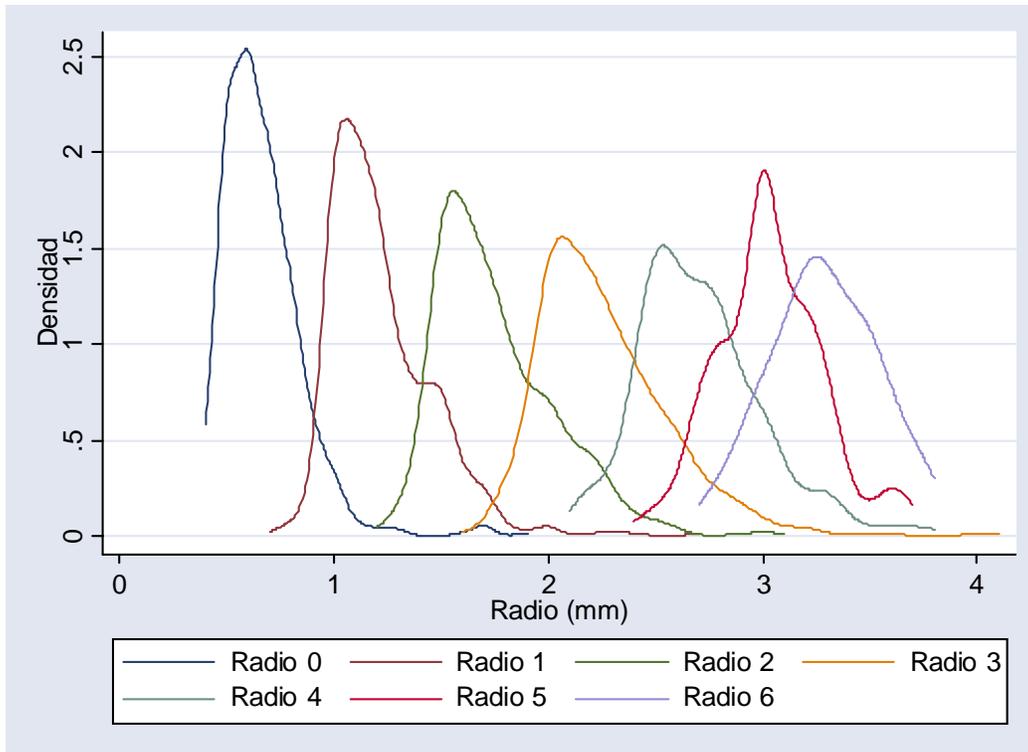


Figura 48. Estimadores de densidad por kernel gaussiano para radios de cada uno de los anillos de crecimiento mostrado en escamas de machos e indeterminados de *Oreochromis niloticus*.

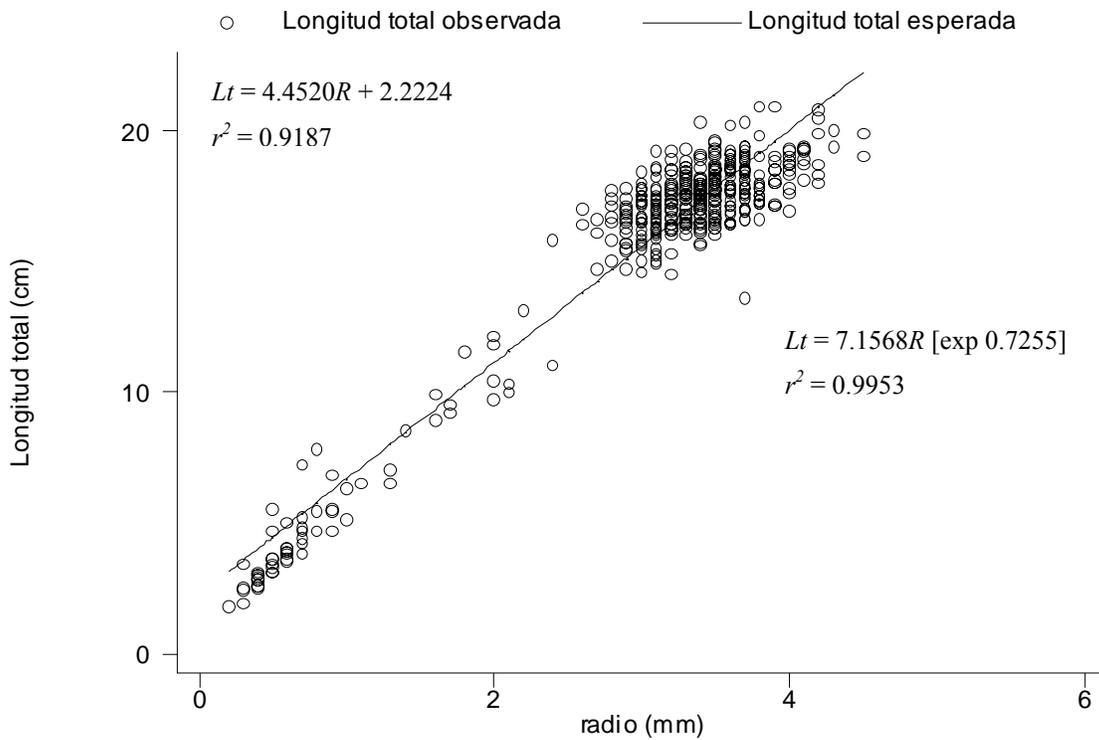


Figura 49. Regresión lineal y potencial mostrada entre la distancia del foco al margen posterior, R , observada en escamas de machos e indeterminados y longitud total.

Tabla 33. Valores estimados para longitud total por grupo de edad (Ltge), de la regresión potencial mostrada entre radio total y talla en machos e indeterminados $L_t = 7.1568R [\exp 0.7255]$.

Edad (años)	Media R	Ltge	T.C.
0.0	0.3958	3.7	3.7
0.5	1.0479	7.4	2.3
1.0	1.5231	9.7	2.3
1.5	2.0464	12.0	2.0
2.0	2.5262	14.0	1.9
2.5	3.0065	15.9	1.1
3.0	3.2828	17.0	

Conforme a estos valores se calcularon los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy mediante métodos de regresión lineal y no lineal (Tabla 34 y Figuras 50, 51, 52 y 53).

Tabla 34. Valores estimados mediante métodos de regresión lineal y no lineal, para los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy

Tipo de regresión	Método	L_{∞}	K	t_0	r^2
lineal	Ford – Walford	22.8677	0.1966		0.9939
	Gulland	22.8677	0.1966		0.8843
	Gulland – Holt	23.0290	0.3865		0.8607
	Beverton – Holt	*22.9214	0.3937	- 0.4367	0.9981
no lineal	Simple (rnl)	24.2997	0.3468	- 0.4938	0.9998
	Ponderada (rnlp)	29.2122	0.2414	- 0.6964	0.9999

* valor estimado del promedio entre Ford – Walford, Gulland y Gulland – Holt.

Al considerar los valores estimados para la longitud asintótica y t_0 (tabla 34), éstos son muy semejantes destacando la estimación realizada por la regresión no lineal ponderada; por otra parte, los valores del índice catabólico presentan mayor variabilidad. Cabe destacar, de los métodos de regresión lineal, ninguno de ellos estima los tres parámetros, sólo mediante regresión no lineal pueden estimarse estos, dentro de éste, la mayor precisión mostrada es por la regresión no lineal ponderada, dado que los intervalos, donde se ubica el valor correspondiente se estrechan, el error estándar disminuye y la significancia de estos aumenta (Tabla 35). Por consiguiente, los valores que mejor estimación presentan para el modelo de crecimiento de von Bertalanffy son los de regresión no lineal, tanto sencilla como ponderada.

Los modelos de crecimiento de von Bertalanffy, Gompertz y Logístico, se ajustan adecuadamente al crecimiento mostrado en machos ($r^2 = 0.99$), por consiguiente cualquiera de estos, son adecuados para describir el crecimiento (Tabla 36 y Figura 54) de las tilapias machos e indeterminados presentes en la presa Emiliano Zapata.

Gráfico de Ford-Walford, $L_{\text{inf}} = 22.8677$, $K = 0.1966$

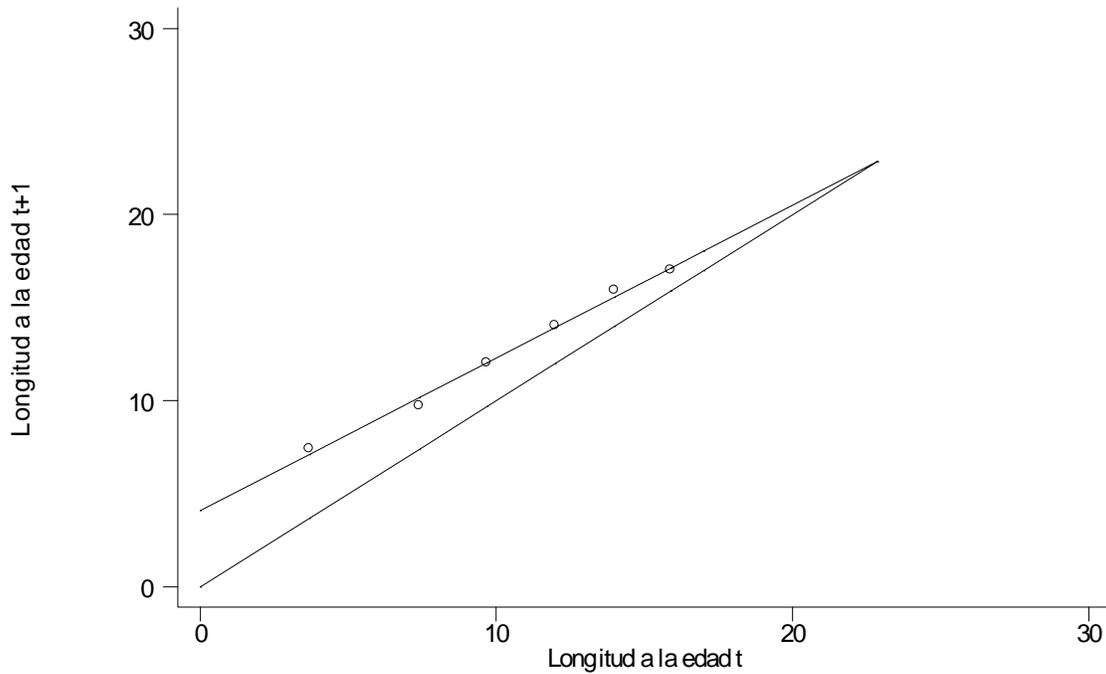


Figura 50. Gráfico de Ford – Walford, para determinar los valores de los parámetros del modelo de von Bertalanffy, conforme a la lectura de anillos de crecimiento en escamas de machos e indeterminados.

Gráfico de Gulland, $L_{\text{inf}} = 22.8677$, $K = 0.1966$

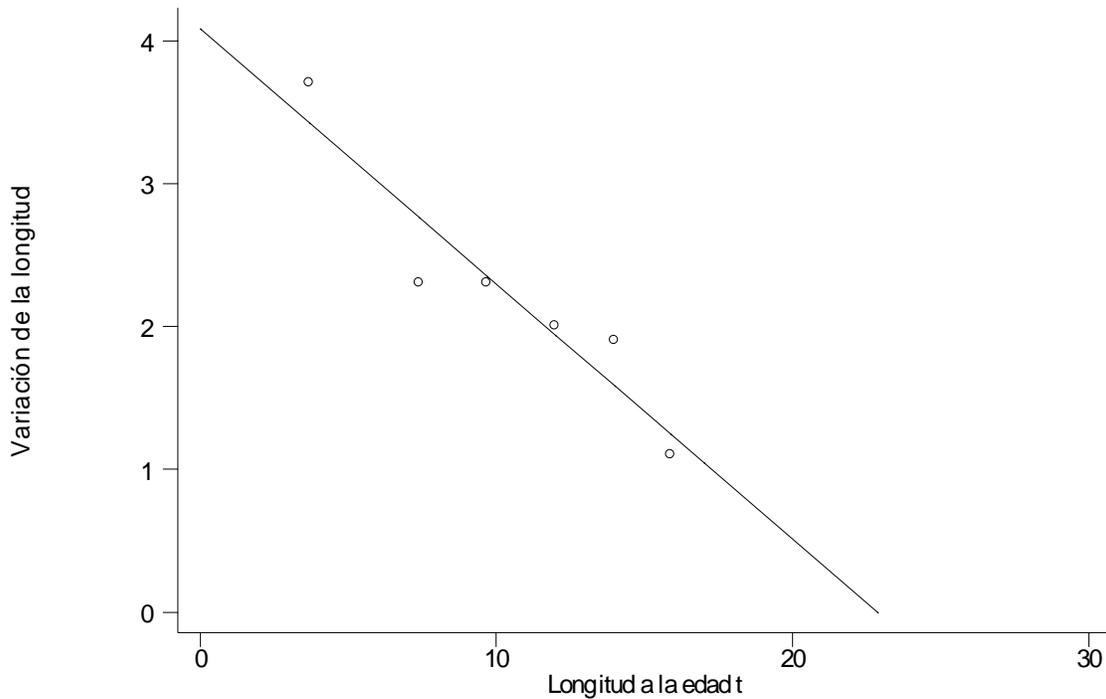


Figura 51. Gráfico de Gulland, para estimar los valores de los parámetros del modelo de von Bertalanffy, conforme a la lectura de anillos de crecimiento en escamas de machos e indeterminados.

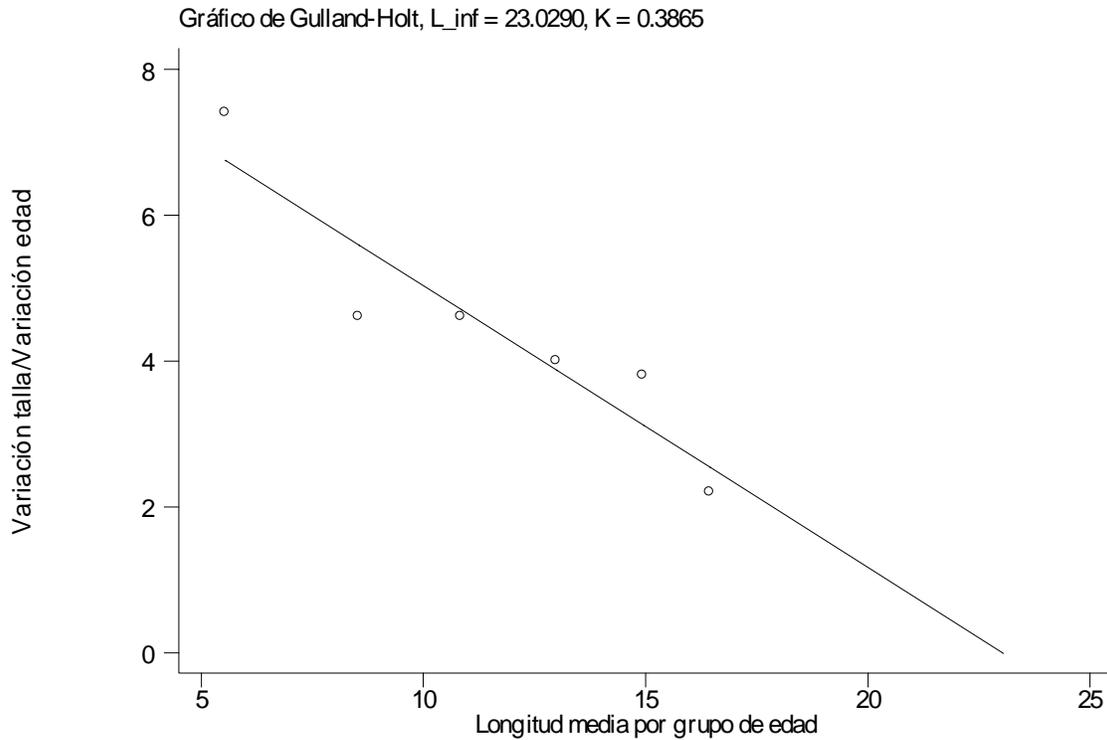


Figura 52. Gráfico de Gulland – Holt, para estimar los valores de los parámetros del modelo de von Bertalanffy, conforme a la lectura de anillos de crecimiento en escamas de machos e indeterminados.

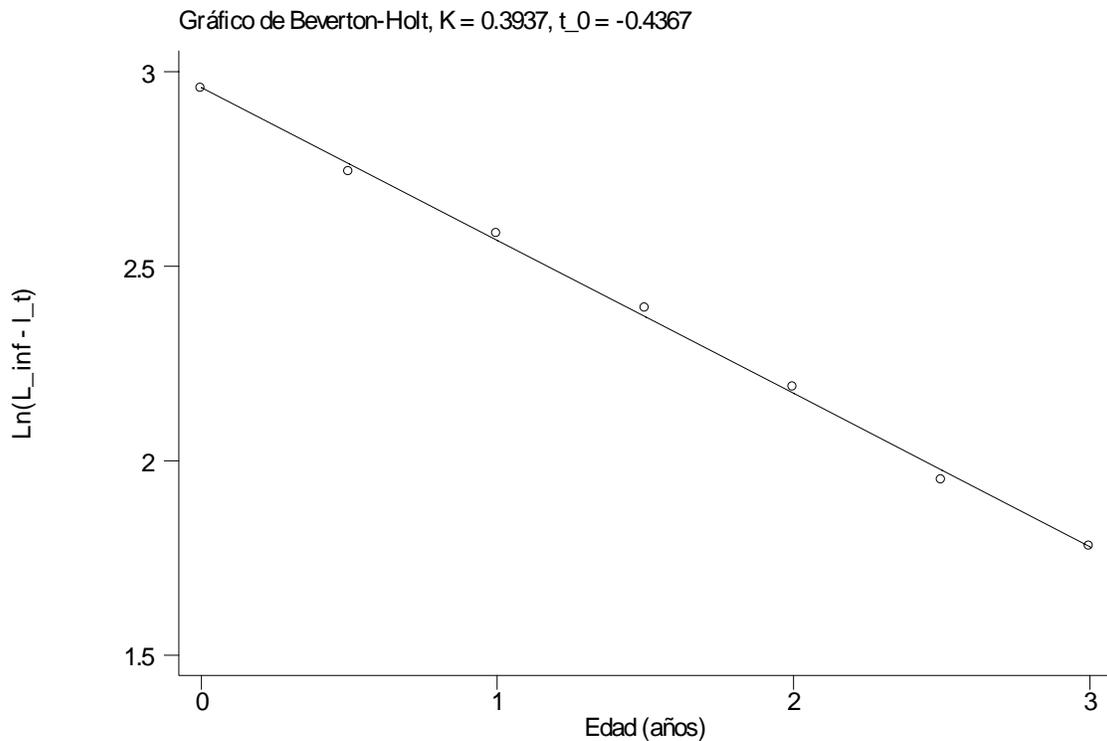


Figura 53. Gráfico de Beverton – Holt, para estimar los valores de los parámetros del modelo de von Bertalanffy, conforme a la lectura de anillos de crecimiento en escamas de machos e indeterminados.

Tabla 35. Valores e intervalos estimados para los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy, conforme a la regresión no lineal y regresión no lineal ponderada, de la lectura en escamas de machos e indeterminados de *Oreochromis niloticus*, de la presa Emiliano Zapata

Regresión no lineal						
parámetro	valor	e.s.	t	$P > t $	intervalo	
L_{∞}	24.2997	1.6745	14.51	0.000	19.6506	28.9489
K	0.3468	0.0456	7.60	0.002	0.2201	0.4736
t_0	- 0.4938	0.0526	- 9.39	0.001	- 0.6398	- 0.3478
Regresión no lineal ponderada						
parámetro	valor	e.s.	t	$P > t $	intervalo	
L_{∞}	29.2122	0.1931	151.24	0.000	28.8333	29.5910
K	0.2414	0.0026	91.15	0.000	0.2362	0.2466
t_0	- 0.6964	0.0047	- 147.15	0.000	- 0.7057	- 0.6871

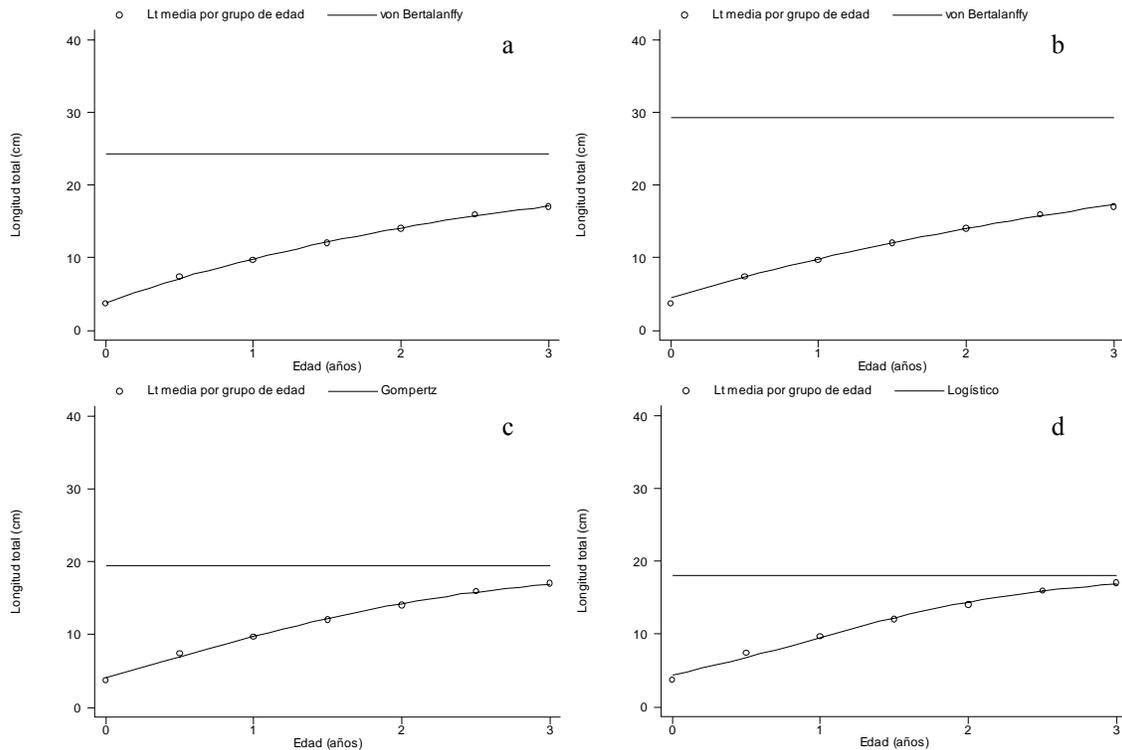


Figura 54. Valores estimados para longitud total por grupo de edad y curva de crecimiento de a). von Bertalanffy (rnl), b). von Bertalanffy (rnlp), c). Gompertz y d). Logística; de la lectura en escamas de individuos machos e indeterminados de *Oreochromis niloticus*

Por otra parte, al considerar la edad estimada por la lectura en escamas de todos y cada uno de los machos e indeterminados, los modelos de crecimiento Gompertz y von Bertalanffy pueden considerarse adecuadas para describir el crecimiento mostrado por estos individuos (Tabla 37).

Tabla 36. Valores estimados mediante regresión no lineal, para los parámetros correspondientes a los modelos de crecimiento de von Bertalanffy, Gompertz y Logístico, de la lectura en escamas de machos e indeterminados.

Modelo de crecimiento	L_{∞}	K	t_0	r^2
von Bertalanffy (rnl)	24.2997	0.3468	- 0.4938	0.9998
von Bertalanffy (rnlp)	29.2122	0.2414	- 0.6964	0.9999
Gompertz	19.4800	0.8010	0.5542	0.9995
Logística	18.0602	1.2469	0.9157	0.9989

En la Figura 55 se puede apreciar de forma gráfica, las curvas que mejor se ajustan a los datos son las descritas por los modelos de crecimiento Logístico y Gompertz, pues en ellos, las curvas pasan por en medio de los intervalos de talla – edad. Aunque Gompertz para el primer grupo de edad subestima el crecimiento. El modelo de crecimiento de von Bertalanffy, por su parte muestra variabilidad con respecto al crecimiento mostrado en los dos primeros grupos de edad, en el primero subestima el crecimiento y para el segundo sobrestima este y posteriormente se ajusta.

Tabla 37. Valores calculados para los correspondientes parámetros de los modelos de crecimiento de von Bertalanffy, Gompertz y Logístico conforme a la edad estimada por la lectura en escamas en todos y cada uno de los machos e indeterminados.

Modelo de crecimiento	L_{∞}^*	K^*	t_0^*	r^{2*}
von Bertalanffy (rnl)	19.2231	0.9746	- 0.0873	0.9885
Gompertz	17.8851	2.2056	0.5438	0.9915
Logístico	17.6855	3.0801	0.7480	0.9927

* Los parámetros de los modelos de crecimiento no son exactamente equivalentes entre sí, por lo cual, no representan lo mismo (ver Moreau, 1987; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005); los parámetros de von Bertalanffy son conocidos, por tanto son utilizados como referencia.

7.7.7. Estimación del crecimiento en peso (machos e indeterminados)

De la relación entre peso total y longitud total [0.0394Lt (e 2.6958), $r^2 = 0.9930$] y el valor de la longitud asintótica (24.2997 cm.) se determino el peso infinito, 214.19 g. Por otro lado, utilizando la relación peso eviscerado – longitud total [0.0210Lt (e 2.8695), $r^2 = 0.9926$] se calculo el valor de $P_{\infty} = 198.7015$ g. Así las ecuaciones de crecimiento en longitud (L_t), peso total (P_t) y eviscerado (P_e) son :

$$L_t = 24.2997(1 - [\exp \{-0.3468(t + 0.4938)\}])$$

$$P_t = 214.1900[1 - \exp \{-0.3468(t + 0.4938)\}]^{2.6958}$$

$$P_e = 198.7015[1 - \exp \{-0.3468(t + 0.4938)\}]^{2.8695}$$

Tabla 38. Valores estimados para longitud total, peso total y eviscerado por grupo de edad, determinados por la lectura de anillos de crecimiento en escamas de machos e indeterminados.

Edad (años)	Longitud total (cm.)	Peso total (g)	Peso eviscerado (g)
0.0	3.7	1.3405	0.8968
0.5	7.4	8.6850	6.5536
1.0	9.7	18.0150	14.2482
1.5	12.0	31.9708	26.2379
2.0	14.0	48.4427	40.8351
2.5	15.9	68.2689	58.8340
3.0	17.0	81.7599	71.2841

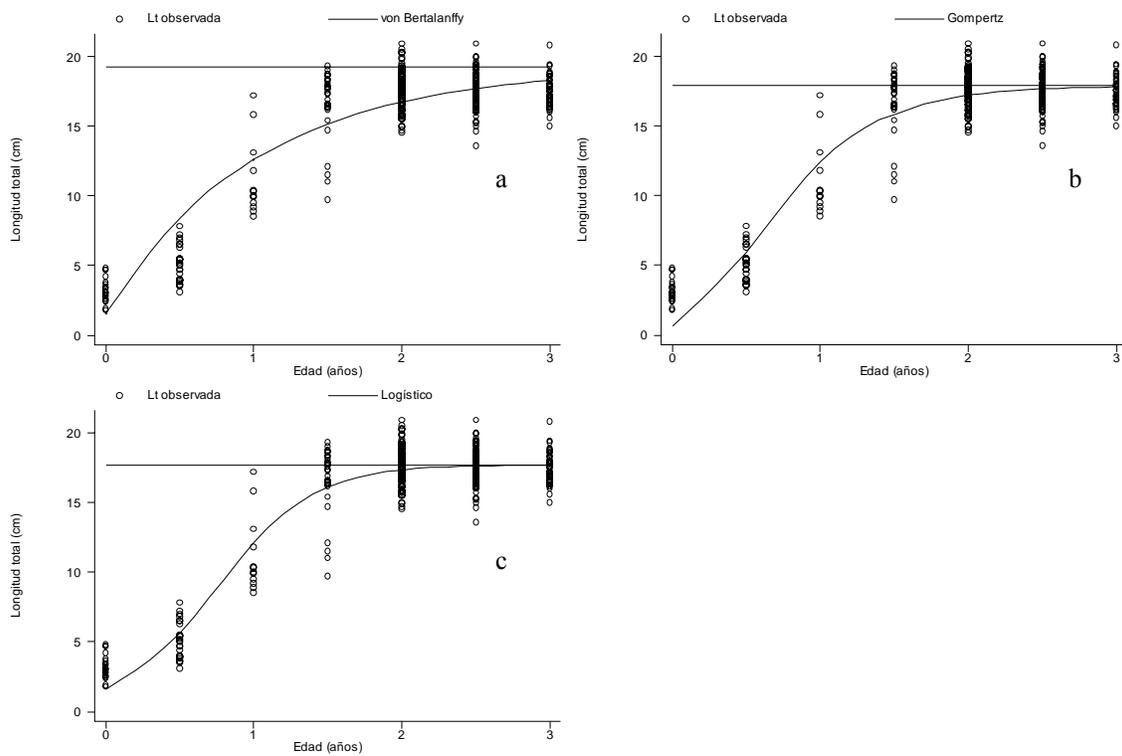


Figura 55. Tallas observadas por grupo de edad estimada por la lectura en escamas de machos e indeterminados y curvas de crecimiento de a). von Bertalanffy, b). Gompertz y c). Logística.

7.7.8. Hembras

De los 13 meses de muestreo se obtuvieron 70 individuos hembras, con los cuales, se estimó la edad por lectura de escamas, los datos obtenidos sugieren seis grupos de edad, en cada uno de ellos se determinaron los correspondientes estimadores de densidad kernel; conforme a estos, los radios 1, 3 y 6 muestran distribución unimodal; los radios 2 y 4 presentan distribución bimodal, y el radio 5 se muestra con una distribución trimodal, por lo cual, en estos casos donde la distribución no es unimodal los valores reportados corresponden a la moda mayor o principal; de tal forma las modas correspondientes para cada uno de los radios son: 1.064, 1.536, 2.048, 2.528, 2.976 y 3.124, como podrá notarse estas, tienden a ser muy próximas entre sí (Figura 56).

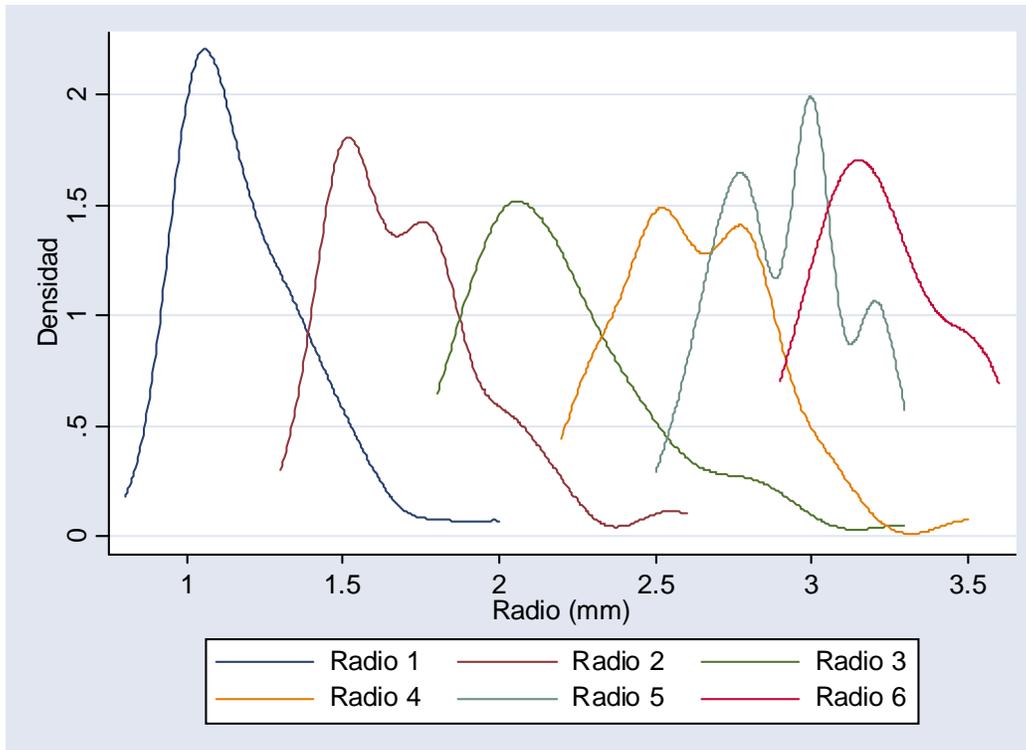


Figura 56. Estimadores de densidad por kernel gaussiano para cada uno de los anillos de crecimiento mostrado en escamas de hembras de *Oreochromis niloticus* provenientes de la presa "Emiliano Zapata", Morelos

De los estimadores de densidad por kernel y mediante el método de Bhattacharya (1967) se determinaron los seis componentes gaussianos, media, desviación estándar y tamaño (Tabla 39) determinados por la lectura en escamas de hembras.

En la Figura 57 se muestra la relación lineal estimada entre la distancia del foco en escamas de machos al margen posterior (radio total o R) y los valores correspondientes a longitud total de los peces mediante análisis de regresión lineal ($r^2 = 0.5946$) y potencial ($r^2 = 0.6774$).

Tabla 39. Componentes gaussianos para los seis anillos de crecimiento observados en la lectura de escamas de hembras de *Oreochromis niloticus* provenientes de la presa “Emiliano Zapata”, Morelos.

Componente	Media	D. e.	Tamaño	r^2	Intervalo
1	1.0327	0.0999	39	0.9996	16/18
2	1.5215	0.1124	36	0.9764	3/20
3	2.0072	0.1718	42	0.9927	10/16
4	2.5170	0.1417	34	0.9976	19/12
5	2.9729	0.0700	15	0.9997	30/32
6	3.1039	0.1686	8	0.9997	12/14

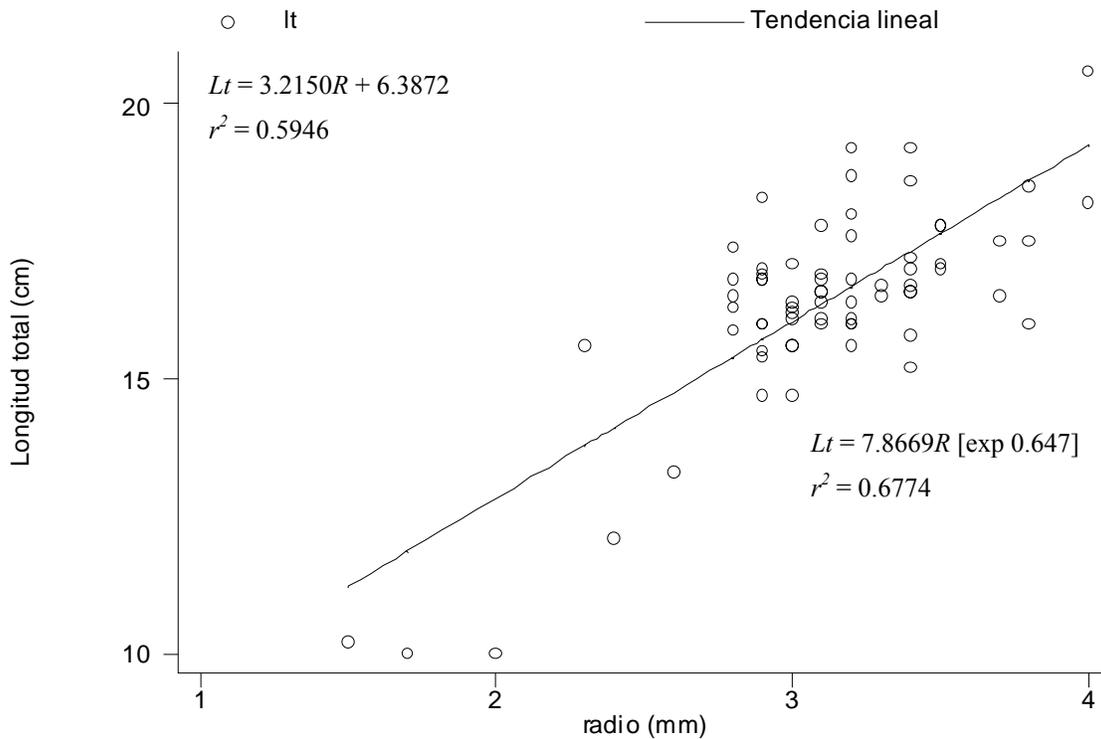


Figura 57. Regresión lineal y potencial mostrada entre la distancia del foco al margen posterior, R , y talla de los peces; conforme a la lectura en escamas de hembras de *Oreochromis niloticus* provenientes de la presa “Emiliano Zapata”, Morelos.

Dado los bajos valores del coeficiente de determinación en ambas regresiones, se empleó la relación potencial mostrada entre radio total y longitud total en todos los organismos. De esta manera y empleando los valores medios de radio total (Tabla 39) se estimaron los valores correspondientes a la talla del grupo de edad (Tabla 40).

Con estos valores se calcularon los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy mediante métodos de regresión lineal y no lineal (Tabla 41 y Figuras 58, 59, 60 y 61).

Tabla 40. Valores estimados para longitud total por grupo de edad (Ltge), de la regresión potencial mostrada entre radio total y talla en todos los organismos $L_t = 6.3993R [e (0.8201)]$.

Edad (años)	Media R	Ltge	T.C.
0.5	1.0327	6.6	2.4
1.0	1.5215	9.0	2.3
1.5	2.0072	11.3	2.3
2.0	2.5170	13.6	2.0
2.5	2.9729	15.6	0.6
3.0	3.1039	16.2	

Tabla 41. Valores estimados mediante métodos de regresión lineal y no lineal, para los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy en hembras.

Tipo de regresión	Método	L_{∞}	K	t_0	r^2
lineal	Ford – Walford	22.6055	0.1847		0.9775
	Gulland	22.6055	0.1847		0.6411
	Gulland – Holt	23.2244	0.3477		0.5740
	Beverton – Holt	*22.8118	0.3804	- 0.3636	0.9895
no lineal	Simple	24.1626	0.3366	- 0.4228	0.9995
	Ponderada	28.6320	0.2504	- 0.5314	0.9997

* Valor estimado del promedio entre Ford – Walford, Gulland y Gulland – Holt.

Los valores estimados para la longitud asintótica (Tabla 41), mediante regresión lineal son muy semejantes entre si, pero al considerar la regresión no lineal estos presentan variación. Por otra parte, los valores estimados por los métodos de Gulland – Holt, Beverton – Holt y regresión no lineal para el índice catabólico, son muy semejantes. Los valores correspondientes a t_0 , estimados por Beverton – Holt, regresión no lineal y no lineal ponderada son muy distintos entre si.

Mediante los métodos de regresión lineal no pueden estimarse a la vez los tres parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy, sólo mediante regresión no lineal pueden estimarse estos; conforme a las aproximaciones de la regresión no lineal (Tabla 42), los intervalos, donde se ubica el valor correspondiente se estrechan para la regresión no lineal ponderada, el error estándar disminuye y el nivel de significancia aumenta. Por consiguiente, los valores que mejor estimación presentan para el modelo de crecimiento de von Bertalanffy son los obtenidos por la regresión no lineal ponderada.

Al comparar los modelos de crecimiento de von Bertalanffy, Gompertz y Logístico estimadas por regresión no lineal (Tabla 43), se observa que los tres se ajustan adecuadamente al crecimiento mostrado por las hembras ($r^2 = 0.999$), por consiguiente cualquiera de estos, son adecuados para describir el crecimiento (Figura 102) de las tilapias hembras presentes en la presa Emiliano Zapata.

Gráfico de Ford-Walford, $L_{\text{inf}} = 22.6055$, $K = 0.1847$

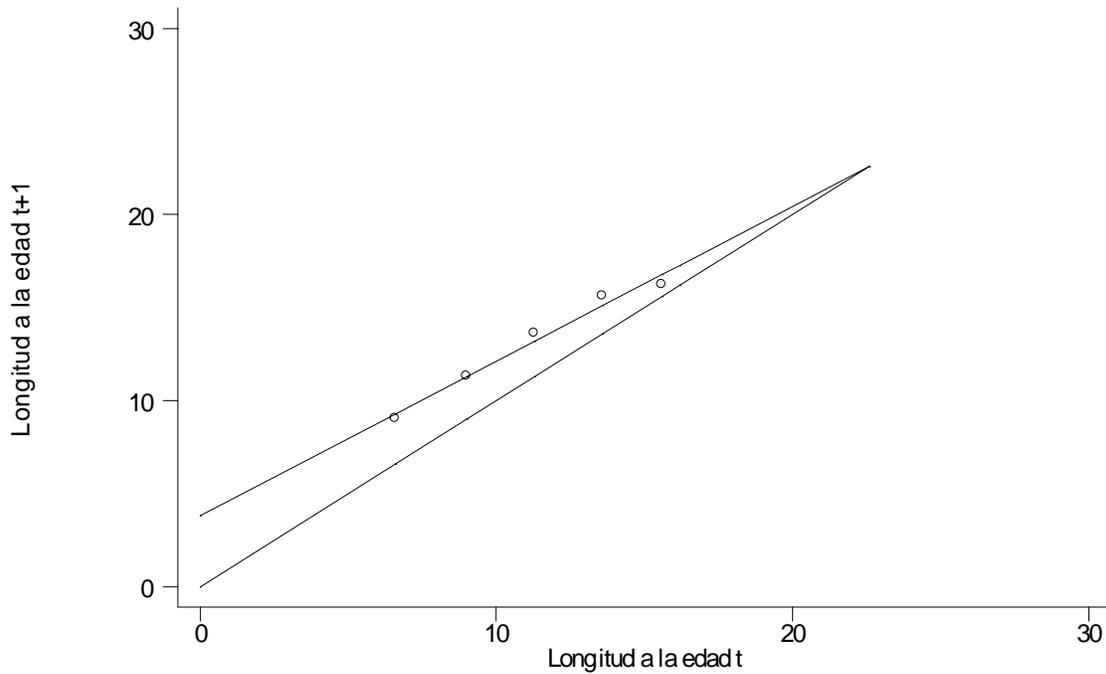


Figura 58. Gráfico de Ford – Walford, para estimar los valores de los parámetros del modelo de von Bertalanffy, conforme a la lectura de anillos de crecimiento en escamas de hembras.

Gráfico de Gulland, $L_{\text{inf}} = 22.0655$, $K = 0.1847$

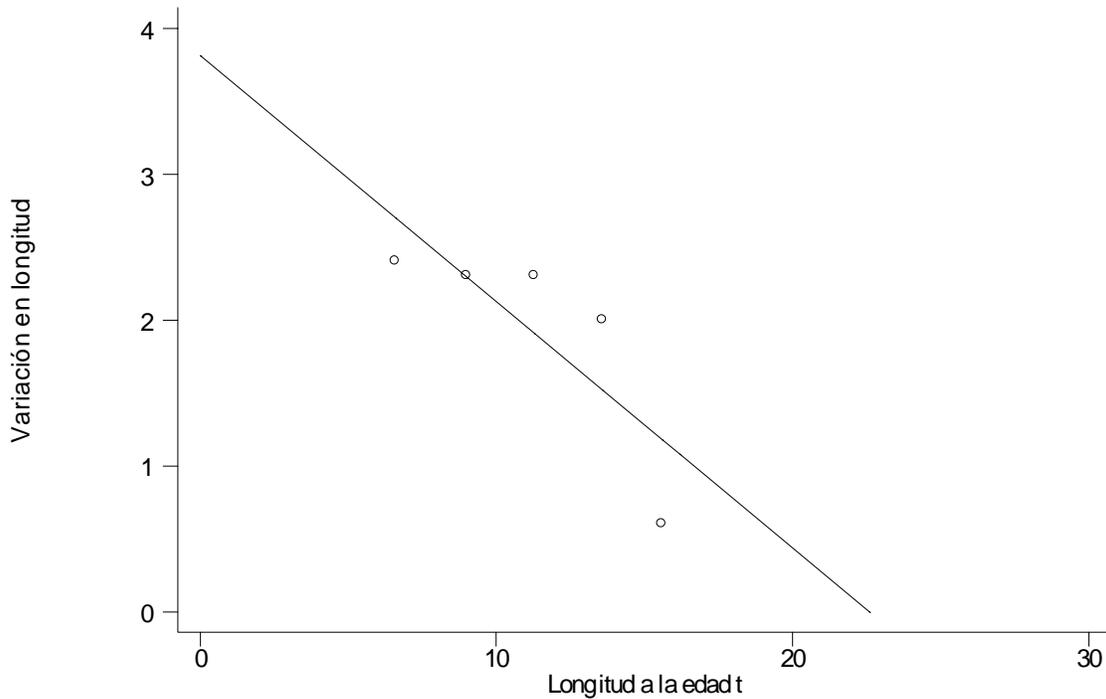


Figura 59. Gráfico de Gulland, para estimar los valores de los parámetros del modelo de von Bertalanffy, conforme a la lectura de anillos de crecimiento en escamas de hembras.

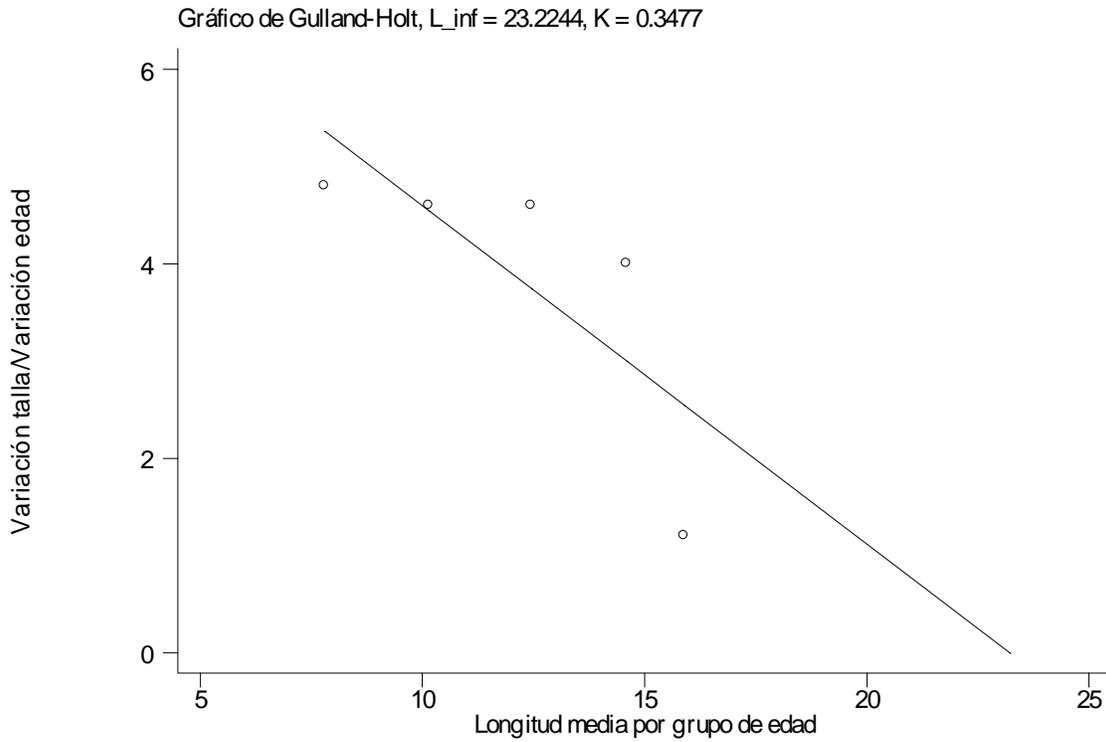


Figura 60. Gráfico de Gulland – Holt, para estimar los valores de los parámetros del modelo de von Bertalanffy, conforme a la lectura de anillos de crecimiento en escamas de hembras.

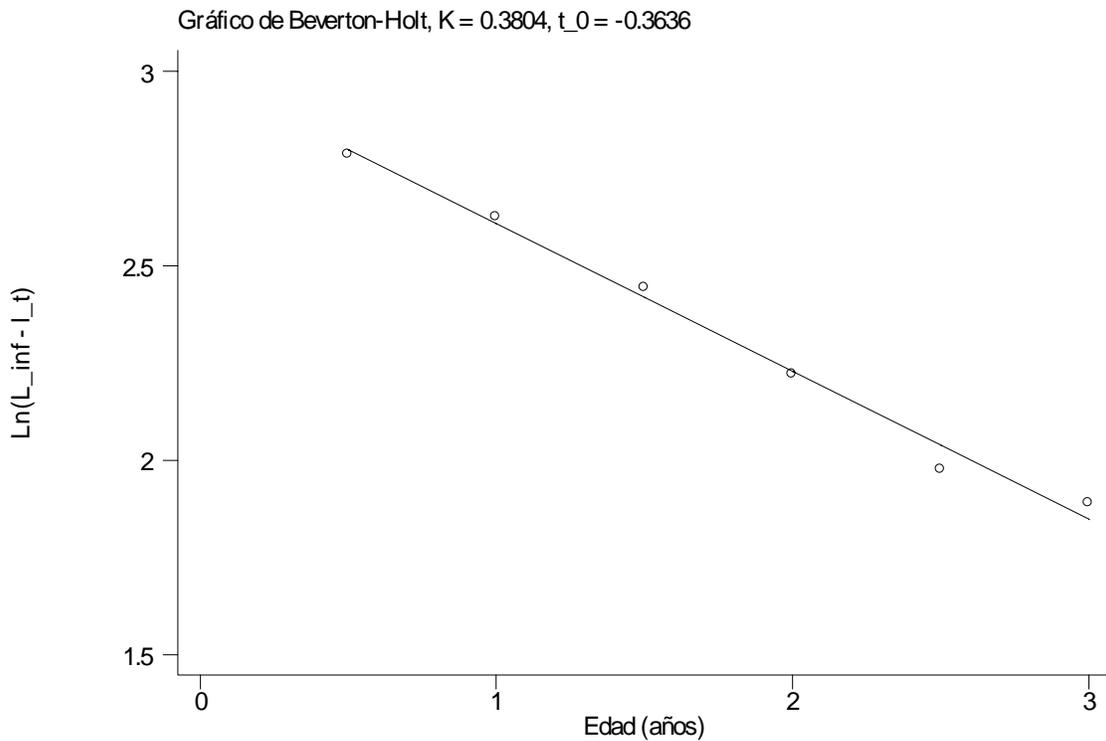


Figura 61. Gráfico de Beverton – Holt, para estimar los valores de los parámetros del modelo de von Bertalanffy, conforme a la lectura de anillos de crecimiento en escamas de hembras.

Tabla 42. Valores e intervalos estimados para los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy, conforme a la regresión no lineal y regresión no lineal ponderada, de la lectura en escamas de hembras de *Oreochromis niloticus*, provenientes de la presa Emiliano Zapata, Morelos.

Regresión no lineal						
parámetro	valor	e.s.	t	$P > t $	intervalo	
L_{∞}	24.1626	4.5976	5.26	0.013	9.5309	38.7942
K	0.3366	0.1292	2.60	0.080	- 0.0747	0.7480
t_0	- 0.4228	0.1970	- 2.15	0.121	- 1.0498	0.2041
Regresión no lineal ponderada						
parámetro	valor	e.s.	t	$P > t $	intervalo	
L_{∞}	28.6320	0.9739	29.40	0.000	26.7095	30.5545
K	0.2504	0.0141	17.79	0.000	0.2226	0.2782
t_0	- 0.5314	0.0224	- 23.69	0.000	- 0.5757	- 0.4872

Por otra parte, al considerar la edad estimada por la lectura en escamas de todas y cada una de las hembras, los modelos de crecimiento von Bertalanffy, Gompertz y Logístico pueden considerarse adecuados ($r^2 = 0.990$) para describir el crecimiento mostrado (Tabla 43).

En la Figura 63 se puede apreciar de forma gráfica el comportamiento esperado por los modelos de crecimiento de von Bertalanffy, Gompertz y Logístico, en ellos se observa, los tres son adecuados para describir el crecimiento mostrado por las tilapias hembras, corroborando así los valores para el coeficiente de determinación mostrados en la tabla 44.

Tabla 43. Valores estimados mediante regresión no lineal, para los parámetros correspondientes a los modelos de crecimiento de von Bertalanffy, Gompertz y Logístico, de la lectura en escamas de hembras de *Oreochromis niloticus*, provenientes de la presa Emiliano Zapata, Morelos.

Modelo de crecimiento	L_{∞}	K	t_0	r^2
von Bertalanffy (rnl)	24.1626	0.3367	- 0.4228	0.9995
von Bertalanffy (rnlp)	28.6320	0.2504	- 0.5314	0.9997
Gompertz	19.7950	0.7205	0.6524	0.9997
Logístico	18.2305	1.1106	1.0241	0.9998

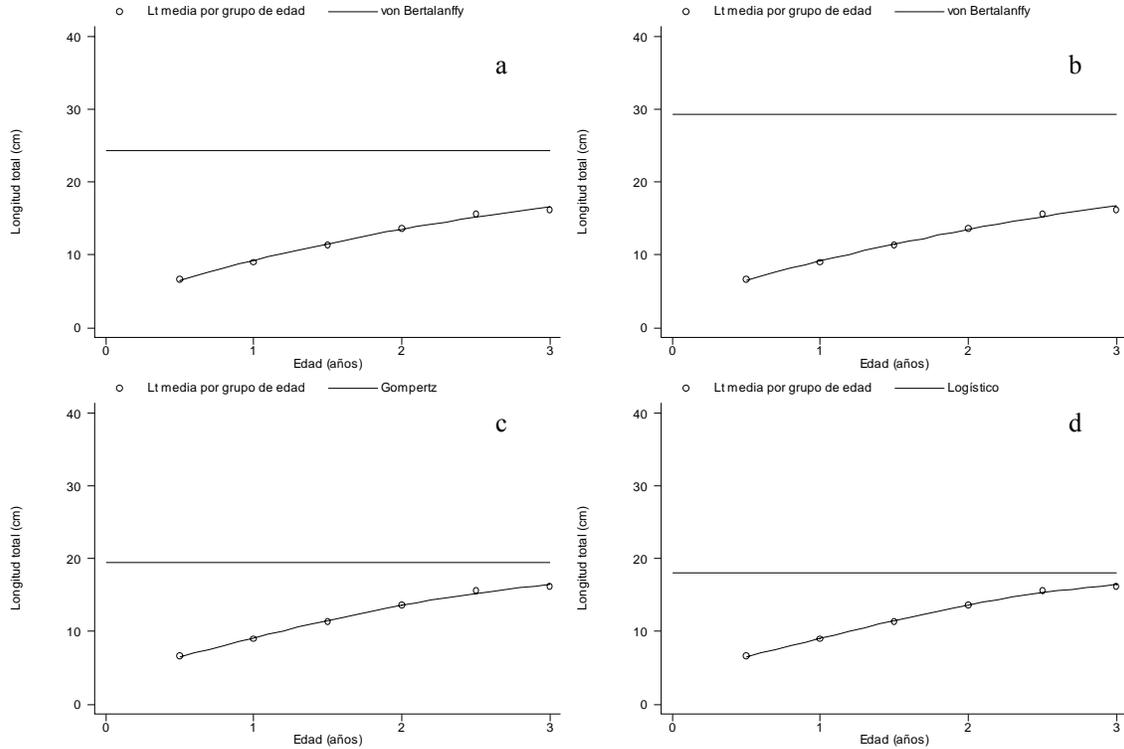


Figura 62. Valores estimados para longitud total por grupo de edad y curva de crecimiento de a). von Bertalanffy (rnl), b). von Bertalanffy (rnlp), c). Gompertz y d). Logística; de la lectura en escamas de individuos hembras de *Oreochromis niloticus*, presentes en la presa Emiliano Zapata.

Tabla 44. Valores calculados para los correspondientes parámetros de los modelos de crecimiento de von Bertalanffy, Gompertz y Logístico conforme a la edad estimada por la lectura en escamas en todos y cada uno de las hembras.

Modelo de crecimiento	L_{∞} *	K *	t_0 *	r^2
von Bertalanffy (rnl)	16.7080	3.2974	0.6133	0.9908
Gompertz	16.7012	3.5390	0.6846	0.9908
Logístico	16.6950	3.7952	0.7501	0.9908

* Los parámetros de los modelos de crecimiento no son exactamente equivalentes entre sí, por lo cual, no representan lo mismo (ver Moreau, 1987; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005); los parámetros de von Bertalanffy son conocidos, por tanto son utilizados como referencia.

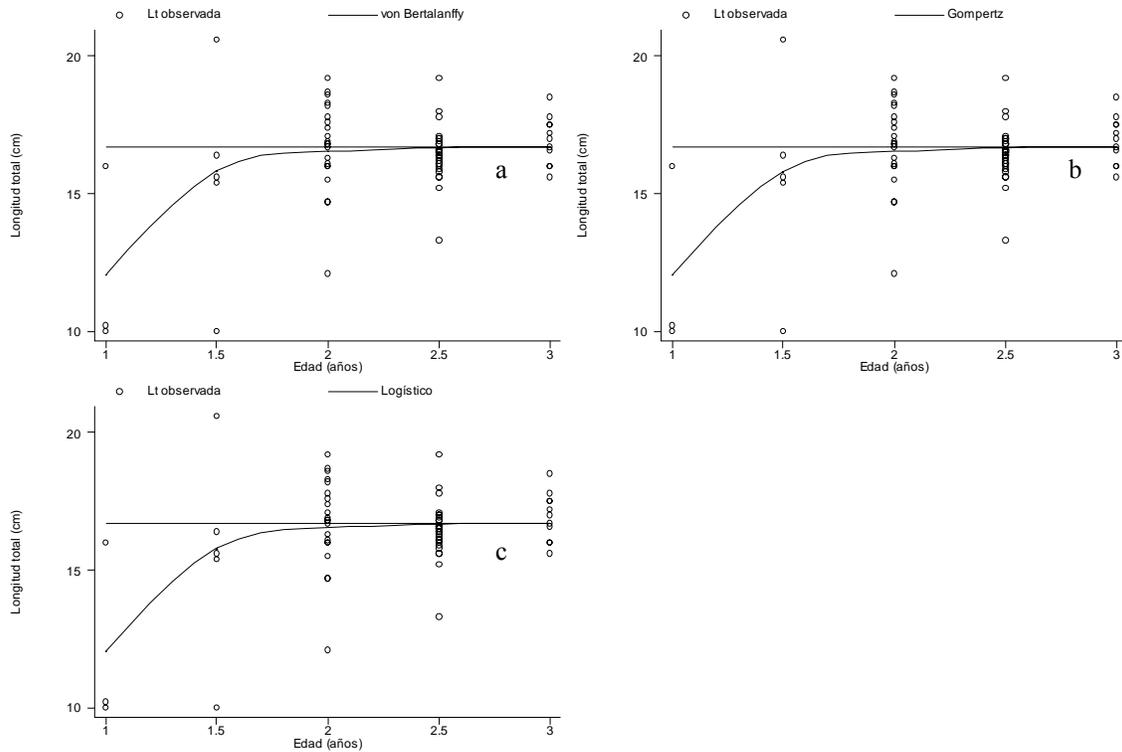


Figura 63. Tallas observadas por grupo de edad estimada por la lectura en escamas de hembras y curvas de crecimiento esperadas para a). von Bertalanffy, b). Gompertz, y c). Logística.

7.7.9. Estimación del crecimiento en peso (hembras)

Dada la relación entre peso total – longitud total y el valor de L_{∞} , se determinó un peso asintótico de 208.4574 g. Con la relación peso eviscerado – longitud total se estimó el valor de P_{∞} , 189.0392 g. Conforme a estos valores las ecuaciones de crecimiento de von Bertalanffy en longitud (L_t), peso total (P_t) y eviscerado (P_e) para hembras son:

$$\begin{aligned}
 L_t &= 24.2997[1 - \exp\{-0.3468(t + 0.4938)\}] \\
 P_t &= 205.3072[1 - \exp\{-0.3468(t + 0.4938)\}]^{2.6913} \\
 P_e &= 186.0455[1 - \exp\{-0.3468(t + 0.4938)\}]^{2.8213}
 \end{aligned}$$

Con los modelos en peso se estimaron los valores en cada grupo de edad (Tabla 45).

Edad (años)	Longitud total (cm)	Peso total (g)	Peso eviscerado (g)
0.5	6.6	6.2458	4.7812
1.0	9.0	14.3914	11.4699
1.5	11.3	26.5521	21.7975
2.0	13.6	43.7162	36.7629
2.5	15.6	63.2420	54.1400
3.0	16.2	70.0031	60.2228

7.7.10. Hembras e indeterminados

De los 13 meses de muestreo se obtuvieron 70 individuos hembras y 58 indeterminados, con los cuales, se estimó la edad por lectura de escamas, los datos obtenidos sugieren siete grupos de edad, en cada uno de ellos se determinaron los correspondientes estimadores de densidad por kernel. De tal forma se estimaron las modas correspondientes: 0.396, 1.064, 1.536, 2.048, 2.528, 2.976 y 3.124, como podrá notarse estas, tienden a ser muy próximas entre sí; además los radios 0,1,3 y 6 muestran una distribución unimodal pero los radios 2, 4 y 5 presentan una distribución bimodal por lo cual el valor considerado es el principal (Figura 64).

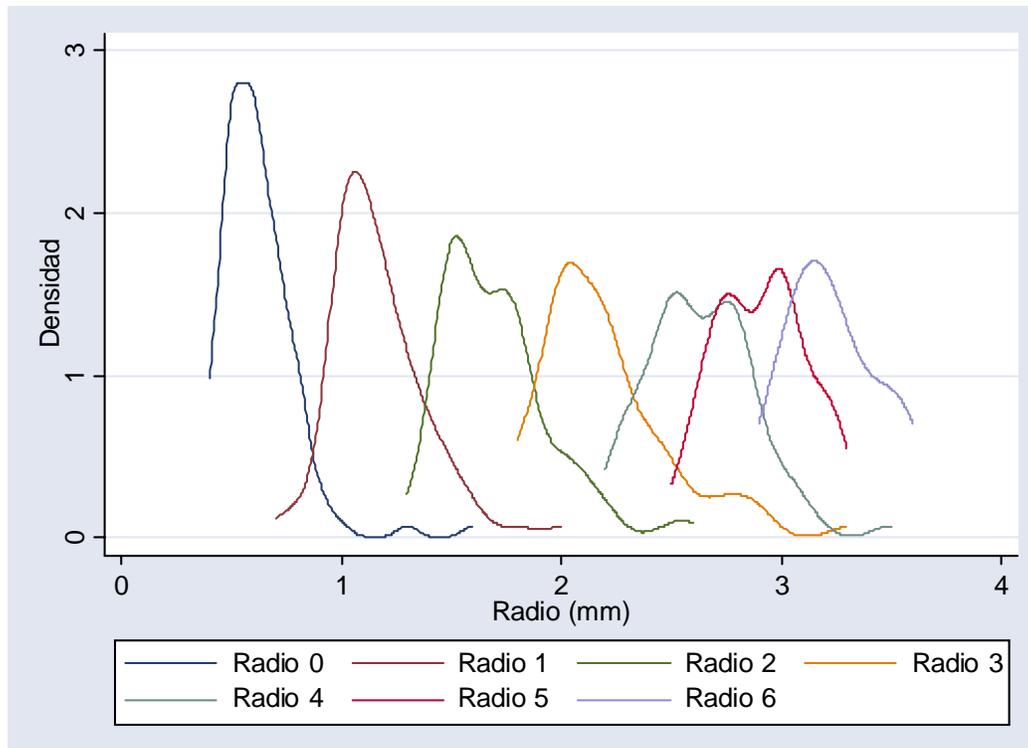


Figura 64. Estimadores de densidad por kernel gaussiano para cada uno de los anillos de crecimiento mostrado en escamas de hembras e indeterminados de *Oreochromis niloticus* provenientes de la presa "Emiliano Zapata", Morelos

De los estimadores de densidad por kernel y mediante el método de Bhattacharya (1967) se determinaron los siete componentes gaussianos, media, desviación estándar y tamaño (Tabla 46) determinados por la lectura en escamas de hembras e indeterminados.

En la Figura 65 se muestra la relación lineal estimada entre la distancia del foco en escamas de hembras e indeterminados al margen posterior (radio total o R) y los valores correspondientes a longitud total de los peces mediante análisis de regresión lineal ($r^2 = 0.9618$) y potencial ($r^2 = 0.9924$).

Conforme a la relación potencial y empleando los valores medios de radio total se estimaron los valores correspondientes a la talla del grupo de edad (Tabla 47).

Tabla 46. Componentes gaussianos para los seis anillos de crecimiento observados en la lectura de escamas de hembras e indeterminados de *Oreochromis niloticus* provenientes de la presa “Emiliano Zapata”, Morelos.

Componente	Media <i>R</i>	D. e.	Tamaño	<i>r</i> ²	Intervalo
1	0.3958	0.0307	9	1.0000	27/29
2	1.0327	0.0999	39	0.9996	16/18
3	1.5215	0.1124	36	0.9764	3/20
4	2.0072	0.1718	42	0.9927	10/16
5	2.5170	0.1417	34	0.9976	19/12
6	2.9729	0.0700	15	0.9997	30/32
7	3.1039	0.1686	8	0.9997	12/14

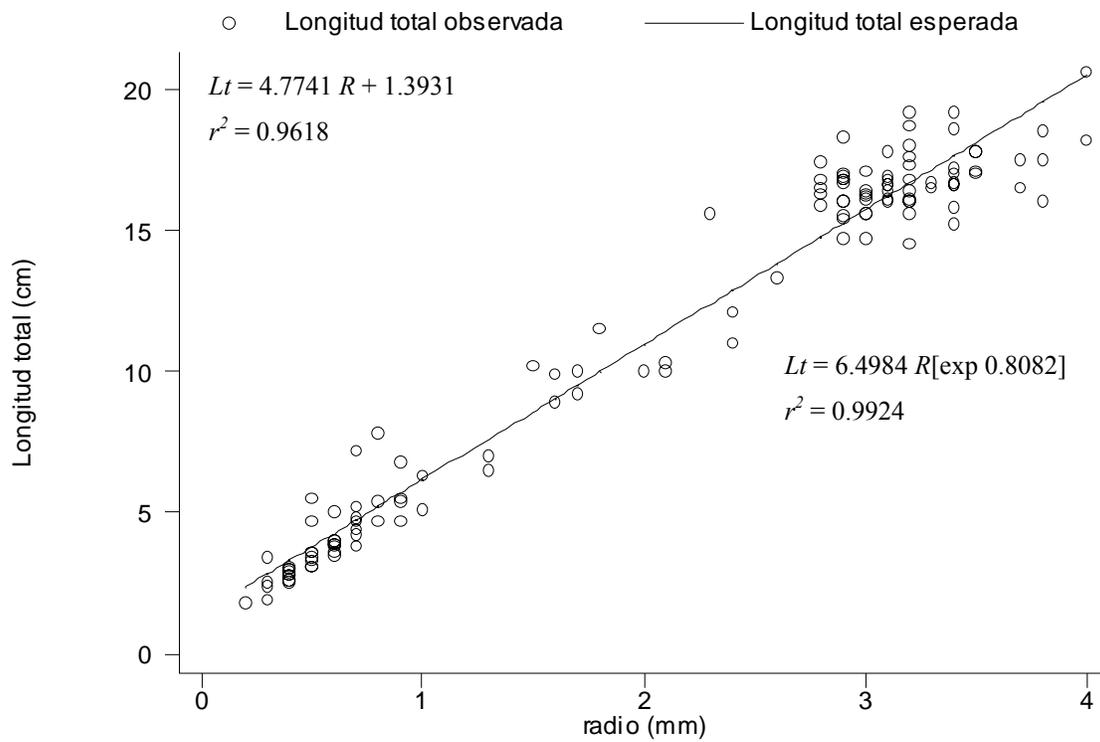


Figura 65. Regresión lineal y potencial mostrada entre la distancia del foco al margen posterior, *R*, y talla de los peces; conforme a la lectura en escamas de hembras e indeterminados de *Oreochromis niloticus* provenientes de la presa “Emiliano Zapata”, Morelos.

Tabla 47. Valores estimados para longitud total por grupo de edad (Ltge), de la regresión potencial mostrada entre radio total y talla en de hembras e indeterminados $Lt = 6.4984R [\exp 0.8082]$.

Edad (años)	Media R	Ltge	T.C.
0.0	0.3958	3.1	3.6
0.5	1.0327	6.7	2.4
1.0	1.5215	9.1	2.5
1.5	2.0072	11.6	2.1
2.0	2.5170	13.7	2.1
2.5	2.9729	15.8	1.2
3.0	3.1039	17.0	

Con estos valores se calcularon los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy mediante métodos de regresión lineal y no lineal (Tabla 48 y Figuras 66, 67, 68 y 69).

Los valores estimados para la longitud asintótica, mediante regresión lineal son muy semejantes entre si, pero al considerar la regresión no lineal estos presentan variación. Por otra parte, los valores estimados para el índice catabólico y t_0 son muy variados.

Tabla 48. Valores estimados mediante métodos de regresión lineal y no lineal, para los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy en hembras e indeterminados de *Oreochromis niloticus* provenientes de la presa “Emiliano Zapata”, Morelos.

Tipo de regresión	Método	L_{∞}	K	t_0	r^2
lineal	Ford – Walford	24.9515	0.1684		0.9948
	Gulland	24.9515	0.1684		0.8657
	Gulland – Holt	25.1489	0.3312		0.8424
	Beverton – Holt	*25.0173	0.3380	- 0.3805	0.9983
no lineal	Simple	26.7602	0.2977	- 0.4260	0.9998
	Ponderada	28.6645	0.2627	- 0.4804	0.9998

* Valor estimado del promedio entre Ford – Walford, Gulland y Gulland – Holt.

Mediante los métodos de regresión lineal no pueden estimarse a la vez los tres parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy, sólo mediante regresión no lineal pueden estimarse estos; conforme a las aproximaciones de la regresión no lineal (Tabla 49), los intervalos, donde se ubica el valor correspondiente se estrechan para la regresión no lineal ponderada, el error estándar disminuye y el nivel de significancia aumenta. Por consiguiente, los valores que mejor estimación presentan para la función de crecimiento de von Bertalanffy son los obtenidos por la regresión no lineal ponderada.

Gráfico de Ford-Walford, $L_{\text{inf}} = 24.9515$, $K = 0.1684$

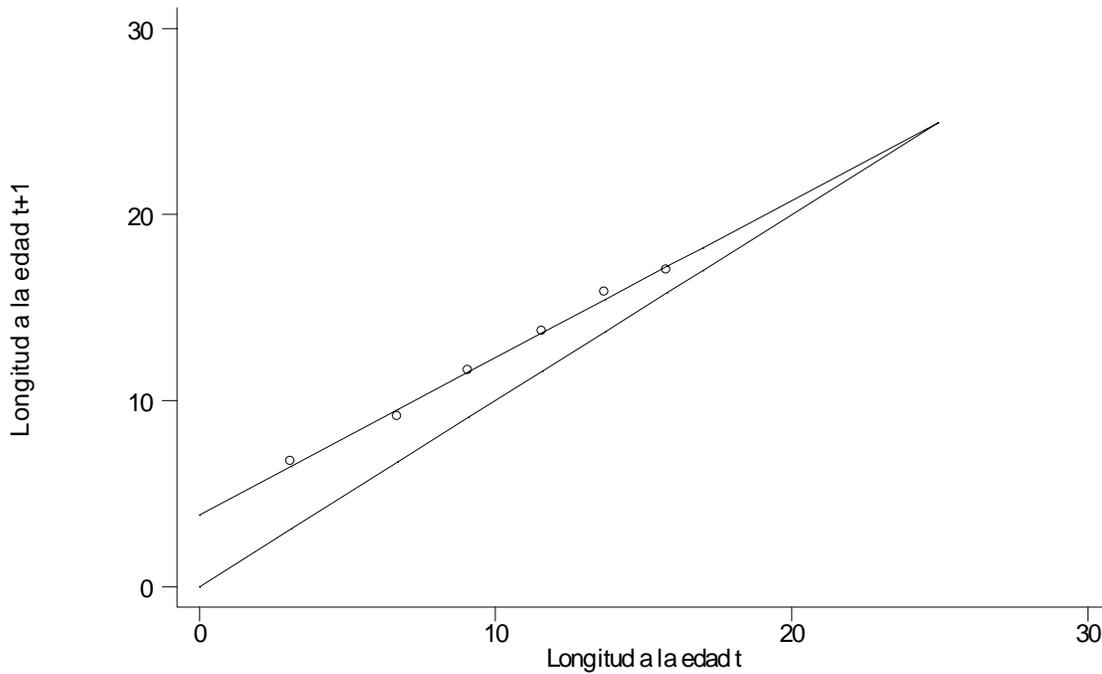


Figura 66. Gráfico de Ford – Walford, para estimar los valores de los parámetros de la función de von Bertalanffy, conforme a la lectura de anillos de crecimiento en escamas de machos e indeterminados.

Gráfico de Gulland, $L_{\text{inf}} = 24.9515$, $K = 0.1684$

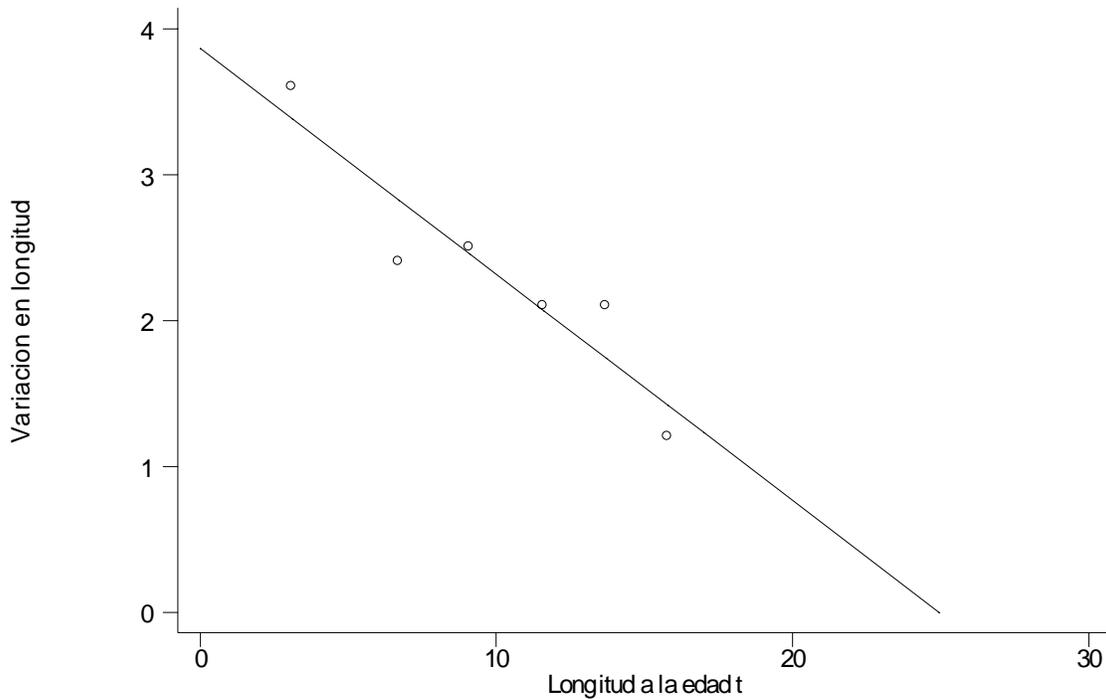


Figura 67. Gráfico de Gulland, para estimar el valor de los parámetros del modelo de von Bertalanffy, conforme a la lectura de anillos de crecimiento en escamas de hembras e indeterminados

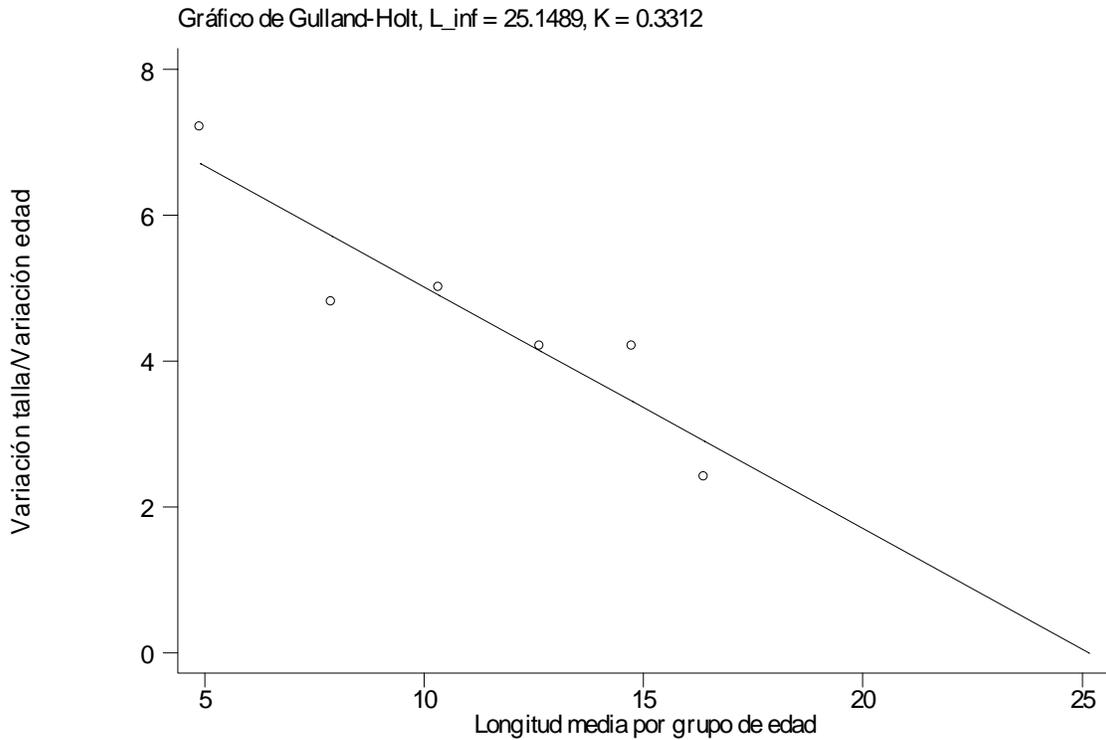


Figura 68. Gráfico de Gulland – Holt, para estimar los valores de los parámetros del modelo de von Bertalanffy, conforme a la lectura de anillos de crecimiento en escamas de hembras e indeterminados.

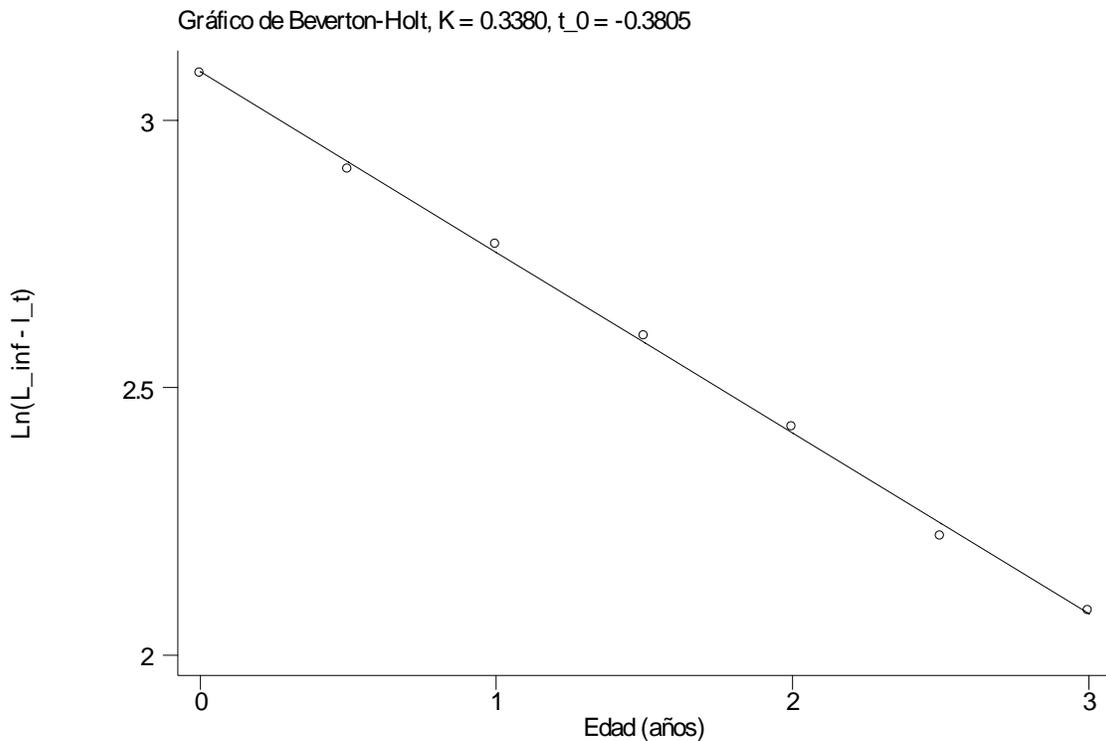


Figura 69. Gráfico de Beverton – Holt, para estimar los valores de los parámetros del modelo de von Bertalanffy, conforme a la lectura de anillos de crecimiento en escamas de hembras e indeterminados.

Tabla 49. Valores e intervalos estimados para los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy, conforme a la regresión no lineal y regresión no lineal ponderada, de la lectura en escamas de hembras e indeterminados de *Oreochromis niloticus*, provenientes de la presa Emiliano Zapata, Morelos.

Regresión no lineal						
parámetro	valor	e.s.	t	$P> t $	intervalo	
L_{∞}	26.7602	2.1178	12.64	0.000	20.8801	32.6402
K	0.2977	0.0404	7.36	0.002	0.1854	0.4100
t_0	- 0.4260	0.0458	- 9.30	0.001	- 0.5532	- 0.2987
Regresión no lineal ponderada						
parámetro	valor	e.s.	t	$P> t $	intervalo	
L_{∞}	28.6645	0.5171	55.44	0.000	27.6442	29.6849
K	0.2627	0.0076	34.40	0.000	0.2476	0.2778
t_0	- 0.4804	0.0100	- 47.70	0.000	- 0.5002	- 0.4605

Al comparar los modelos de crecimiento de von Bertalanffy, Gompertz y Logístico estimados por regresión no lineal (Tabla 50), se observa que los tres se ajustan adecuadamente al crecimiento mostrado por hembras e indeterminados ($r^2 = 0.99$), por consiguiente cualquiera de estos, son adecuados para describir el crecimiento (Figura 70) de las tilapias hembras e indeterminados presentes en la presa Emiliano Zapata.

Tabla 50. Valores estimados mediante regresión no lineal, para los parámetros correspondientes a los modelos de crecimiento de von Bertalanffy, Gompertz y Logístico, de la lectura en escamas de hembras e indeterminados.

Modelo de crecimiento	L_{∞}	K	t_0	r^2
von Bertalanffy (rnl)	26.7602	0.2977	- 0.4260	0.9998
von Bertalanffy (rnlp)	28.6645	0.2627	- 0.4804	0.9998
Gompertz	19.8628	0.7961	0.6930	0.9995
Logístico	18.1663	1.2832	1.0350	0.9989

Por otra parte, al considerar la edad estimada por la lectura en escamas de todas y cada una de las hembras e indeterminados, los modelos de crecimiento von Bertalanffy, Gompertz y Logístico (Tabla 51) presentan un buen ajuste ($r^2 = 0.9$) para la descripción del crecimiento.

En la Figura 71 se puede apreciar de forma gráfica el comportamiento esperado por los modelos de crecimiento de von Bertalanffy, Gompertz y Logístico, así los tres presentan un buen ajuste en la descripción del crecimiento mostrado por las tilapias hembras e indeterminados, corroborando así lo desplegado por los valores del coeficiente de determinación (Tabla 51)

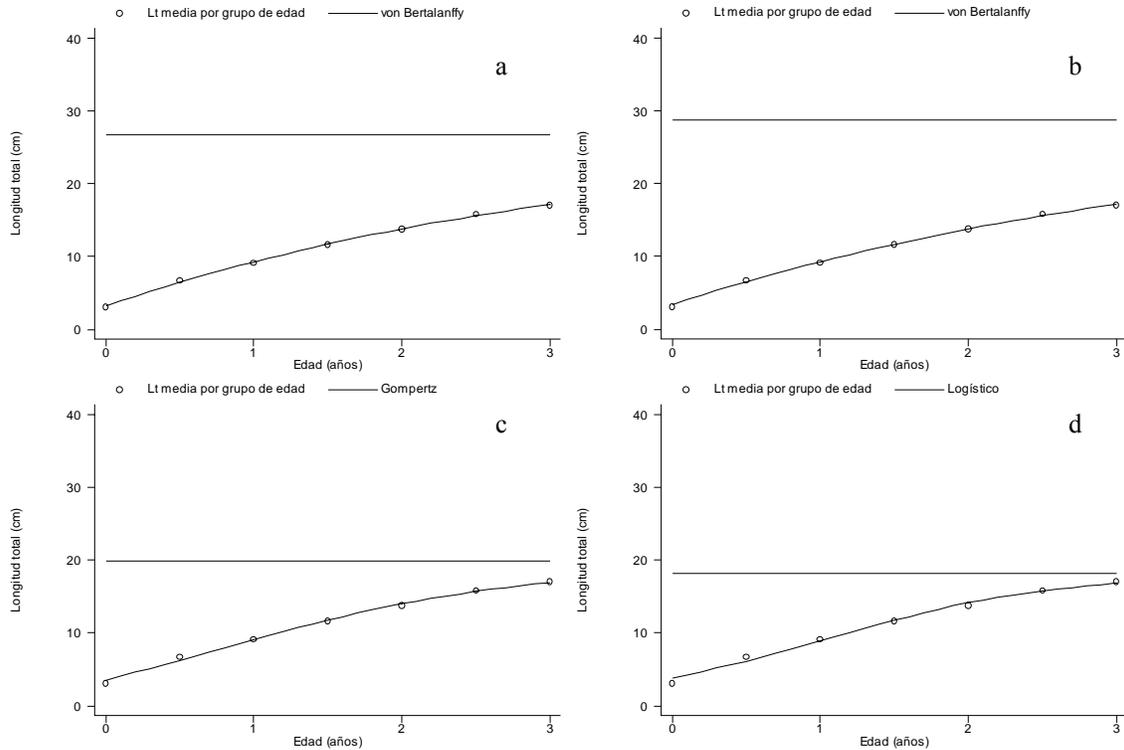


Figura 70. Valores estimados para longitud total por grupo de edad y curva de crecimiento de a). von Bertalanffy (rnl), b). von Bertalanffy (rnlp), c). Gompertz y d). Logística; de la lectura en escamas de hembras e indeterminados para *Oreochromis niloticus*, presentes en la presa Emiliano Zapata.

Tabla 51. Valores calculados para los correspondientes parámetros de los modelos de crecimiento de von Bertalanffy, Gompertz y Logístico conforme a la edad estimada por la lectura en escamas en todos y cada uno de las hembras e indeterminados.

Modelo de crecimiento	L_{∞} *	K *	t_0 *	r^2
von Bertalanffy (rnl)	22.9231	0.4882	- 0.2131	0.9790
Gompertz	18.1994	1.3412	0.5723	0.9834
Logística	17.2114	2.2460	0.8188	0.9856

* Los parámetros de los modelos de crecimiento no son exactamente equivalentes entre sí, por lo cual, no representan lo mismo (ver Moreau, 1987; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005); los parámetros de von Bertalanffy son conocidos, por tanto son utilizados como referencia.

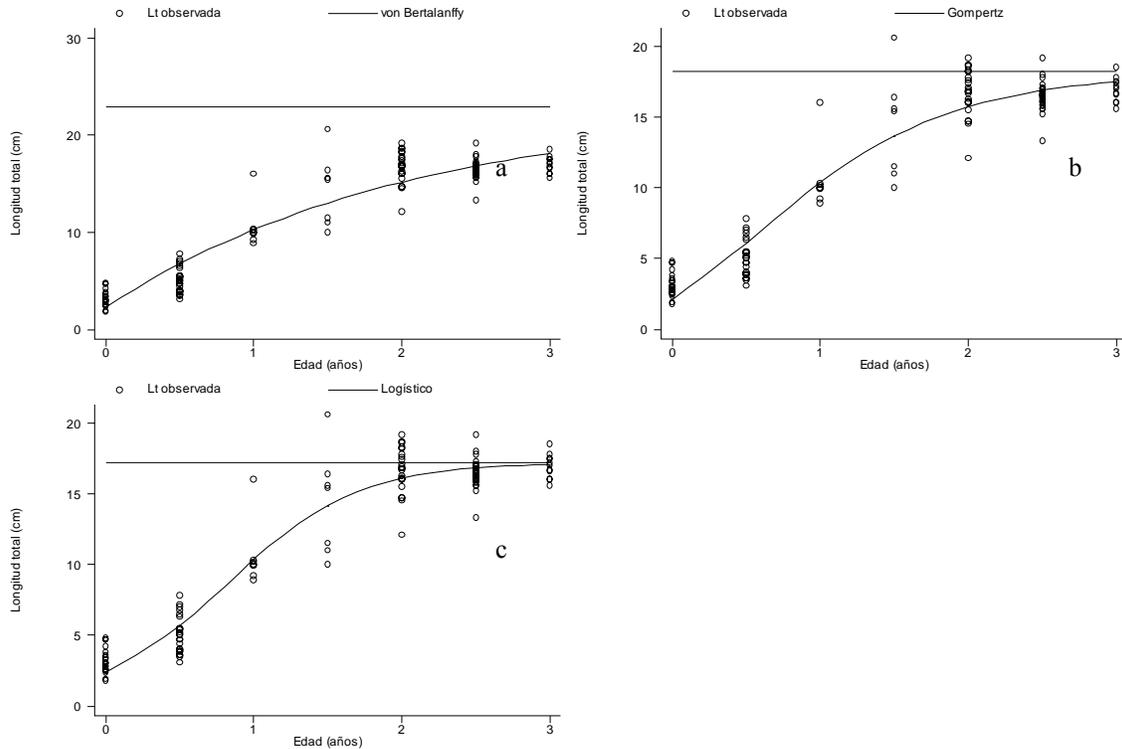


Figura 71. Tallas observadas por grupo de edad estimada por la lectura en escamas de hembras e indeterminados y curvas de crecimiento esperadas para a). von Bertalanffy, b). Gompertz y c). Logística.

7.7.11. Estimación del crecimiento en peso (hembras e indeterminados)

Conforme a la relación peso total – longitud total ($P_t = 0.0373L_t[\exp 2.7137]$, $r^2 = 0.9929$) y el valor para la longitud asintótica, se estimó el peso infinito, 278.9245 g. Dada la ecuación entre peso eviscerado – longitud total ($P_e = 0.0198L_t[\exp 2.8891]$, $r^2 = 0.9924$) se calculó P_∞ , 263.5267. Con estos valores las ecuaciones de crecimiento en longitud (L_t), peso total (P_t) y eviscerado (P_e); de von Bertalanffy para hembras e indeterminados quedan:

$$L_t = 26.7602[1 - \exp\{-0.2977(t + 0.4260)\}]$$

$$P_t = 274.4842[1 - \exp\{-0.2977(t + 0.4260)\}]^{2.7370}$$

$$P_e = 251.2628[1 - \exp\{-0.2977(t + 0.4260)\}]^{2.8567}$$

Tabla 52. Valores estimados para longitud total, peso total y eviscerado por grupo de edad, determinados por la lectura de anillos de crecimiento en escamas de hembras.

Edad (años)	Longitud total (cm.)	Peso total (g)	Peso eviscerado (g)
0.0	3.1	0.7522	0.5320
0.5	6.7	6.2008	4.8091
1.0	9.1	14.3343	11.5322
1.5	11.6	27.8548	23.0705
2.0	13.7	43.9221	37.1098
2.5	15.8	64.8938	55.7729
3.0	17.0	79.2899	68.7453

7.7.12. Pruebas estadísticas para comparación de modelos de crecimiento en escamas

De las lecturas de anillos de crecimiento en escamas y conforme a las estimaciones de los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy por sexos se observaron variaciones en los valores correspondientes (Tabla 53). Por lo cual, se realizaron las pruebas T^2 de Hotelling y razón de verosimilitud para comparación de modelos de crecimiento.

Tabla 53. Valores estimados por regresión no lineal para los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy por sexos

Parámetro/sexo	Todos los organismos	Machos	Machos e indeterminados	Hembras	Hembras e indeterminados
L_{∞}	27.6751	29.9287	24.2997	24.1626	26.7602
K	0.2788	0.2436	0.3468	0.3366	0.2977
t_0	- 0.4249	- 0.5034	- 0.4938	- 0.4228	- 0.4260

Los resultados de la prueba T^2 de Hotelling indican que no hay diferencias significativas (Tabla 54) entre los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy para machos y hembras. Dado que el valor del estadígrafo calculado es mayor al de tablas.

Tabla 54. Prueba T^2 de Hotelling (Bernard, 1981) para comparación de los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy, para machos y hembras, conforme a la lectura en escamas.

matriz varianza – covarianza (S)			matriz inversa de varianza – covarianza		
0.0275			276.9788		
0.0160	0.0108		- 443.5056	1479.1440	
- 0.6934	- 0.4724	23.4158	- 0.7452	16.7063	0.3576
5.7661	- 0.0931	- 0.0805	= [P1 - P2]'		
$T^2 = 7.8384$		T^2 0.01: 3,8 = 28.4662		F 0.01: 3,8 = 7.5910	
Los modelos de crecimiento no son diferentes con intervalo de confianza de 99%					

Por otra parte, la prueba de razón de verosimilitud (Tabla 55) para los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy entre machos y hembras tampoco muestra diferencias significativas, por lo cual machos y hembras crecen de igual forma. Pues ninguno de los parámetros muestra diferencias significativas ($P > 0.05$).

Tabla 55. Pruebas de razón de verosimilitud (Kimura, 1980) para los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy para machos (1) y hembras (2), conforme a la lectura en escamas.

Restricciones lineales	Modelos equivalentes	S.c.r.	χ^2 Calc.	g.l.	P
ninguna	$L_{1j} = 29.9287[1 - \exp\{-0.2436(t_{1j} + 0.5034)\}]$ $L_{2j} = 24.1626(1 - \exp(-0.3366(t_{2j} + 0.4228)))$	0.6057239			
$L_{\infty 1} = L_{\infty 2}$	$L_{1j} = 26.8327(1 - \exp(-0.2954(t_{1j} + 0.4248)))$ $L_{2j} = 26.8327(1 - \exp(-0.2756(t_{2j} + 0.5136)))$	0.6723727	1.2526	1	0.2630
$K_1 = K_2$	$L_{1j} = 27.2297(1 - \exp(-0.2881(t_{1j} + 0.1366)))$ $L_{2j} = 26.1659(1 - \exp(-0.2881(t_{2j} + 0.4966)))$	0.6504282	0.8545	1	0.3553
$t_{01} = t_{02}$	$L_{1j} = 28.5351(1 - \exp(-0.2654(t_{1j} + 0.4622)))$ $L_{2j} = 25.0012(1 - \exp(-0.3135(t_{2j} + 0.4622)))$	0.6177887	0.2366	1	0.6266
$L_{\infty 1} = L_{\infty 2}$ $K_1 = K_2$ $t_{01} = t_{02}$	$L_j = 26.6307(1 - \exp(-0.2894(t_{1j} + 0.4617)))$	0.9196652	5.0110	3	0.1710

Al considerar los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy para machos e indeterminados y hembras e indeterminados, la prueba de razón de verosimilitud (Tabla 56) indica que en general, los modelos podrían ser diferentes, dado que el estadígrafo calculado es mayor al de tablas, pero al analizar cada uno de los parámetros del modelo, ninguno de ellos es diferente, pues en todos el cero está incluido.

Tabla 56. Prueba T^2 de Hotelling (Bernard, 1981) para comparación de los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy, para machos e indeterminados y hembras e indeterminados, conforme a la lectura en escamas.

matriz varianza – covarianza (S)			matriz inversa de varianza – covarianza		
0.0024			1902.9482		
0.0018	0.0018		- 4400.3727	20761.9639	
- 0.0714	- 0.0802	3.6445	- 59.5243	370.6213	7.2634
- 2.4604	0.0492	- 0.0678	= [P1 - P2]'		
$T^2 = 79.5624$		$T^2 0.01: 3,10 = 23.5883$		$F 0.01: 3,10 = 6.5523$	
intervalo de confianza de 99%			F crítica		
- 7.4165	$\leq L_{\infty 1} - L_{\infty 2} \leq$	2.4956	1.6149		
- 0.0628	$\leq K_1 - K_2 \leq$	0.1611	1.2643		
- 0.1958	$\leq t_{01} - t_{02} \leq$	0.0602	1.8388		

La prueba de razón de verosimilitud para machos e indeterminados y hembras e indeterminados (Tabla 57) entre los modelos de crecimiento indican que entre estos hay diferencias significativas ($P = 0.0017$), pero al analizar cada uno de los parámetros, ninguno de estos muestra diferencias significativas ($P > 0.05$).

Tabla 57. Pruebas de razón de verosimilitud (Kimura, 1980) para comparación de los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy, para machos y hembras, conforme a la lectura en escamas.

restricciones lineales	modelos equivalentes	s.c.r.	χ^2 Calc.	g.l.	P
ninguna	$L_{1j} = 24.2997(1 - \exp(-0.3468(t_{1j} + 0.4938)))$ $L_{2j} = 26.7602(1 - \exp(-0.2977(t_{2j} + 0.4260)))$	0.3731893			
$L_{\infty 1} = L_{\infty 2}$	$L_{1j} = 25.4809(1 - \exp(-0.3176(t_{1j} + 0.5216)))$ $L_{2j} = 25.4809(1 - \exp(-0.3240(t_{2j} + 0.4039)))$	0.4124995	1.4021	1	0.2364
$K_1 = K_2$	$L_{1j} = 25.3190(1 - \exp(-0.3208(t_{1j} + 0.5202)))$ $L_{2j} = 25.6447(1 - \exp(-0.3208(t_{2j} + 0.4049)))$	0.4034063	1.0900	1	0.2964
$t_{01} = t_{02}$	$L_{1j} = 23.5102(1 - \exp(-0.3721(t_{1j} + 0.4607)))$ $L_{2j} = 28.0687(1 - \exp(-0.2729(t_{2j} + 0.4607)))$	0.4173604	1.5661	1	0.2108
$L_{\infty 1} = L_{\infty 2}$ $K_1 = K_2$ $t_{01} = t_{02}$	$L_j = 25.4553(1 - \exp(-0.3214(t_j + 0.4611)))$	1.1022970	15.1629	3	0.0017

7. RESULTADOS

7.8. Estimación de la edad y el crecimiento mediante la lectura de otolitos sagittae

7.8.1. Periodicidad de marcas de crecimiento en otolitos

De la lectura de anillos de crecimiento en otolitos se determinó y calculó la *razón de incremento marginal* (Hyndes *et al.*, 1992), definida como la distancia entre el borde exterior del anillo y el margen y fue expresada como a) la distancia entre el foco y el borde exterior del anillo cuando sólo se detecto un anillo o b). Como la proporción de la distancia entre los dos bordes externos de los dos últimos anillos, cuando se detectaron dos o más de anillos.

Con los valores estimados se procedió a utilizar los estimadores de densidad por kernel gaussiano con amplitud de banda óptima, para determinar el valor correspondiente de la moda principal. Se graficó moda de razón de incremento marginal por mes de muestreo (Figura 72) observándose dos periodos de formación de nuevos anillos, uno sucede entre enero – febrero y otro en septiembre, por lo cual los anillos se formarían tanto en época de secas como a fines de la época de lluvias.

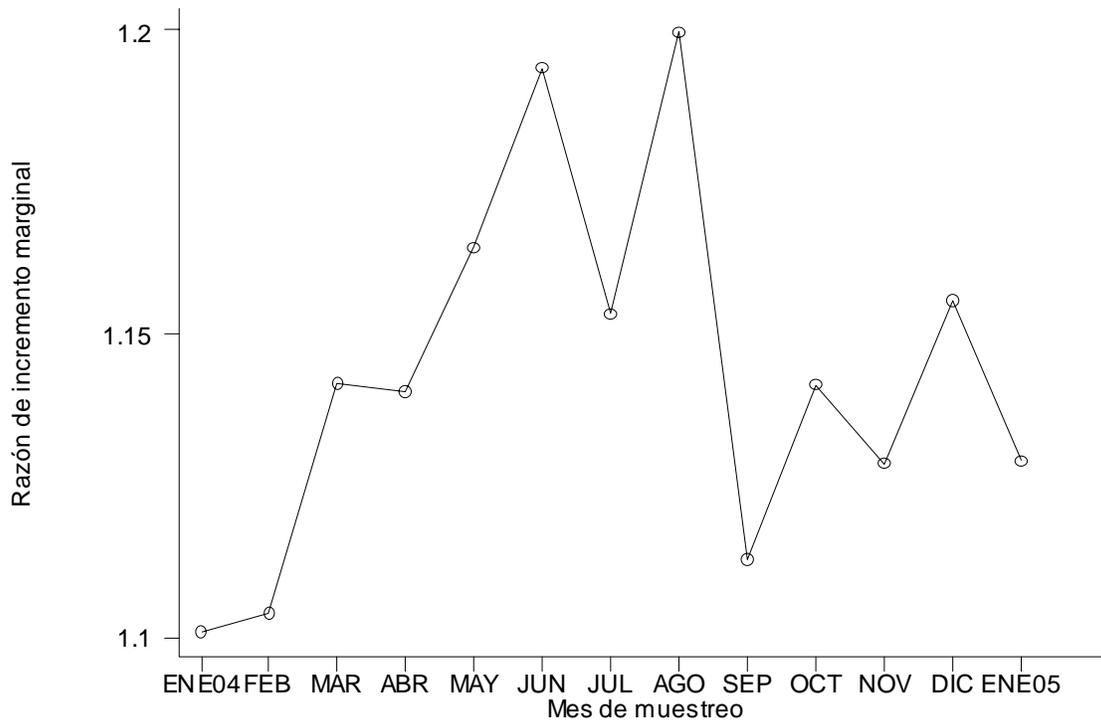


Figura 72. Valores modales determinados por estimadores de densidad por kernel gaussiano con amplitud de banda óptima por mes de muestreo, para la razón de incremento marginal.

8. RESULTADOS

7.8. Estimación de la edad y el crecimiento mediante la lectura de otolitos

7.8.2. Todos los organismos

De los 13 meses de muestreo se capturaron individuos los cuales corresponden a la extracción por atarraya y el resto por chinchorro, así se obtuvieron pares de otolitos con los cuales se estimó la edad. Los datos obtenidos sugieren siete grupos de edad; en cada uno de ellos se determinaron los correspondientes estimadores de densidad kernel, con los que pudieron determinarse las modas correspondientes: 0.544, 1.300, 2.016, 2.800, 3.300, 3.800 y 4.032, como podrá notarse la distribución en general de los radios es unimodal con tendencia a disminuir la distancia existente o mostrada entre cada uno de los anillos de crecimiento (Figura 73).

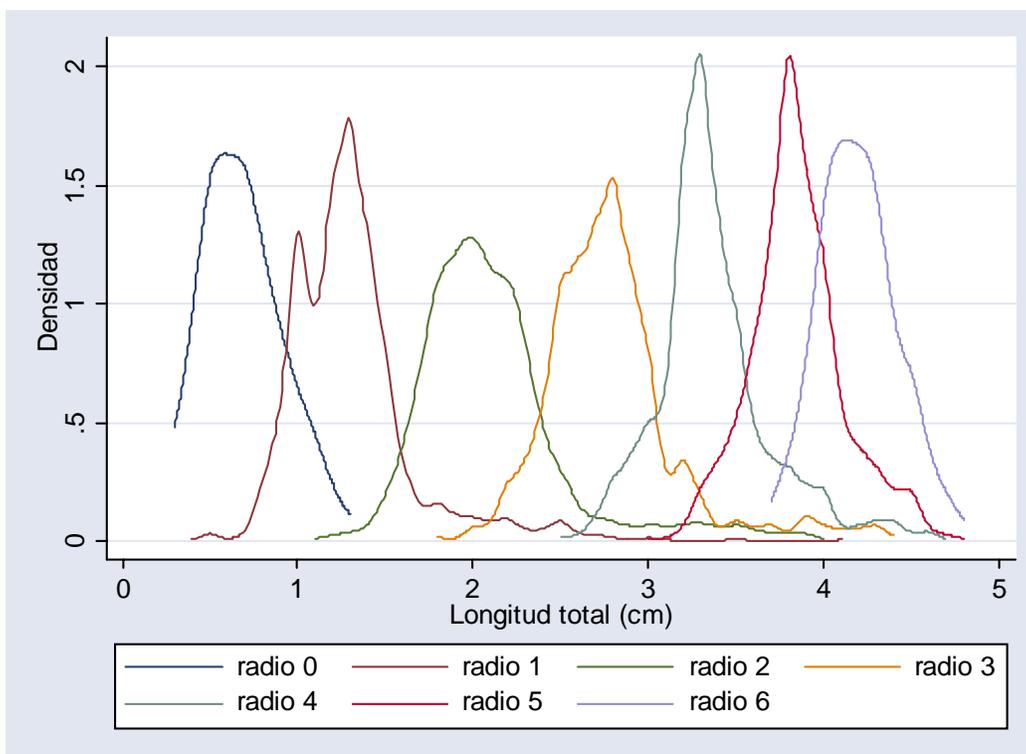


Figura 73 Estimadores de densidad por kernel gaussiano para cada uno de los anillos de crecimiento mostrado en otolitos sagittae de *Oreochromis niloticus* provenientes de la presa “Emiliano Zapata”.

Mediante los estimadores de densidad kernel para los anillos determinados por la lectura de otolitos se calcularon cada uno de los siete componentes gaussianos (Tabla 58) a través del método de Bhattacharya (1967).

En la Figura 74 se muestra la relación lineal estimada entre la distancia del foco al margen rostrum (R) de los otolitos y los valores correspondientes a longitud total de los peces mediante análisis de regresión lineal ($r^2 = 0.9399$) y potencial ($r^2 = 0.9761$).

Conforme a la relación potencial y los valores determinados para las medias de los anillos observados en otolitos se calcularan las tallas para cada grupo de edad (Tabla 59)

Tabla 58. Componentes gaussianos para los siete anillos de crecimiento observados en la lectura de otolitos de *Oreochromis niloticus* provenientes de la presa “Emiliano Zapata”.

Componente	Media R	D. E.	Tamaño	r^2
1	0.6173	0.2069	64	0.9928
2	1.2786	0.1474	639	0.9281
3	2.0391	0.2607	766	0.8944
4	2.7706	0.2174	710	0.9047
5	3.2803	0.1155	518	0.9471
6	3.8075	0.0934	319	0.9669
7	4.0458	0.1308	78	0.9844

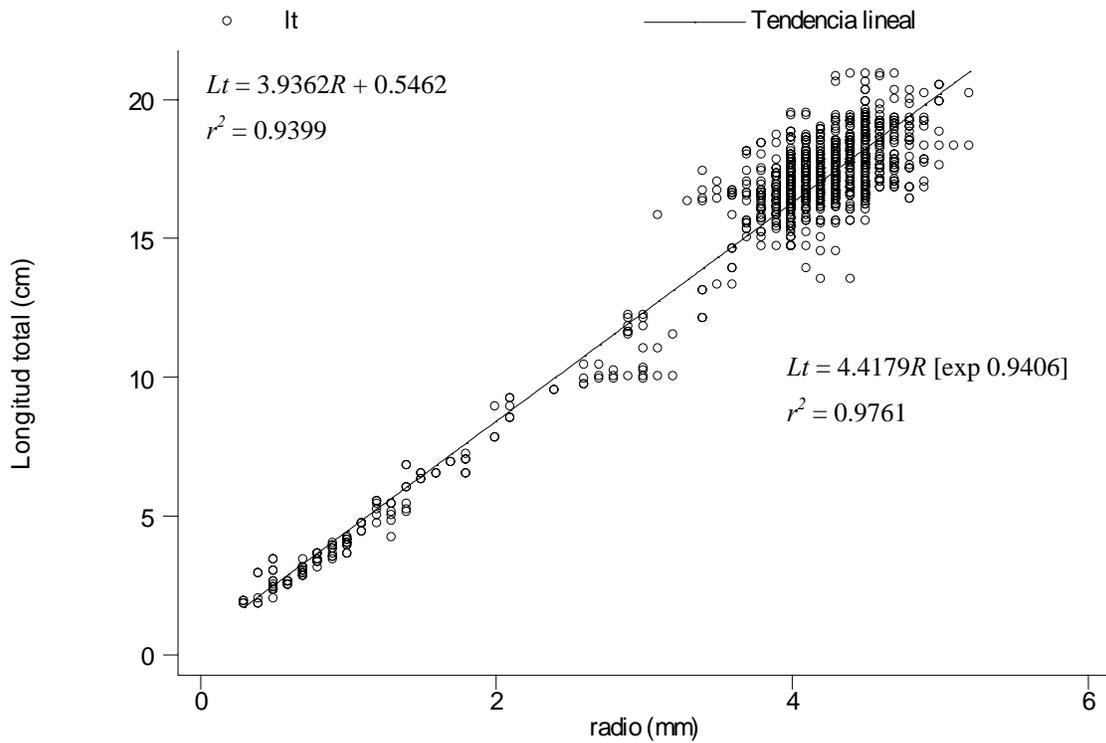


Figura 74. Regresión lineal y potencial mostrada entre la distancia del foco al margen rostrum, R , y talla de los peces; conforme a la lectura en otolitos de *Oreochromis niloticus* provenientes de la presa “Emiliano Zapata”, Morelos.

Tabla 59. Valores estimados para longitud total por grupo de edad (Ltge), de la regresión potencial mostrada entre radio total (Media R) y talla de los peces $L_t = 4.4179R [\exp 0.9406]$.

Edad (años)	Media R	Ltge	T.C.
0.0	0.6173	2.8	2.8
0.5	1.2786	5.6	3.0
1.0	2.0391	8.6	2.9
1.5	2.7706	11.5	2.0
2.0	3.2803	13.5	2.0
2.5	3.8075	15.5	0.9
3.0	4.0458	16.4	

Con estos datos se calcularon los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy, por medio de los métodos de regresión lineal y no lineal (Tabla 60 y Figuras 75, 76, 77 y 78). Los valores mostrados para la longitud asintótica son muy semejantes en todos los métodos (25 cm. longitud total); en tanto que para el índice catabólico los valores muestran dispersión (0.1 a 0.3), los valores estimados para t_0 muestran poca variabilidad (0.25 a 0.33). Cabría mencionar, en comparación con los valores reportados por la lectura en escamas los calculados por la lectura de otolitos son menos variantes y más resistentes, dado que durante el procesamiento de los datos de escamas estos mostraron variación al incluir o extraer grupos de edad, situación que no sucedió con otolitos.

Tabla 60. Valores estimados mediante métodos de regresión lineal y no lineal, para los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy en otolitos de *Oreochromis niloticus* provenientes de la presa “Emiliano Zapata”.

Tipo de regresión	Método	L_∞	K	t_0	r^2
lineal	Ford – Walford	25.3482	0.1552		0.9906
	Gulland	25.3482	0.1552		0.7472
	Gulland – Holt	25.7724	0.3011		0.7071
	Beverton – Holt	*25.4896	0.3189	- 0.3359	0.9957
no lineal	Simple (rnls)	25.7473	0.3145	- 0.3336	0.9995
	Ponderada (rnlp)	25.9690	0.3256	- 0.2584	0.9997

* valor estimado del promedio entre Ford – Walford, Gulland y Gulland – Holt.

Gráfico de Ford-Walford, $L_{\text{inf}} = 25.3482$, $K = 0.1552$

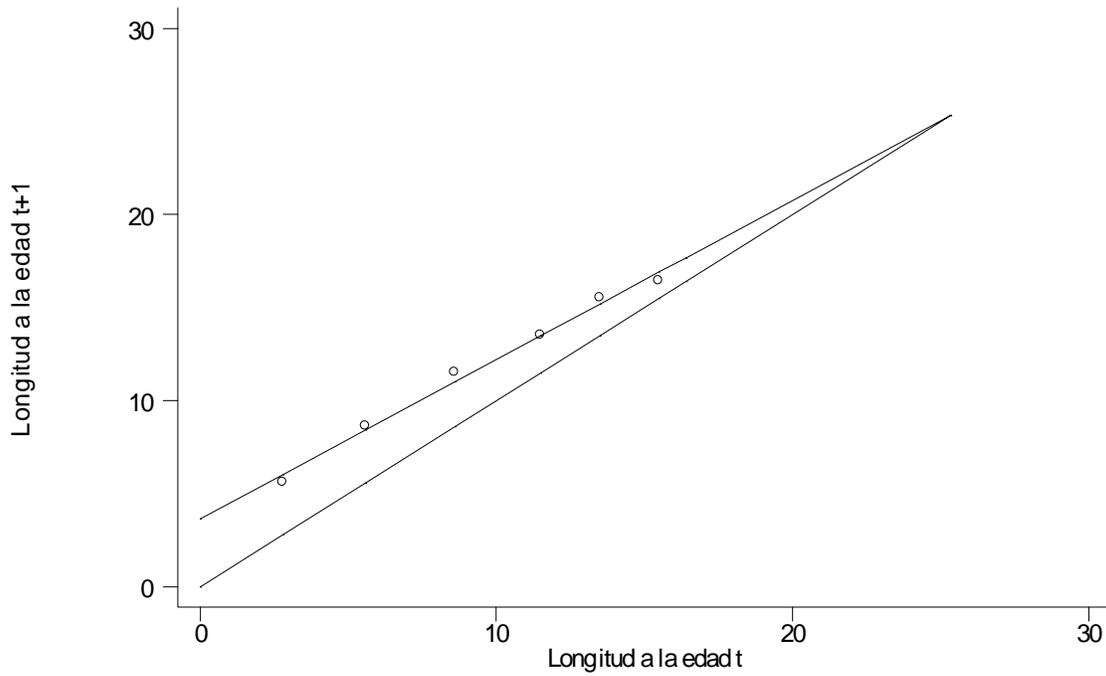


Figura 75. Gráfico de Ford – Walford, para estimar los valores de los parámetros del modelo de von Bertalanffy, conforme a la lectura de anillos de crecimiento en otolitos.

Gráfico de Gulland, $L_{\text{inf}} = 25.3482$, $K = 0.1552$

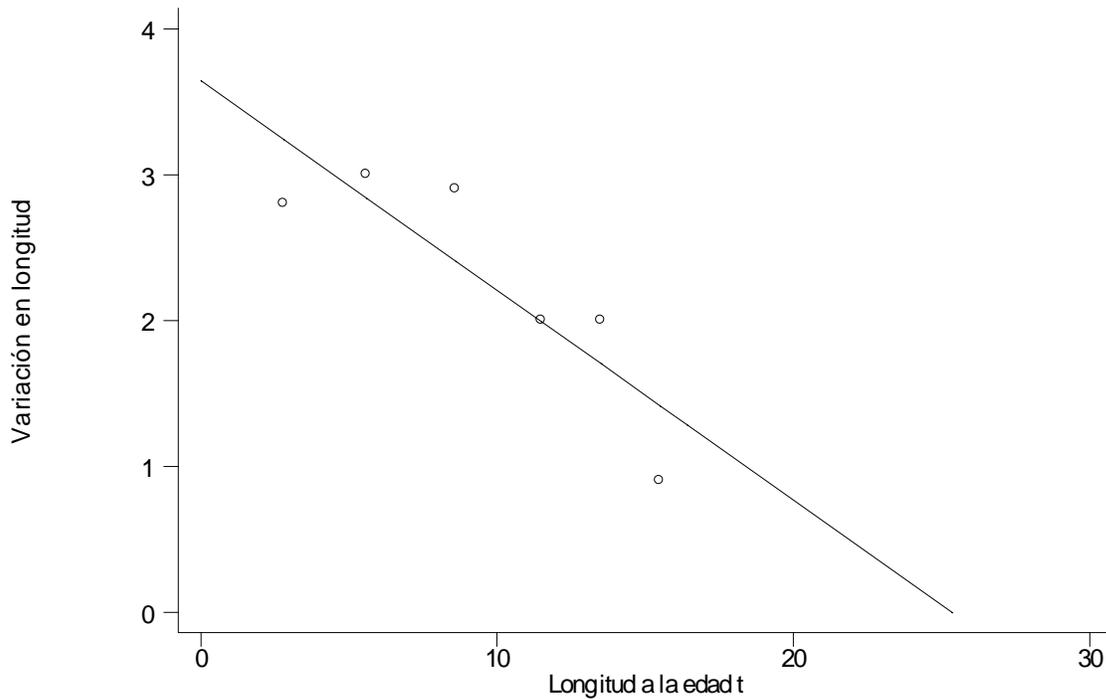


Figura 76. Gráfico de Gulland, para estimar los valores de los parámetros del modelo de von Bertalanffy, conforme a la lectura de anillos de crecimiento en otolitos.

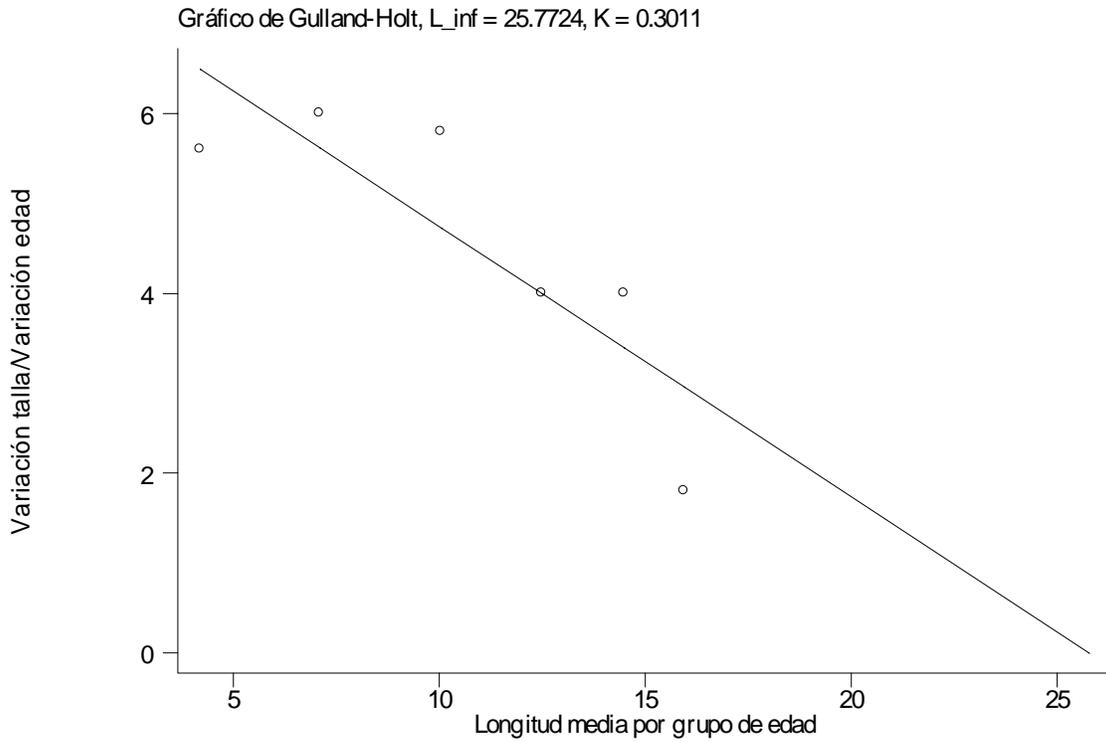


Figura 77. Gráfico de Gulland – Holt, para estimar los valores de los parámetros del modelo de von Bertalanffy, conforme a la lectura de anillos de crecimiento en otolitos.

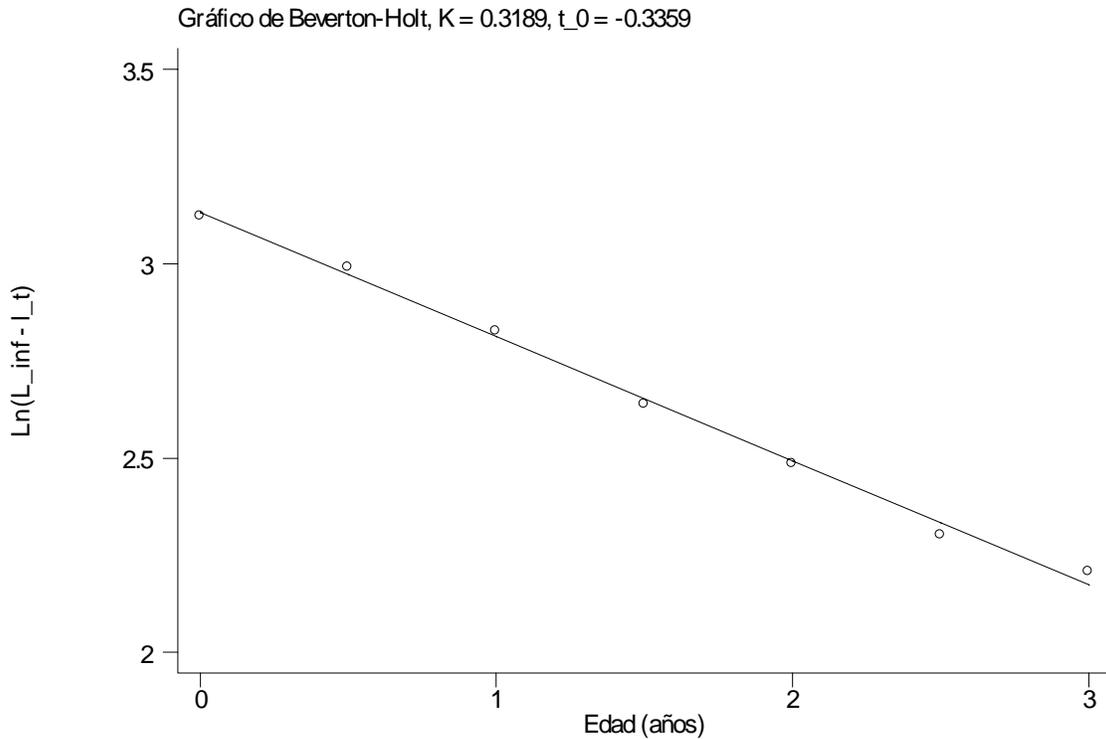


Figura 78. Gráfico de Beverton – Holt, para estimar los valores de los parámetros del modelo de von Bertalanffy, conforme a la lectura de anillos de crecimiento en otolitos.

Por otra parte, entre el análisis de regresión no lineal y no lineal ponderado (Tabla 61), los intervalos donde se ubican los valores estimados correspondientes de los parámetros se estrechan en la no lineal ponderada, el error estándar disminuye y el nivel de significancia aumenta, por consiguiente, la regresión no lineal ponderada parece ser el método más adecuado para estimar los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy.

Tabla 61. Valores e intervalos estimados para los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy, conforme a la regresión no lineal simple (rnls) y regresión no lineal ponderada (rnlp), de la lectura en otolitos de *Oreochromis niloticus*, provenientes de la presa Emiliano Zapata.

Regresión no lineal simple						
parámetro	valor	e.s.	T	$P > t $	intervalo	
L_{∞}	25.7473	3.1521	8.17	0.001	16.9956	34.4989
K	0.3145	0.0660	4.76	0.009	0.1310	0.4979
t_0	- 0.3336	0.0658	- 5.07	0.007	- 0.5163	- 0.1509
Regresión no lineal ponderada						
parámetro	valor	e.s.	t	$P > t $	intervalo	
L_{∞}	25.9690	0.1177	220.55	0.000	25.7381	26.1999
K	0.3256	0.0025	130.21	0.000	0.3207	0.3305
t_0	- 0.2584	0.0025	- 101.38	0.000	- 0.2634	- 0.2534

Los resultados de la regresión no lineal para determinar el ajuste de los modelos de crecimiento de von Bertalanffy (rnls y rnlp), Gompertz y Logística (Tabla 62), indican que estos describen adecuadamente el crecimiento ($r^2 = 0.999$), esto mismo, puede apreciarse al graficar las tallas promedio por grupo de edad y los valores esperados conforme a los modelos de crecimiento (Figura 79).

Tabla 62. Valores calculados para los correspondientes parámetros de los modelos de crecimiento de von Bertalanffy, Gompertz y Logística conforme a la edad estimada por la lectura en otolitos de tilapia

Modelo de crecimiento	L_{∞}^*	K^*	t_0^*	r^2
von Bertalanffy (rnls)	25.7473	0.3145	- 0.3336	0.9995
von Bertalanffy (rnlp)	25.9690	0.3256	- 0.2584	0.9997
Gompertz	18.7443	0.8961	- 0.7152	0.9999
Logístico	17.1955	1.4657	1.0279	0.9997

* Los parámetros de los modelos de crecimiento no son exactamente equivalentes entre sí, por lo cual, no representan lo mismo (Moreau, 1987; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005); los parámetros de von Bertalanffy son conocidos, por tanto son utilizados como referencia.

Al considerar la edad estimada por otolitos para todos los organismos, el ajuste mostrado por los modelos de crecimiento de von Bertalanffy, Gompertz y Logístico (Tabla 63); indican un ajuste bastante adecuado para los datos ($r^2 = 0.993$), esto mismo puede apreciarse al graficar los valores observados de talla por edad y el comportamiento esperado por los modelos de crecimiento (Figura 80). Por consiguiente los tres modelos de crecimiento son adecuados para describir el crecimiento mostrado por las tilapias de la presa Emiliano Zapata.

Modelo de crecimiento	L_{∞} *	K *	t_0 *	r^2
von Bertalanffy (rnl)	21.0024	0.6792	- 0.1505	0.9938
Gompertz	19.1157	1.2680	0.5480	0.9939
Logístico	18.5447	1.7643	0.8460	0.9937

* Los parámetros de los modelos de crecimiento no son exactamente equivalentes entre sí, por lo cual, no representan lo mismo (ver Moreau, 1987; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005); los parámetros de von Bertalanffy son conocidos, por tanto son utilizados como referencia.

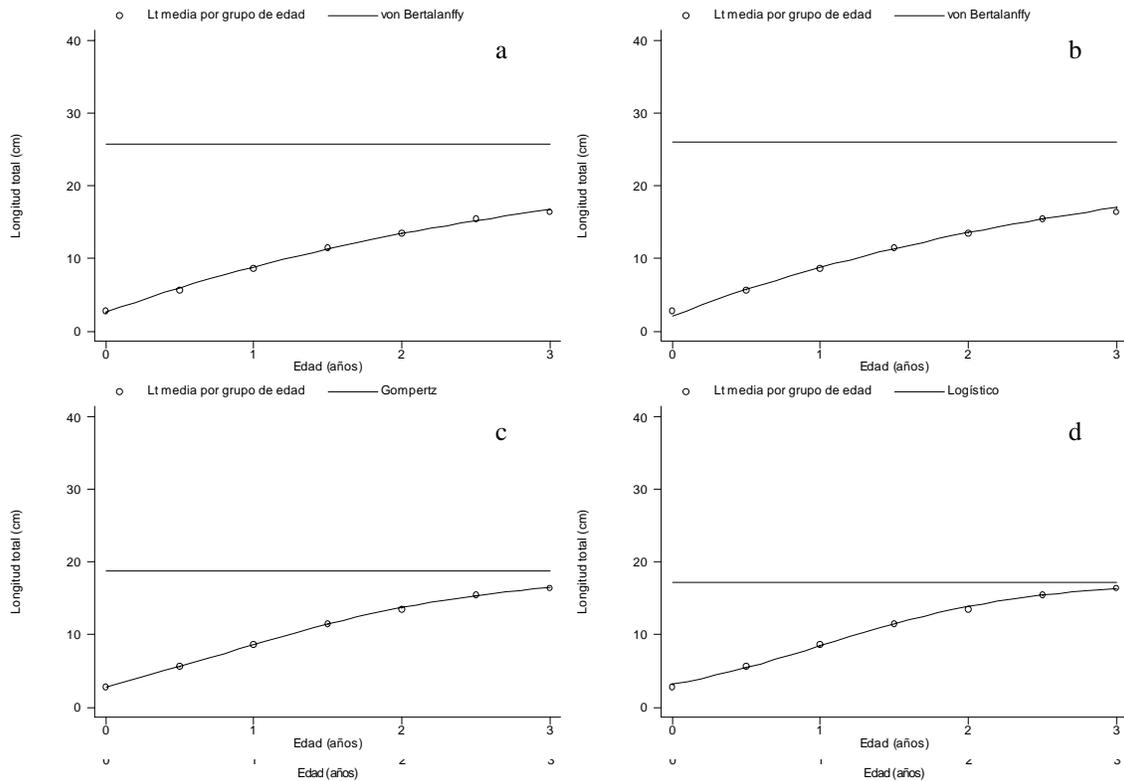


Figura 79. Valores estimados para longitud total por grupo de edad y curva de crecimiento de a). von Bertalanffy (rnl simple), b). von Bertalanffy (rnl ponderada), c). Gompertz y d). Logística

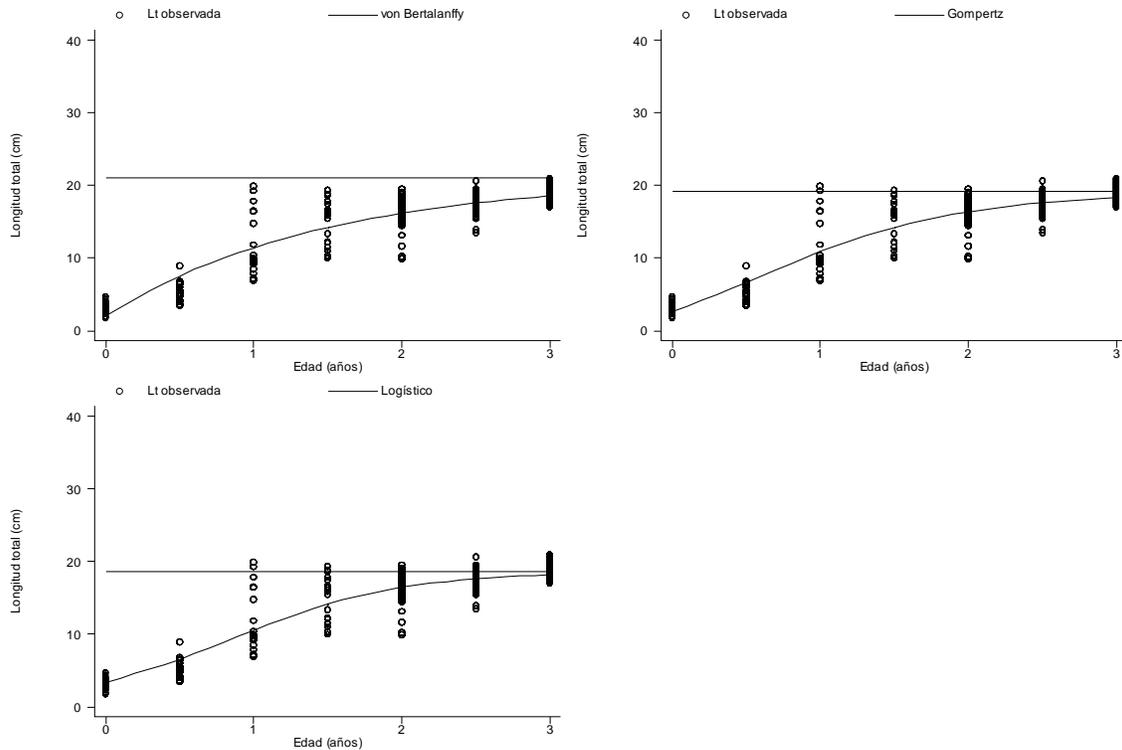


Figura 80. Tallas observadas por grupos de edad estimadas de la lectura en otolitos y comportamiento esperado por los modelos de crecimiento de a). von Bertalanffy, b). Gompertz y c). Logístico.

7.8.3. Estimación del crecimiento en peso (todos los organismos)

Con la ecuación donde están relacionados peso total – longitud total y el valor para la longitud asíntótica, se determinó un peso infinito de 251.1953 g. De la relación peso eviscerado – longitud total se estimó también P_{∞} , 235.7274 g. Estos valores, permitieron describir los modelos de crecimiento en peso total (P_t) y eviscerado (P_e) de von Bertalanffy para la tilapia:

$$L_t = 25.7473[1 - \exp\{-0.3145(t + 0.3336)\}]$$

$$P_t = 251.1953[1 - \exp\{-0.3145(t + 0.3336)\}]^{2.7137}$$

$$P_e = 235.7274[1 - \exp\{-0.3145(t + 0.3336)\}]^{2.8891}$$

Tabla 64. Valores estimados para longitud total, peso total y eviscerado por grupo de edad, determinados por la lectura de anillos de crecimiento en otolitos.

Edad (años)	Longitud total (cm.)	Peso total (g)	Peso eviscerado (g)
0.0	2.8	0.6098	0.3877
0.5	5.6	4.0001	2.8725
1.0	8.6	12.8132	9.9203
1.5	11.5	28.1919	22.9682
2.0	13.5	43.5608	36.5016
2.5	15.5	63.3741	54.4067
3.0	16.4	73.8636	64.0428

7.8.4. Machos

Considerando solo a los machos se estimó la edad, los datos obtenidos sugieren seis grupos de edad, en cada uno de ellos se determinaron los correspondientes estimadores de densidad kernel, con estos pudieron estimarse las modas correspondientes: 1.233, 1.932, 2.632, 3.300, 3.800 y 4.032, como podrá notarse en estas hay una tendencia a disminuir la distancia existe o mostrada entre cada uno de los anillos de crecimiento (Figura 81).

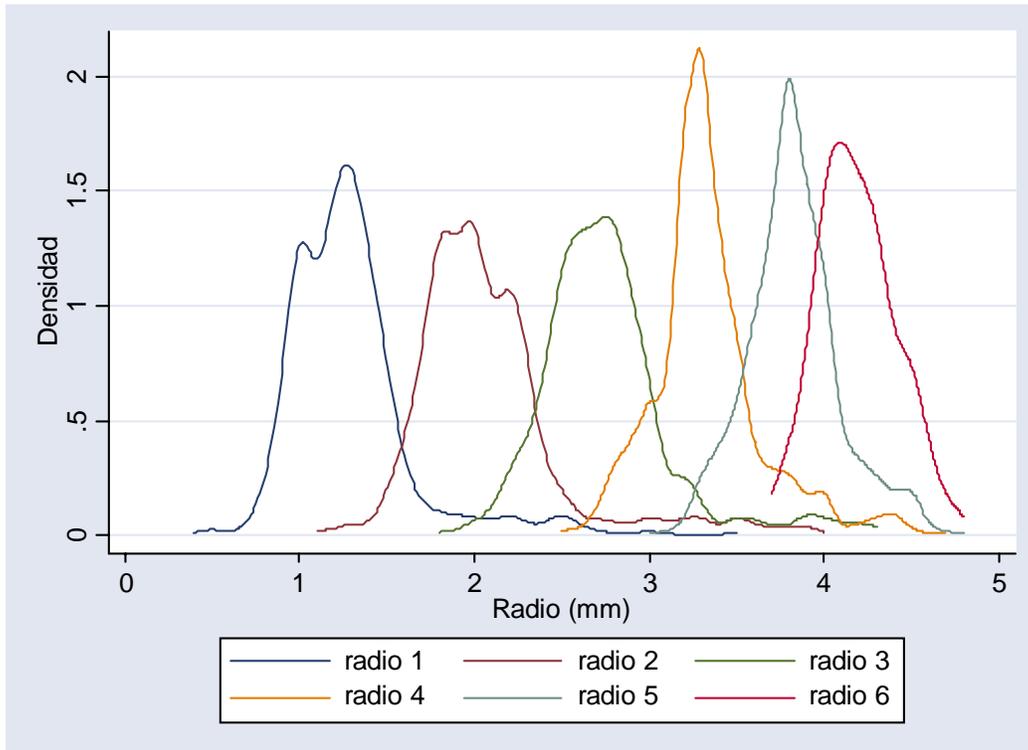


Figura 81. Estimadores de densidad por kernel gaussiano para cada uno de radios mostrados en los otolitos sagittae pertenecientes a machos de *Oreochromis niloticus* provenientes de la presa Emiliano Zapata.

Mediante los estimadores de densidad por kernel para los radios de los anillos determinados por la lectura de otolitos pertenecientes a machos se calcularon cada uno de los seis componentes gaussianos (Tabla 65) a través del método de Bhattacharya (1967).

En la Figura 82 se muestra la relación lineal estimada entre la distancia del foco al margen del rostrum (radio total o R) de los otolitos pertenecientes a machos y valores correspondientes a longitud total de los peces mediante análisis de regresión lineal ($r^2 = 0.5247$) y potencial ($r^2 = 0.5796$).

Tabla 65. Componentes gaussianos para los siete anillos de crecimiento observados en la lectura de anillos de crecimiento de otolitos pertenecientes a machos.

Componente	Media R	d. s.	tamaño	r ²	intervalo
1	1.2266	0.1240	417	0.9998	39/41
2	1.9266	0.1234	350	0.9995	40/42
3	2.6241	0.1739	471	0.9995	39/41
4	3.2905	0.0872	349	0.9980	51/53
5	3.8026	0.0852	250	0.9968	50/53
6	4.0308	0.1144	66	0.9999	20/22

Dado los bajos valores para el coeficiente de determinación, se optó por utilizar la regresión potencial entre radio del margen rostrum y talla de los peces que presenta un valor mayor ($r^2 = 0.9761$) Conforme a esta relación y los valores determinados para las medias de los anillos observados en los otolitos pertenecientes a los machos se calcularan las tallas para cada grupo de edad (Tabla 66)

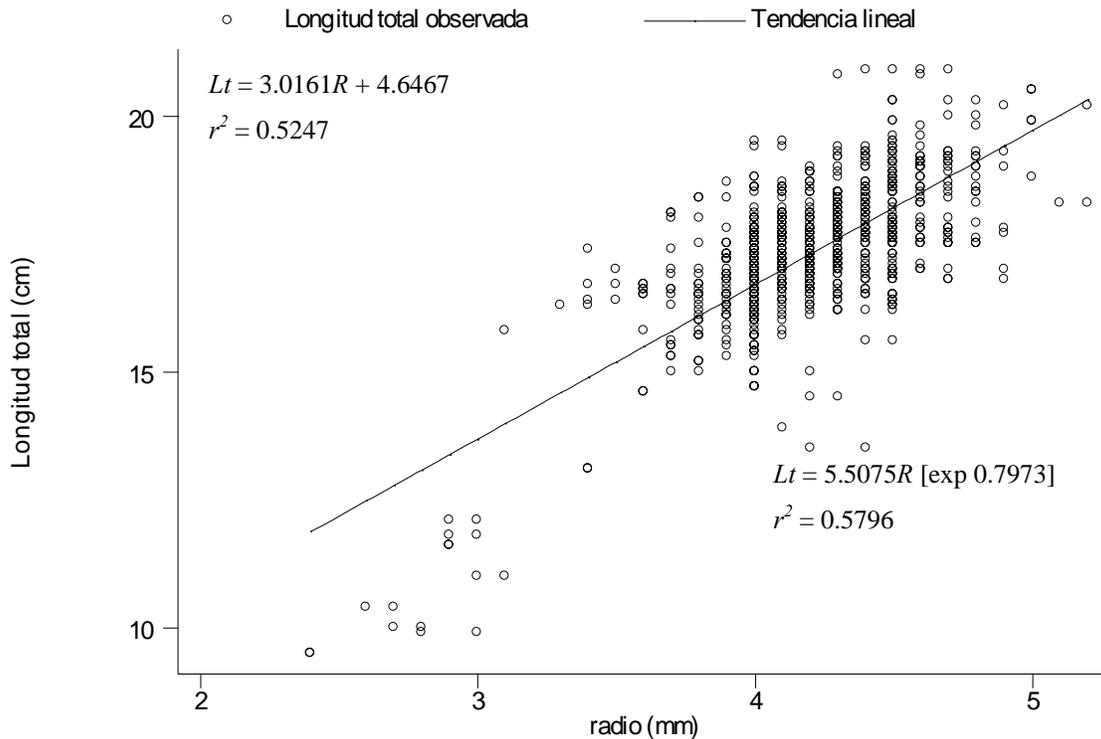


Figura 82. Regresión lineal y potencial mostrada entre la distancia del foco al margen rostrum y talla de los peces; conforme a la lectura en otolitos pertenecientes a machos; la línea de tendencia representa a la regresión lineal

Tabla 66. Valores estimados para longitud total por grupo de edad (Ltge) en machos, de la regresión potencial mostrada entre radio total (R) y talla de los peces $Lt = 4.4179R [\exp(0.9406)]$.

Edad (años)	Media R	Ltge	T.C.
0.5	1.2266	5.4	2.8
1.0	1.9266	8.2	2.7
1.5	2.6241	10.9	2.6
2.0	3.2905	13.5	2.0
2.5	3.8026	15.5	0.9
3.0	4.0308	16.4	

Con estos datos se calcularon los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy, a través de diferentes métodos, los cuales emplean regresión lineal y no lineal (Tabla 67 y Figuras 83, 84, 85 y 86). Los valores mostrados para la longitud asintótica son muy semejantes en todos los métodos (23 cm longitud total) a excepción de la regresión no lineal ponderada (29 cm); en tanto que para el índice catabólico los valores muestran dispersión (0.18 a 0.38), los valores estimados para t_0 muestran también variabilidad (- 0.14 a - 0.23).

En comparación con los valores reportados por la lectura en escamas de machos, los valores correspondientes a la longitud asintótica son menores por la lectura en otolitos ($25.7473 < 29.9287$); para el índice catabólico sucede lo contrario ($0.3145 > 0.2436$) así como en t_0 ($- 0.3336 > - 0.5034$).

Tabla 67. Valores estimados mediante métodos de regresión lineal y no lineal, para los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy en otolitos de *Oreochromis niloticus* provenientes de la presa “Emiliano Zapata”, Morelos

Tipo de regresión	Método	L_{∞}	K	t_0	r^2
lineal	Ford – Walford	23.5764	0.1874		0.9869
	Gulland	23.5764	0.1874		0.7620
	Gulland – Holt	23.9633	0.3617		0.7163
	Beverton – Holt	*23.7053	0.3845	- 0.1483	0.9940
no lineal	Simple (rnl)	24.4132	0.3633	- 0.1661	0.9996
	Ponderada (rnlp)	29.2147	0.2715	- 0.2398	0.9997

* valor estimado del promedio entre Ford – Walford, Gulland y Gulland – Holt.

Por otra parte, entre el análisis de regresión no lineal simple y no lineal ponderado (Tabla 68), los intervalos donde se ubican los valores correspondientes a los parámetros se estrechan en la no lineal ponderada, el error estándar disminuye y el nivel de significancia aumenta, por consiguiente, la regresión no lineal ponderada es el método más adecuado para estimar los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy.

Gráfico de Ford-Walford, $L_{\text{inf}} = 23.5764$, $K = 0.1874$

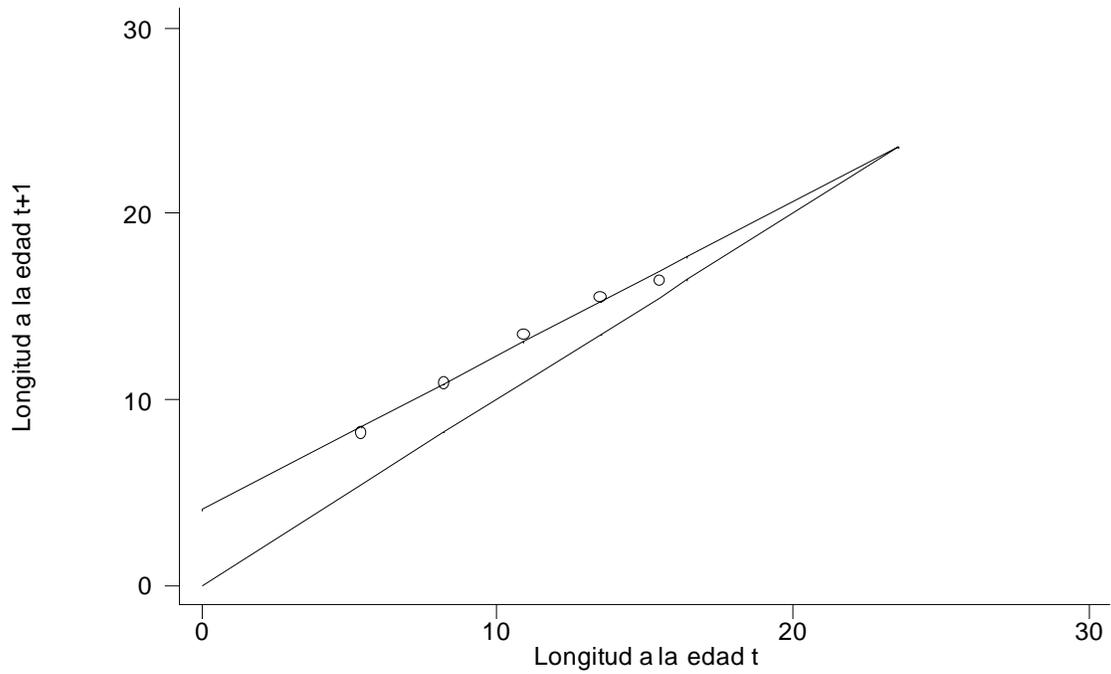


Figura 83. Gráfico de Ford, para estimar los valores de los parámetros del modelo de von Bertalanffy, conforme a la lectura de anillos de crecimiento en otolitos de machos.

Gráfico de Gulland, $L_{\text{inf}} = 23.5764$, $K = 0.1874$

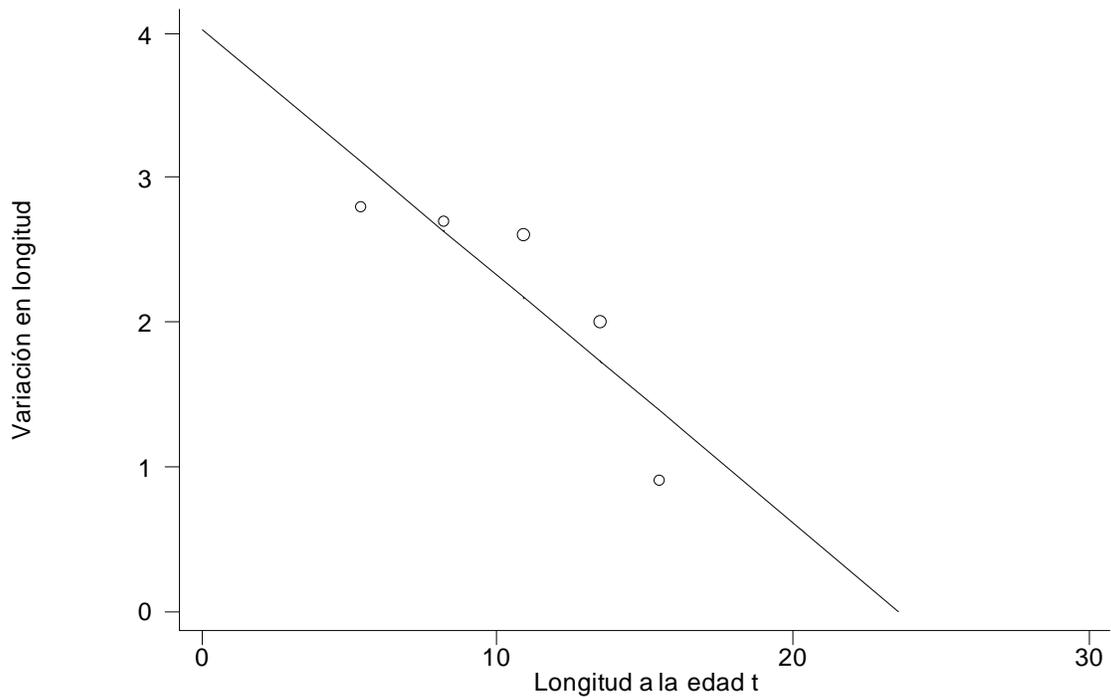


Figura 84. Gráfico de Gulland, para estimar los valores de los parámetros del modelo de von Bertalanffy, conforme a la lectura de anillos de crecimiento en otolitos de machos.

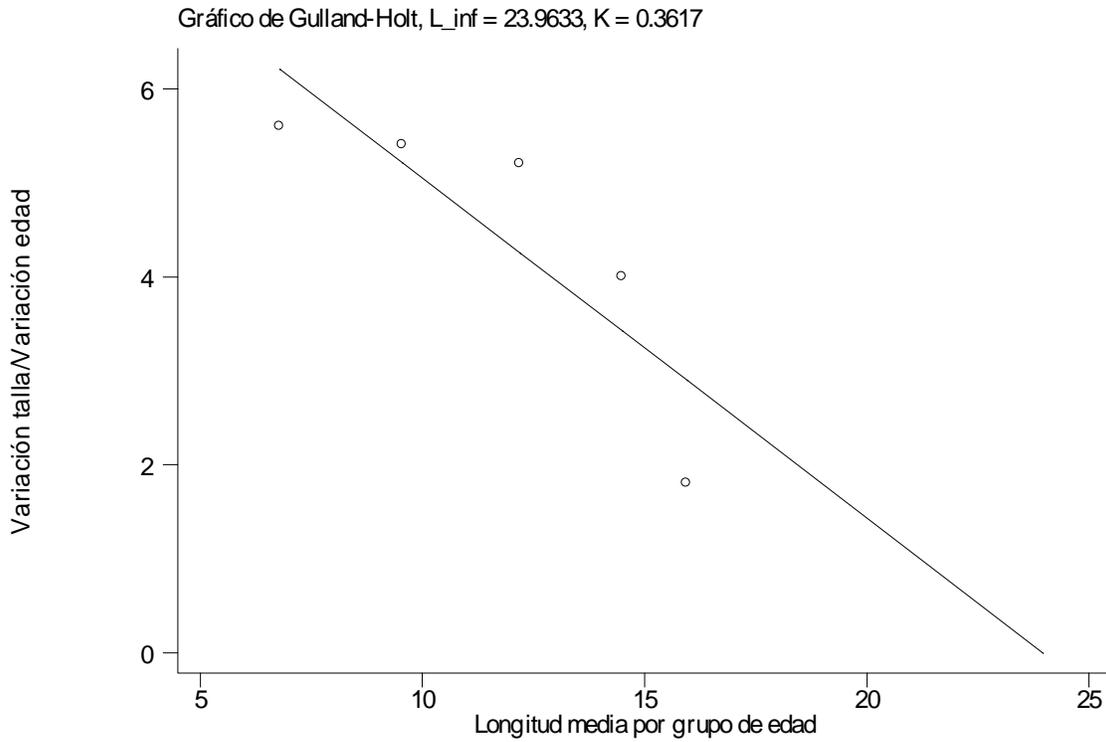


Figura 85. Gráfico de Gulland – Holt, para estimar los valores de los parámetros del modelo de von Bertalanffy, conforme a la lectura de anillos de crecimiento en otolitos de machos.

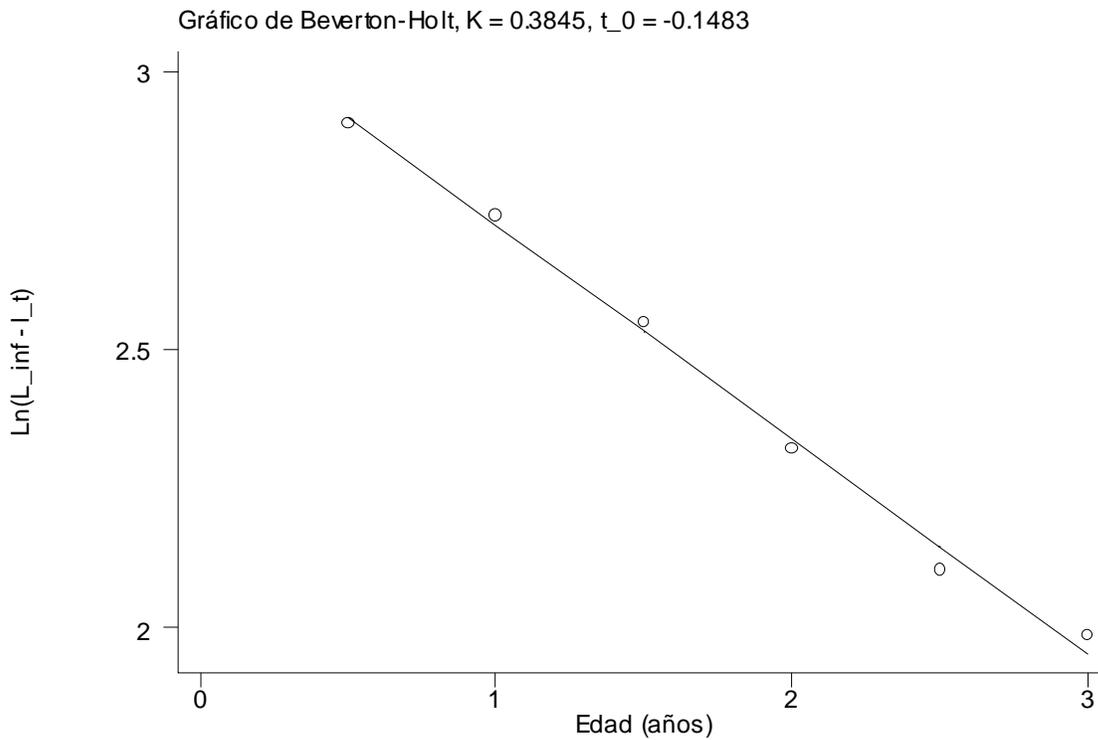


Figura 86. Gráfico de Beverton – Holt, para estimar los valores de los parámetros del modelo de von Bertalanffy, conforme a la lectura de anillos de crecimiento en otolitos de machos.

Tabla 68. Valores e intervalos estimados para los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy, conforme a la regresión no lineal y regresión no lineal ponderada, de la lectura en otolitos pertenecientes a machos.

Regresión no lineal						
parámetro	valor	e.s.	t	$P > t $	intervalo	
L_{∞}	24.4132	3.5303	6.92	0.006	13.1782	35.6482
K	0.3633	0.1018	3.57	0.038	0.0392	0.6875
t_0	- 0.1661	0.1157	- 1.44	0.247	- 0.5343	0.2022
Regresión no lineal ponderada						
parámetro	valor	e.s.	t	$P > t $	intervalo	
L_{∞}	29.2147	0.2372	123.13	0.000	28.7494	29.6800
K	0.2715	0.0035	77.37	0.000	0.2646	0.2783
t_0	- 0.2398	0.0040	- 60.14	0.000	- 0.2476	- 0.2320

Los resultados de la regresión no lineal para determinar el ajuste de las funciones de crecimiento de von Bertalanffy (rnl y rnlp), Gompertz y Logística (Tabla 69), indican que la última no converge hacia una solución, por tanto sólo las restantes describen adecuadamente el crecimiento ($r^2 = 0.999$). Esto mismo, puede apreciarse al graficar las tallas promedio por grupo de edad y los valores esperados conforme a las funciones de crecimiento (Figura 87).

Tabla 69. Valores calculados para los correspondientes parámetros de las funciones de crecimiento de von Bertalanffy, Gompertz y Logística conforme a la edad estimada por la lectura en otolitos de tilapia.

Función de crecimiento	L_{∞}^*	K^*	t_0^*	r^2
von Bertalanffy (rnl)	24.4132	0.3633	- 0.1661	0.9996
von Bertalanffy (rnlp)	29.2147	0.2715	- 0.2398	0.9997
Gompertz	19.5398	0.8292	0.8192	0.9998
Logística	N. C.	N. C.	N. C.	N. C.

* Los parámetros de las funciones de crecimiento no son exactamente equivalentes entre sí, por lo cual, no representan lo mismo (Moreau, 1987; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005); los parámetros de von Bertalanffy son conocidos, por tanto son utilizados como referencia.

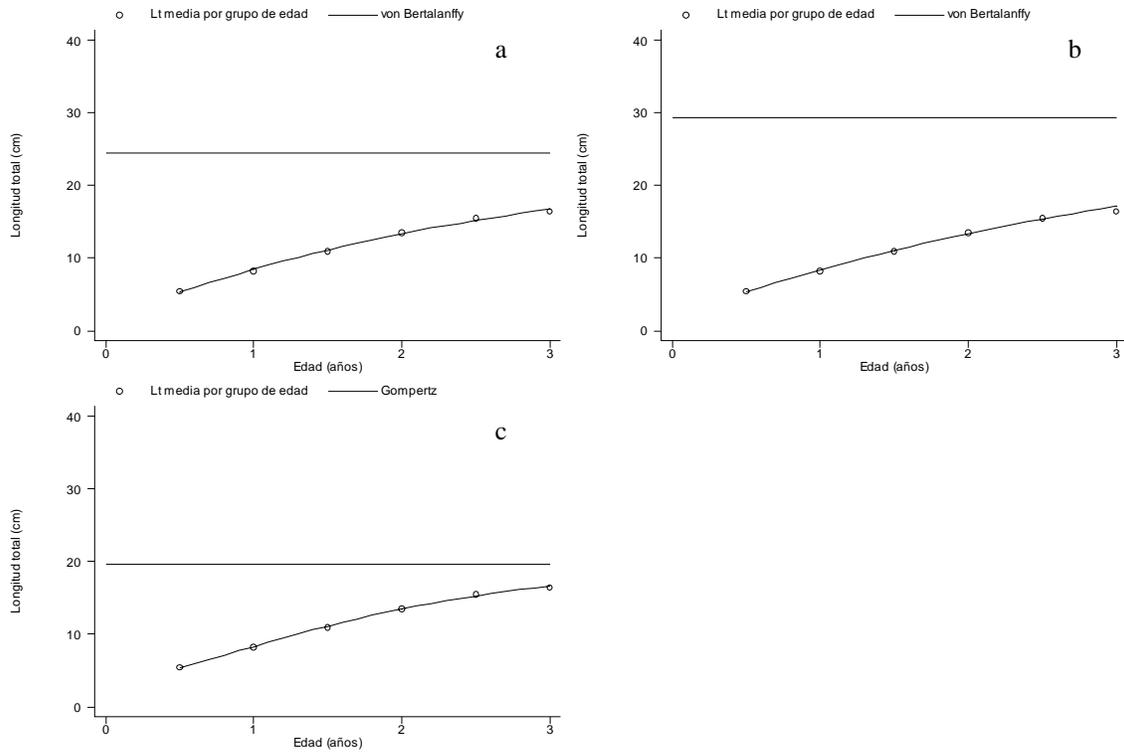


Figura 87. Valores estimados para longitud total por grupo de edad y curva de crecimiento de a). von Bertalanffy (rnl), b). von Bertalanffy (rnlp) y c). Gompertz; de la lectura en otolitos pertenecientes a machos.

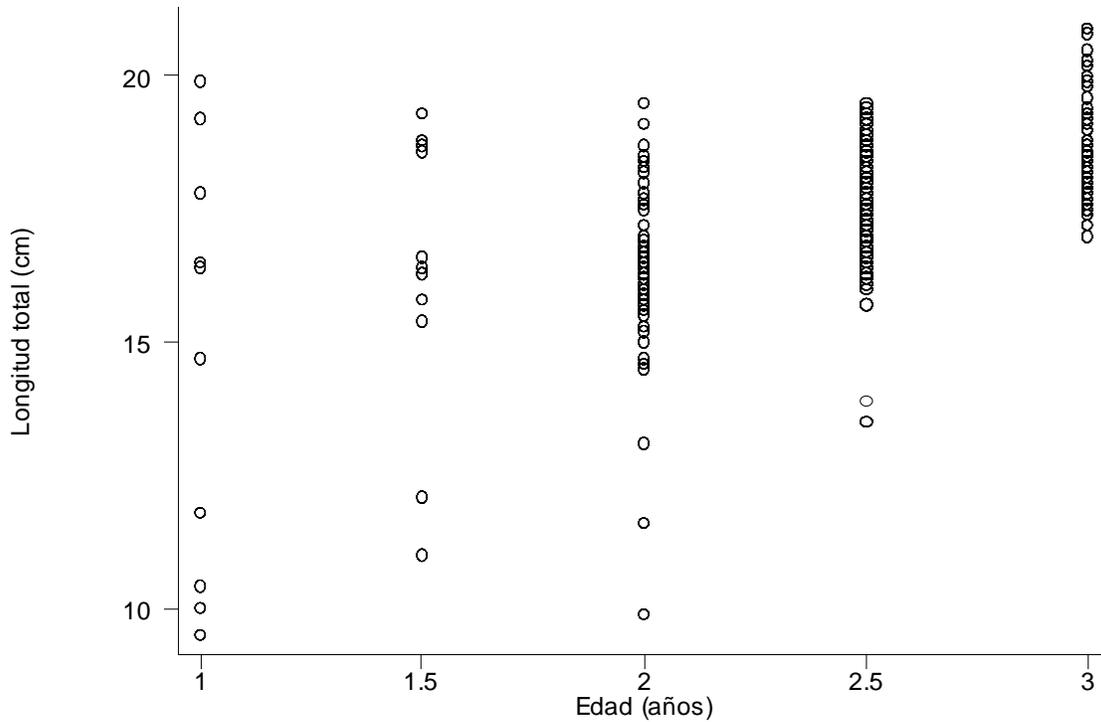


Figura 88. Tallas observadas por grupos de edad estimadas por la lectura de otolitos pertenecientes a machos, conforme a estos datos, los modelos de crecimiento de von Bertalanffy, Gompertz y Logístico no convergen, por lo cual no son adecuados.

Al considerar la edad estimada por otolitos en cada uno de los individuos machos, ninguna de las funciones de crecimiento, von Bertalanffy, Gompertz y Logística convergen, lo anterior debido a la dispersión de los datos mostrada en los grupos de edad, sobretodo en los correspondientes de 1 a 2 años (Figura 88)

7.8.4. *Estimación del crecimiento en peso (machos)*

De la relación peso total – longitud total y con el valor de la longitud asintótica se estimo el peso infinito o asintótico, 215.3977 g. Conforme a la ecuación entre peso eviscerado – longitud total, también se determino P_{∞} , 200.3444 g. De esta forma, con los valores calculados se puede transcribir los modelos de crecimiento de von Bertalanffy en longitud (L_t), peso total (P_t) y eviscerado (P_e), para machos, de acuerdo con la lectura de otolitos.

$$L_t = 24.4132[1 - \exp\{-0.3633(t + 0.1661)\}]$$

$$P_t = 215.3977[1 - \exp\{-0.3633(t + 0.1661)\}]^{2.6714}$$

$$P_e = 200.3444[1 - \exp\{-0.3633(t + 0.1661)\}]^{2.8505}$$

Considerando los modelos en peso se estimaron los valores por grupo de edad (Tabla 70).

Tabla 70. Valores estimados para longitud total, peso total y eviscerado por grupo de edad, determinados por la lectura de anillos de crecimiento en otolitos de machos.

Edad (años)	Longitud total (cm)	Peso total (g)	Peso eviscerado (g)
0.5	5.6	3.8270	2.7167
1.0	8.6	11.6816	8.9367
1.5	11.5	24.9874	20.1158
2.0	13.5	44.2501	37.0143
2.5	15.5	64.0018	54.8774
3.0	16.4	74.4174	64.4563

7.8.5. *Machos e indeterminados*

Los datos obtenidos sugieren siete grupos de edad; en cada uno de ellos se determinaron los correspondientes estimadores de densidad por kernel, con los cuales pudieron estimarse las modas correspondientes: 0.544, 1.272, 1.932, 2.632, 3.300, 3.800 y 4.032, como podrá notarse en estas hay una tendencia a disminuir la distancia existe o mostrada entre cada uno de los anillos de crecimiento (Figura 89)

Mediante los estimadores de densidad por kernel para los anillos determinados por la lectura de otolitos pertenecientes a machos se calcularon cada uno de los siete componentes gaussianos (Tabla 71) a través del método de Bhattacharya (1967)

Conforme a la relación potencial y los valores determinados para las medias de los anillos observados en los otolitos pertenecientes a machos e indeterminados se calcularon las tallas para cada grupo de edad (Tabla 72)

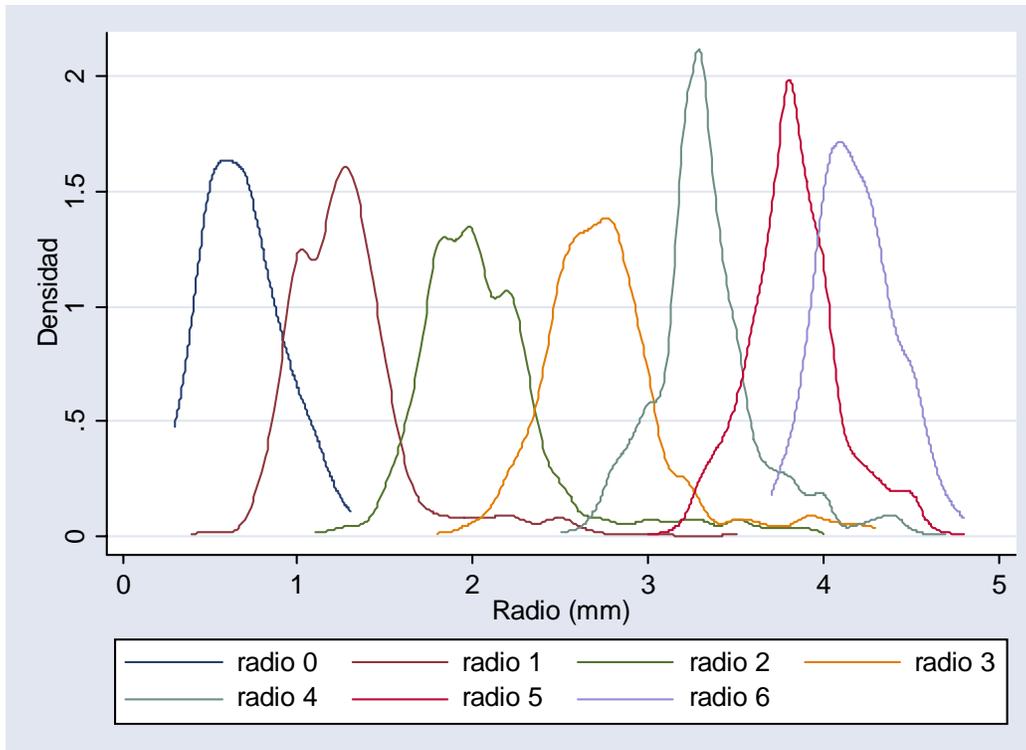


Figura 89. Estimadores de densidad por kernel gaussiano para cada uno de los radios de los anillos de crecimiento mostrado en otolitos sagittae pertenecientes a machos e indeterminados.

En la Figura 90 se muestra la relación lineal estimada entre la distancia del foco al margen del rostrum (radio total o R) de los otolitos pertenecientes a machos e indeterminados y valores correspondientes a longitud total (L_t) de los peces mediante análisis de regresión lineal ($r^2 = 0.9531$) y potencial ($r^2 = 0.9800$)

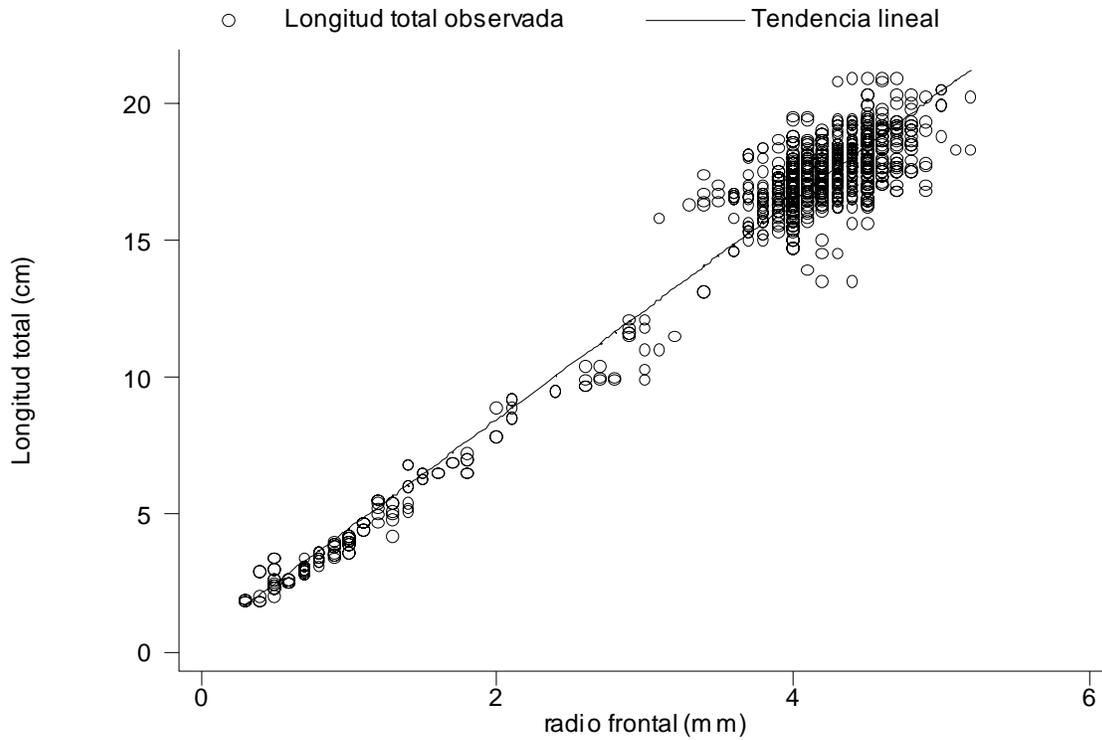


Figura 90. Regresión lineal y potencial mostrada entre la distancia del foco al margen rostrum, R , y talla de los peces; conforme a la lectura en otolitos pertenecientes a machos e indeterminados.

Tabla 71. Componentes gaussianos para los siete anillos de crecimiento observados en la lectura de otolitos pertenecientes a machos e indeterminados.

Componente	Media R	D. s.	Tamaño	r^2	Intervalo
1	0.6279	0.1914	59	1.0000	22/24
2	1.2694	0.1720	616	0.9938	44/58
3	1.9270	0.1260	360	0.9997	40/42
4	2.6247	0.1750	474	0.9994	39/41
5	3.2881	0.0918	368	0.9929	50/53
6	3.8030	0.0856	252	0.9967	50/53
7	4.0308	0.1144	66	0.9999	20/22

Tabla 72. Valores estimados para longitud total por grupo de edad (Ltge) en machos e indeterminados.

Edad (años)	Media R	Ltge	T.C.
0.0	0.6279	2.9	2.6
0.5	1.2694	5.5	2.7
1.0	1.9270	8.2	2.8
1.5	2.6247	11.0	2.7
2.0	3.2881	13.7	2.0
2.5	3.8030	15.7	0.9
3.0	4.0308	16.6	

Con estos datos se calcularon los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy, a través de diferentes métodos, los cuales emplean análisis de regresión lineal y no lineal (Tabla 73 y Figuras 91, 92, 93 y 94). Los valores mostrados para la longitud asintótica fluctúan entre 29 y 36 cm de longitud total; en tanto que para el índice catabólico los valores muestran dispersión (0.12 a 0.24), los valores estimados para t_0 muestran muy poca variabilidad (- 0.33 a - 0.38)

En comparación con los valores reportados por la lectura en escamas de machos e indeterminados, los valores correspondientes a la longitud asintótica estimados por la lectura en otolitos muestran mucha variabilidad pues estos oscilan entre los 29.62 y 36.10 con un promedio de 31.32 en tanto que los primeros presentan poca variabilidad, intervalo entre 22.87 y 29.21, con un promedio de 24.1996; para el índice catabólico sucede lo contrario, puesto que el intervalo va de 0.12 a 0.25 con un promedio de 0.1905, en escamas oscila entre 0.19 y 0.39 con promedio de 0.2936; así como en t_0 (intervalo entre - 0.3341 y - 0.3818, promedio de 0.3584) y en escamas (0.43 a 0.69, con promedio de 0.5423) Por consiguiente, pareciera que la menor incertidumbre para estimar la longitud asintótica es por escamas; por otra parte K y t_0 son mejor estimados por otolitos.

Tabla 73. Valores estimados mediante métodos de regresión lineal y no lineal, para los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy en otolitos pertenecientes a machos e indeterminados de *Oreochromis niloticus* provenientes de la presa Emiliano Zapata, Morelos

Tipo de regresión	Método	L_{∞}	K	t_0	r^2
Lineal	Ford – Walford	29.6209	0.1205		0.9877
	Gulland	29.6209	0.1205		0.5686
	Gulland – Holt	30.5832	0.2290		0.5165
	Beverton – Holt	*29.9416	0.2494	- 0.3594	0.9932
no lineal	Simple (rnls)	32.0644	0.2245	- 0.3818	0.9991
	Ponderada (rnlp)	36.1083	0.1990	- 0.3341	0.9995

* valor estimado del promedio entre Ford – Walford, Gulland y Gulland – Holt.

Por otra parte, entre el análisis de regresión no lineal y no lineal ponderado (Tabla 74), los intervalos donde se ubican los valores correspondientes a los parámetros se estrechan en la no lineal ponderada, el error estándar disminuye y el nivel de significancia aumenta, por consiguiente, la regresión no lineal ponderada es el método más adecuado para estimar los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy.

Gráfico de Ford-Walford, $L_{\infty} = 29.6209$, $K = 0.1205$

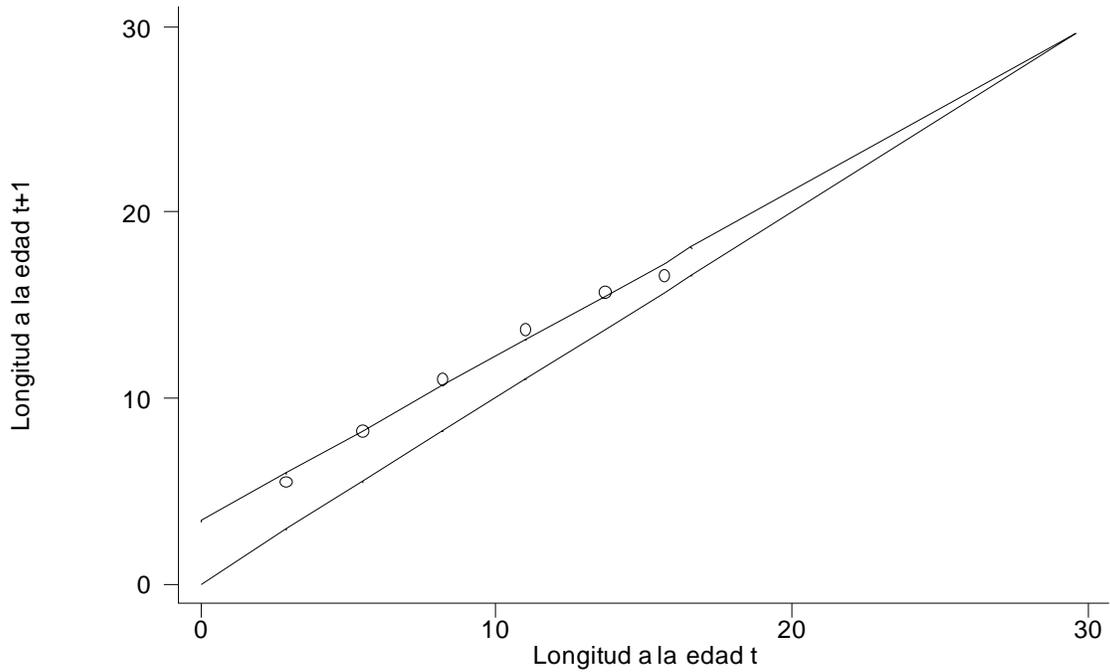


Figura 91. Gráfico de Ford – Walford, para estimar los valores de los parámetros del modelo de von Bertalanffy, conforme a la lectura de anillos de crecimiento en otolitos de machos e indeterminados.

Gráfico de Gulland, $L_{\infty} = 29.6209$, $K = 0.1205$

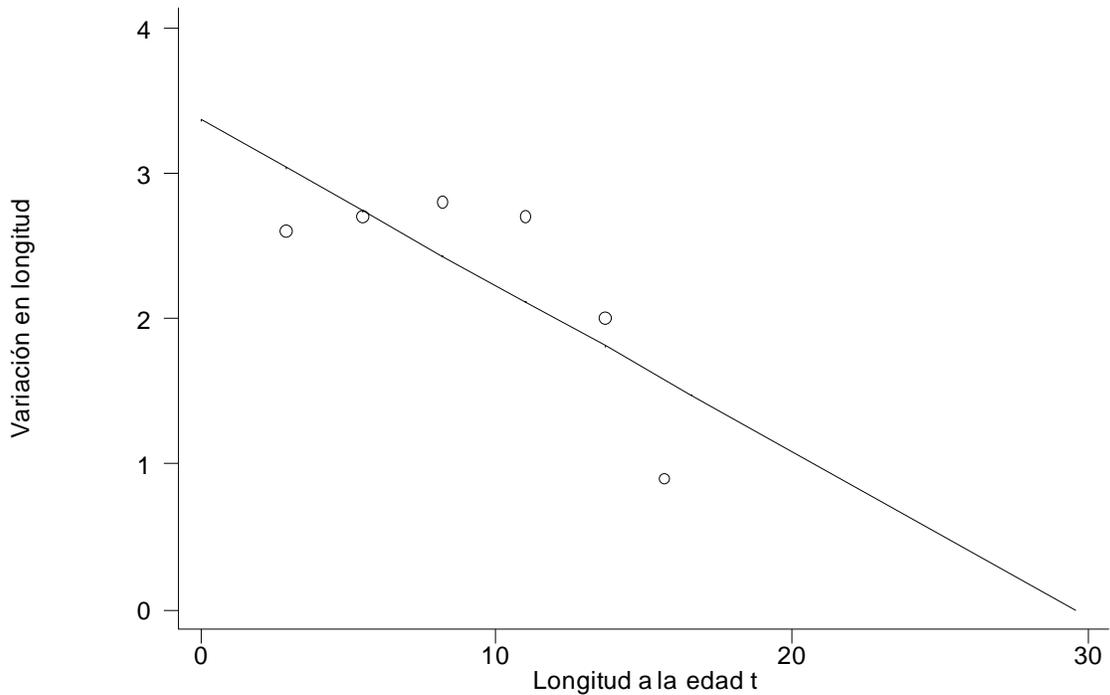


Figura 92. Gráfico de Gulland, para estimar los valores de los parámetros del modelo de von Bertalanffy, conforme a la lectura de anillos de crecimiento en otolitos de machos e indeterminados.

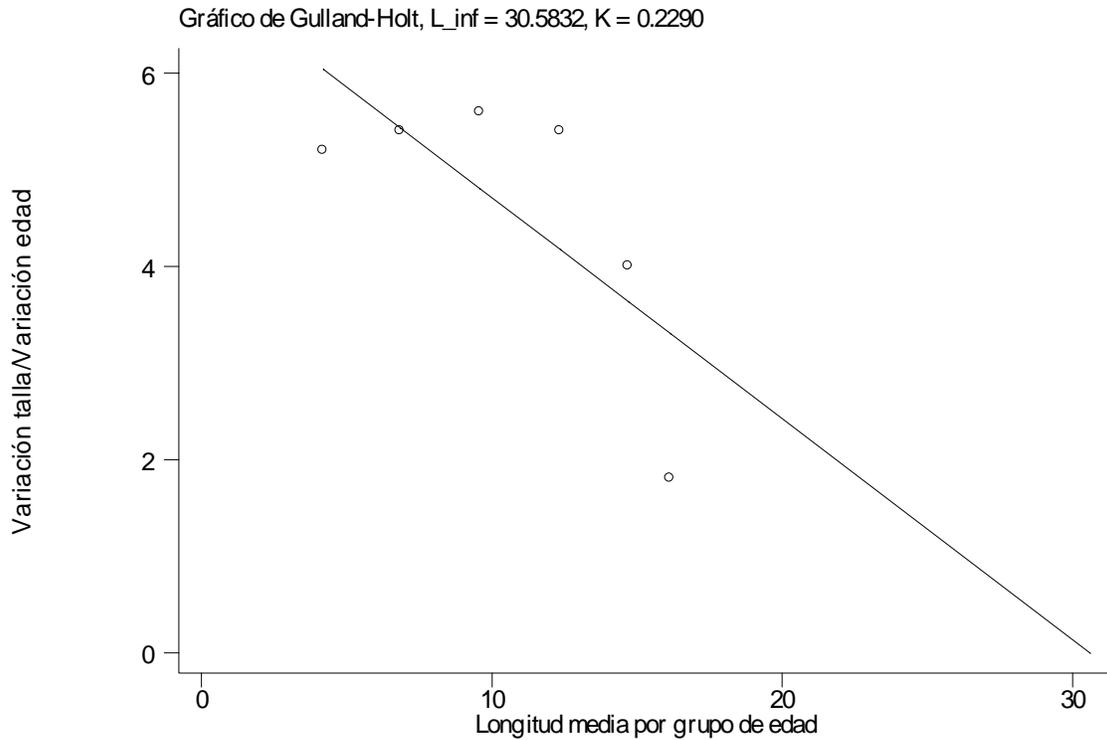


Figura 93. Gráfico de Gulland – Holt, para estimar los valores de los parámetros del modelo de von Bertalanffy, conforme a la lectura de anillos de crecimiento en otolitos de machos e indeterminados.

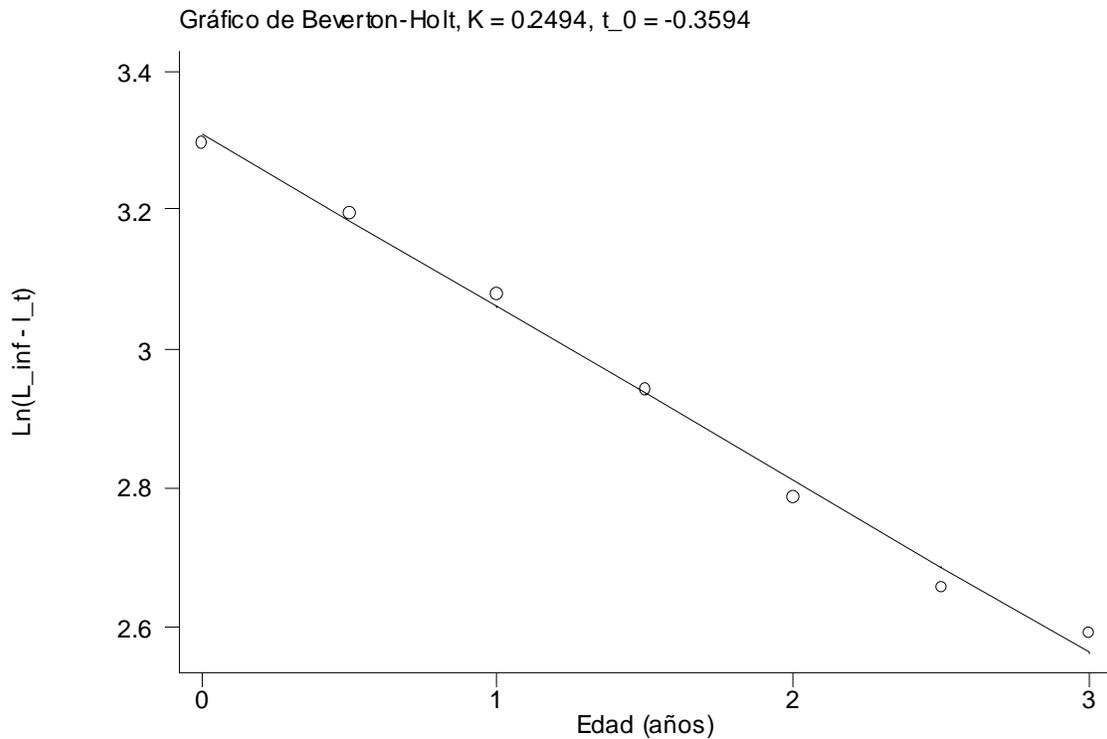


Figura 94. Gráfico de Beverton – Holt, para estimar los valores de los parámetros del modelo de von Bertalanffy, conforme a la lectura de anillos de crecimiento en otolitos de machos e indeterminados.

Tabla 74. Valores e intervalos estimados para los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy, conforme a la regresión no lineal y regresión no lineal ponderada, de la lectura en otolitos pertenecientes a machos e indeterminados.

Regresión no lineal						
parámetro	valor	e.s.	t	$P> t $	intervalo	
L_{∞}	32.0644	8.0141	4.00	0.016	9.8136	54.3152
K	0.2245	0.0840	2.67	0.056	- 0.0088	0.4578
t_0	- 0.3818	0.0990	- 3.85	0.018	- 0.6568	- 0.1067
Regresión no lineal ponderada						
parámetro	valor	e.s.	t	$P> t $	intervalo	
L_{∞}	36.1083	0.4666	77.38	0.000	35.1932	37.0234
K	0.1990	0.0036	54.91	0.000	0.1919	0.2061
t_0	- 0.3341	0.0043	- 77.24	0.000	- 0.3426	- 0.3256

Tabla 75. Valores calculados para los correspondientes parámetros de los modelos de crecimiento de von Bertalanffy, Gompertz y Logístico conforme a la edad estimada por la lectura en otolitos de machos e indeterminados

Modelo de crecimiento	L_{∞} *	K ó g *	t_0 *	r^2
von Bertalanffy (rnls)	32.0644	0.2245	- 0.3818	0.9991
von Bertalanffy (rnlp)	36.1083	0.1990	- 0.3341	0.9995
Gompertz	20.0884	0.8010	0.8372	0.9998
Logístico	17.9597	1.3707	1.1387	0.9998

* Los parámetros de los modelos de crecimiento no son exactamente equivalentes entre sí, por lo cual, no representan lo mismo (Moreau, 1987; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005); Los parámetros de von Bertalanffy son conocidos, por tanto son utilizados como referencia.

Los resultados de la regresión no lineal para determinar el ajuste de las funciones de crecimiento de von Bertalanffy (rnls y rnlp), Gompertz y Logística (Tabla 75), indican que los tres modelos utilizados describen adecuadamente el crecimiento ($r^2 = 0.999$), esto mismo, puede apreciarse al graficar las tallas promedio por grupo de edad y los valores esperados conforme a las funciones de crecimiento (Figura 95).

Al considerar la edad estimada por otolitos en cada uno de los individuos machos e indeterminados, los resultados indican que los modelos de crecimiento de von Bertalanffy, Gompertz y Logístico son adecuados para describir el crecimiento ($r^2 = 0.999$), lo cual también se manifiesta al presentar las tallas observadas conforme a la edad estimada y los valores esperados correspondientes a las funciones de crecimiento respectivas (Tabla 76 y Figura 96).

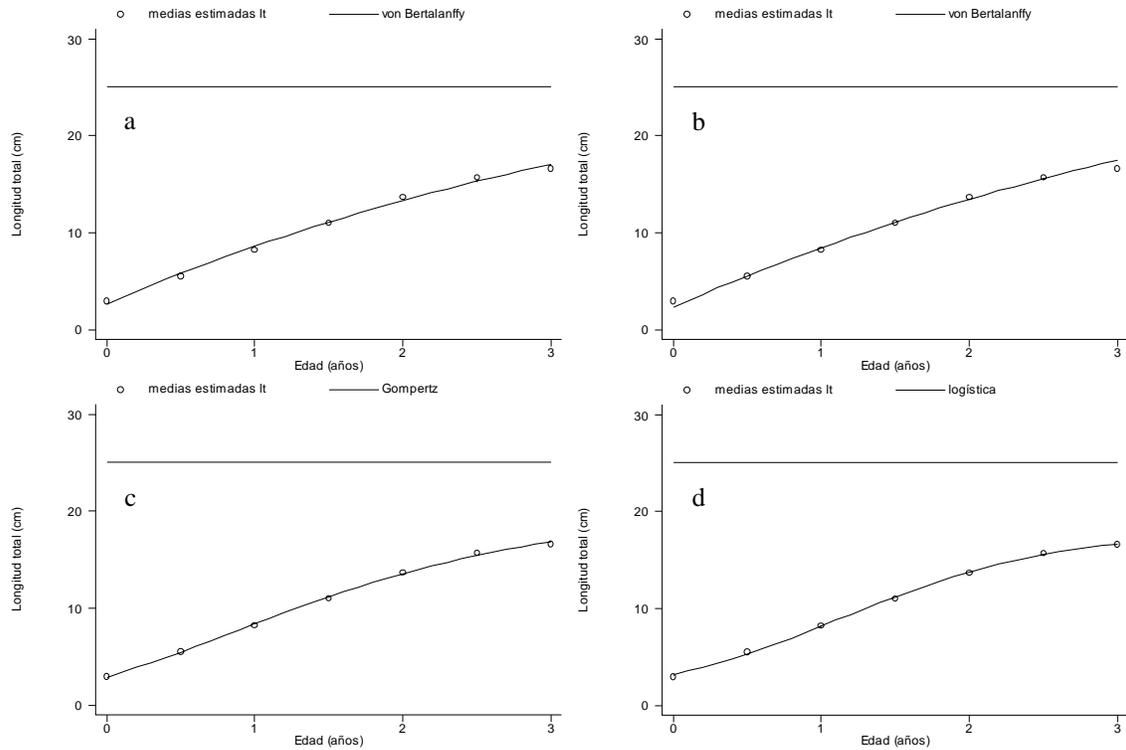


Figura 95. Valores estimados para longitud total por grupo de edad y curva de crecimiento de a). von Bertalanffy (rnlS), b). von Bertalanffy (rnlP), c). Gompertz y d). Logística de la lectura en otolitos pertenecientes a machos e indeterminados.

Tabla 76. Valores de los parámetros de los modelos de von Bertalanffy, Gompertz y Logístico, estimados por análisis de regresión no lineal, conforme a la lectura de anillos de crecimiento en otolitos de machos e indeterminados.

función de crecimiento	L_{∞} *	K ó g *	t_0 *	r^2
von Bertalanffy (rnlS)	20.8787	0.7042	- 0.1408	0.9941
Gompertz	19.0146	1.3364	0.5419	0.9943
logística	18.4649	1.8752	0.8283	0.9942

* Los parámetros de las funciones de crecimiento no son exactamente equivalentes entre sí, por lo cual, no representan lo mismo (Moreau, 1987; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005); los parámetros de von Bertalanffy son conocidos, por tanto son utilizados como referencia.

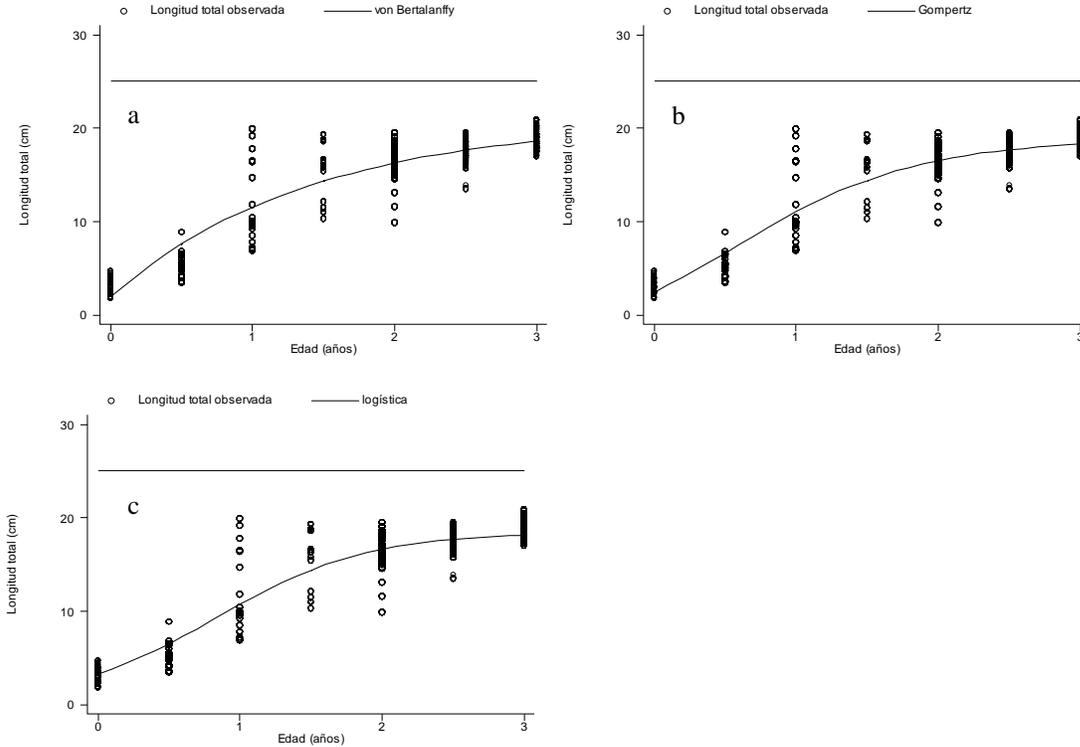


Figura 96. Tallas observadas de machos e indeterminados por grupo de edad determinadas por la lectura de otolitos y valores estimados para los modelos de crecimiento de a). von Bertalanffy, b). Gompertz y c). Logístico

7.8.6. Estimación del crecimiento en peso (machos e indeterminados)

De la relación dada entre peso total - longitud total [$0.0394Lt (\exp 2.6958)$, $r^2 = 0.9930$] y el valor de la longitud infinita o asintótica, se estima el peso asintótico, 452.3070 g. Por otro lado, utilizando la relación peso eviscerado – longitud total [$0.0210Lt (\exp 2.8695)$, $r^2 = 0.9926$] se calcula el valor de $P_\infty = 440.3040$ g. Así las ecuaciones de crecimiento de von Bertalanffy en longitud (L_t), peso total (P_t) y eviscerado (P_e) son:

$$\begin{aligned}
 L_t &= 32.0644[1 - \exp\{-0.2245(t + 0.3818)\}] \\
 P_t &= 452.3070[1 - \exp\{-0.2245(t + 0.3818)\}]^{2.6958} \\
 P_e &= 440.3040[1 - \exp\{-0.2245(t + 0.3818)\}]^{2.8695}
 \end{aligned}$$

Utilizando los modelos para peso se estimaron los valores por grupo de edad (Tabla 77).

Tabla 77. Valores estimados para longitud total, peso total y eviscerado por grupo de edad, determinados por la lectura de anillos de crecimiento en otolitos de machos e indeterminados.

Edad (años)	Longitud total (cm)	Peso total (g)	Peso eviscerado (g)
0.0	2.9	0.6951	0.4457
0.5	5.5	3.9027	2.7970
1.0	8.2	11.4540	8.7985
1.5	11.0	25.2861	20.4407
2.0	13.7	45.6949	38.3742
2.5	15.7	65.9785	56.7353
3.0	16.6	76.6767	66.5763

7.8.7. Hembras

De los 13 meses de muestreo se capturaron individuos hembras, obteniéndose un total de pares de otolitos con los cuales se estimó la edad. Los datos obtenidos sugieren seis grupos de edad, en cada uno de ellos se determinaron los correspondientes estimadores de densidad kernel, con los cuales pudieron estimarse las modas correspondientes: 1.288, 2.052, 2.828, 3.360, 3.808 y 4.288, como podrá notarse en estas hay una tendencia a disminuir la distancia existe o mostrada entre cada uno de los anillos de crecimiento (Figura 97)

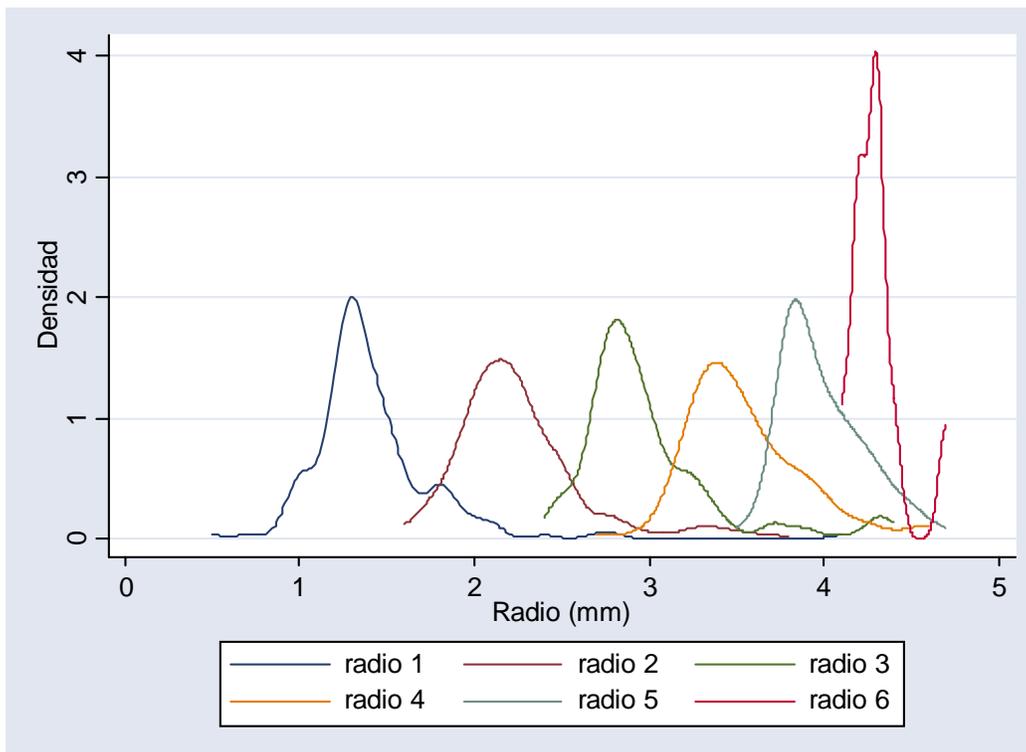


Figura 97. Estimadores de densidad por kernel gaussiano para el radio de cada uno de los anillos de crecimiento mostrado en otolitos sagittae pertenecientes a hembras.

Mediante los estimadores de densidad por kernel para los anillos determinados por la lectura de otolitos pertenecientes a hembras se calcularon cada uno de los seis componentes gaussianos (Tabla 78) a través del método de Bhattacharya (1967)

Tabla 78. Componentes gaussianos para los seis anillos de crecimiento observados en la lectura de otolitos pertenecientes a hembras de *Oreochromis niloticus* provenientes de la presa “Emiliano Zapata”, Morelos.

Componente	Media <i>R</i>	D. s.	Tamaño	<i>r</i> ²	Intervalo
1	1.2829	0.1024	76	0.9994	37/40
2	2.0547	0.1469	82	0.9979	20/22
3	2.8423	0.1774	111	0.9780	21/34
4	3.3861	0.1926	91	0.9881	18/31
5	3.8071	0.1078	47	1.0000	17/19
6	4.2132	0.1483	9	0.9972	7/18

Dados los bajos valores para el coeficiente de determinación para la relación cuerpo–otolito, se optó por utilizar la regresión potencial mostrada entre la distancia al margen del rostrum y talla de los peces, con la cual se calcularon las tallas para cada uno de los grupos de edad, conforme a los valores determinados para las medias de los anillos observados en los otolitos pertenecientes a hembras (Tabla 78)

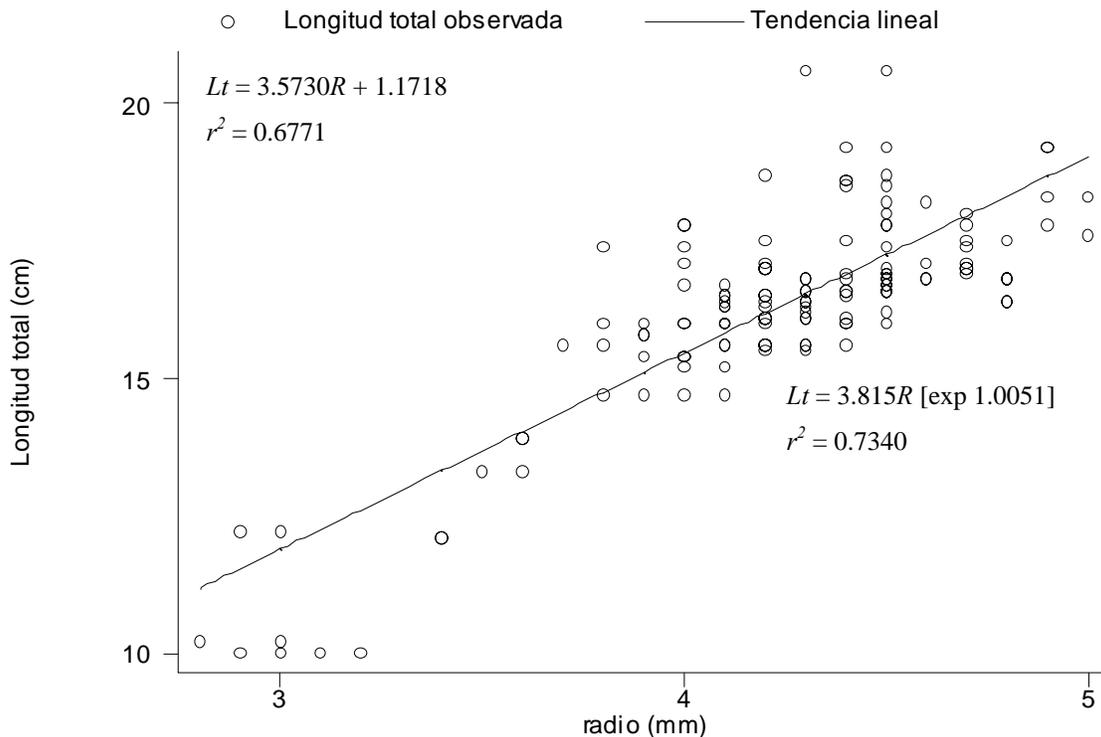


Figura 98. Relación entre la distancia del foco al margen del rostrum (*R*) y talla de los peces; conforme a la lectura en otolitos pertenecientes a hembras de *Oreochromis niloticus* provenientes.

En la Figura 98 se muestra la relación entre la distancia del foco al margen del rostrum (radio total, R) de los otolitos pertenecientes a hembras y valores correspondientes a longitud total (L_t) de los peces mediante análisis de regresión lineal ($r^2 = 0.6771$) y potencial ($r^2 = 0.7340$)

Con los datos de la Tabla 78 se calcularon los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy, a través de métodos tradicionales linearizados y por regresión no lineal (Tabla 77 y Figuras 99, 100, 101 y 102). Los valores mostrados para la longitud asintótica presentan muy poca fluctuación (22.78 y 23.98 cm de longitud total); en tanto, para el índice catabólico los valores muestran mayor dispersión (0.19 a 0.44); los valores estimados para t_0 muestran muy poca variabilidad (- 0.12 a - 0.17)

En comparación con los valores reportados por la lectura en escamas de hembras, los valores correspondientes a la longitud asintótica estimados por la lectura en otolitos muestran menor variabilidad pues estos oscilan entre los 22.77 y 23.98 con un promedio de 23.5820 en tanto que los primeros muestran intervalo entre 22.60 y 28.63, con un promedio de 24.007; para el índice catabólico sucede lo contrario, puesto que el intervalo va de 0.19 a 0.44 con un promedio de 0.3418, en escamas oscila entre 0.18 y 0.38 con promedio de 0.2807; así como en t_0 (intervalo entre - 0.12 y - 0.17, promedio de 0.1501) y en escamas (- 0.36 a - 0.53, con promedio de 0.4393) Por consiguiente, pareciera que la menor incertidumbre para estimar la longitud asintótica, K y t_0 son los otolitos.

Tabla 79. Valores estimados para longitud total por grupo de edad (Ltge) en hembras, de la regresión potencial mostrada entre el margen del rostrum y talla de los peces (Media R)

Edad (años)	Media R	Ltge	T.C.
0.5	1.2829	5.6	3.1
1.0	2.0547	8.7	3.1
1.5	2.8423	11.8	2.1
2.0	3.3861	13.9	1.6
2.5	3.8071	15.5	1.6
3.0	4.2132	17.1	

Por otra parte, entre el análisis de regresión no lineal y no lineal ponderado (Tabla 81), los intervalos donde se ubican los valores correspondientes a los parámetros se estrechan en la no lineal ponderada, el error estándar disminuye y el nivel de significancia aumenta, por consiguiente, la regresión no lineal ponderada es el método más adecuado para estimar los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy.

Tabla 80. Valores estimados mediante métodos de regresión lineal y no lineal, para los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy en otolitos pertenecientes a machos e indeterminados de *Oreochromis niloticus* provenientes de la presa "Emiliano Zapata", Morelos

Tipo de regresión	Método	L_∞	K	t_0	r^2
lineal	Ford – Walford	23.8400	0.1991		0.9948
	Gulland	23.8400	0.1991		0.9027
	Gulland – Holt	23.9778	0.3922		0.8825
	Beverton – Holt	*23.8859	0.3959	- 0.1774	0.9989
no lineal	Simple (rnls)	23.1695	0.4243	- 0.1432	0.9999
	Ponderada (rnlp)	22.7786	0.4405	- 0.1297	0.9999

* valor estimado del promedio entre Ford – Walford, Gulland y Gulland – Holt.

Gráfico de Ford-Walford, $L_{\text{inf}} = 23.8400$, $K = 0.1991$

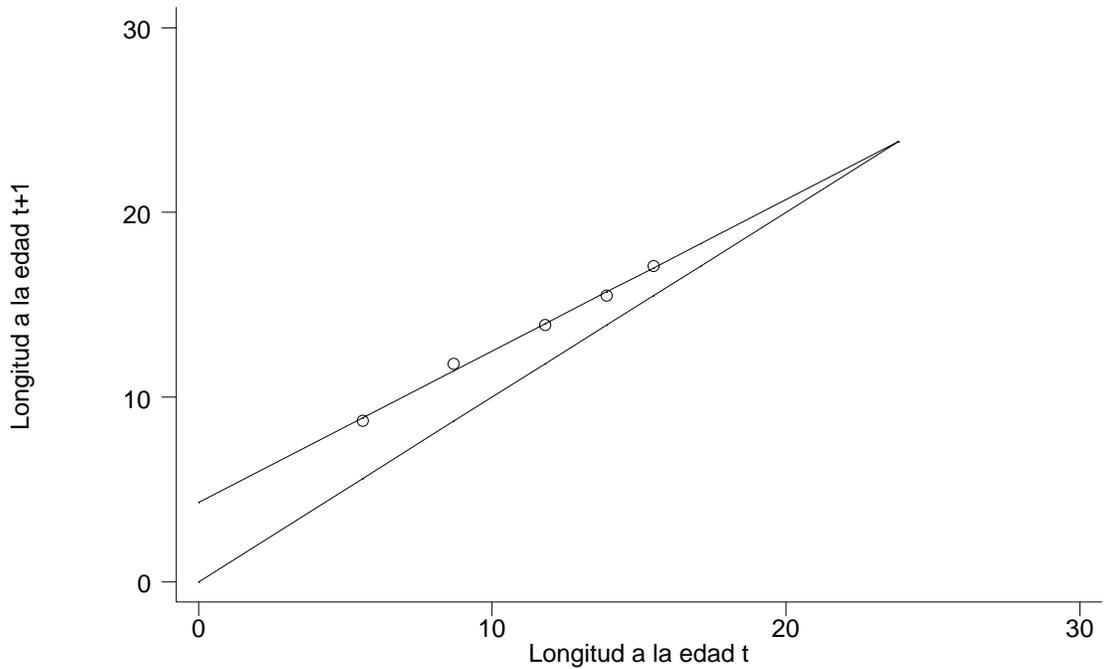


Figura 99. Gráfico de Ford – Walford, para estimar los valores de los parámetros del modelo de von Bertalanffy, conforme a la lectura de anillos de crecimiento en otolitos de hembras.

Gráfico de Gulland, $L_{\text{inf}} = 23.8400$, $K = 0.1991$

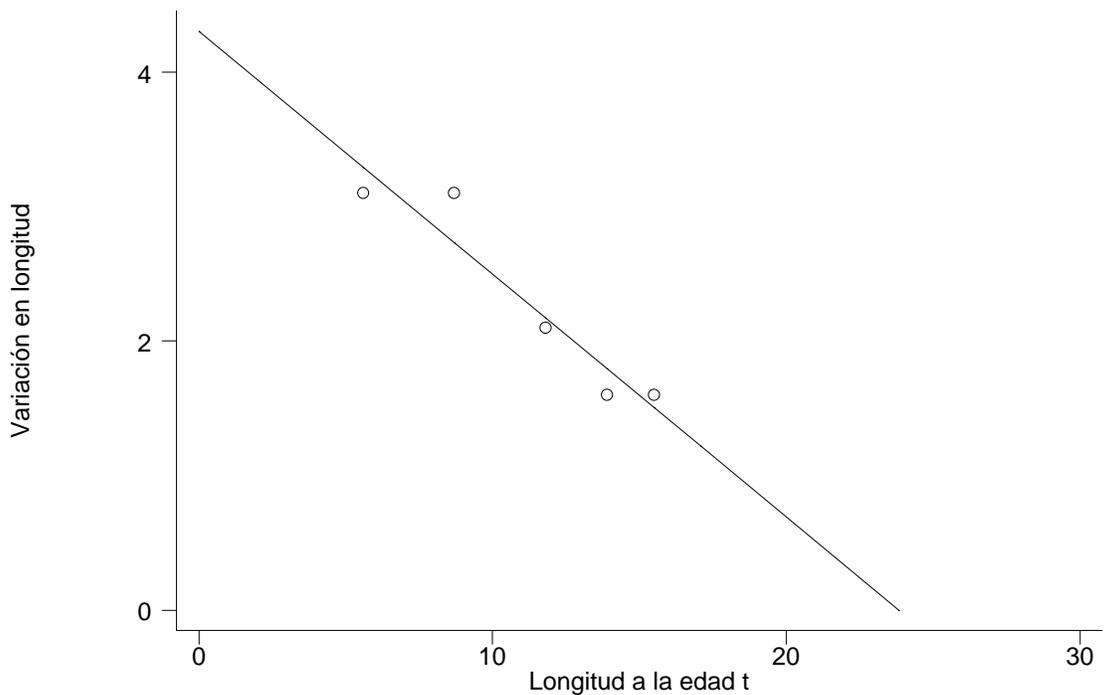


Figura 100. Gráfico de Gulland, para estimar los valores de los parámetros del modelo de von Bertalanffy, conforme a la lectura de anillos de crecimiento en otolitos de hembras.

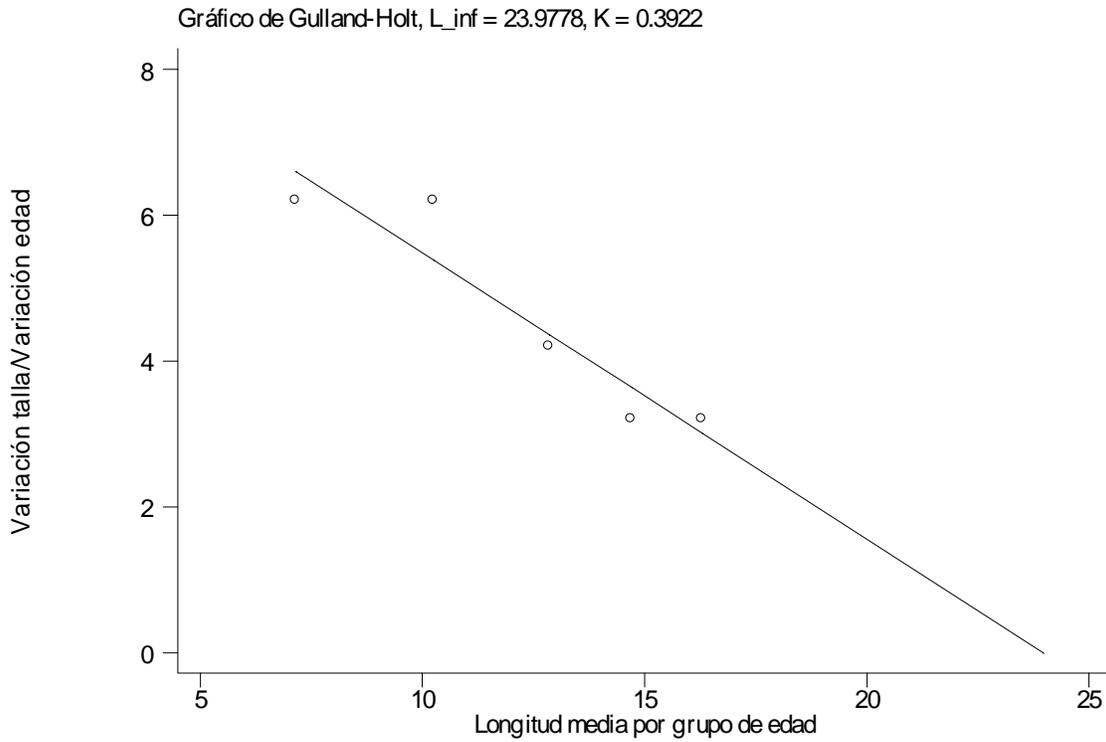


Figura 101. Gráfico de Gulland – Holt, para estimar los valores de los parámetros del modelo de von Bertalanffy, conforme a la lectura de anillos de crecimiento en otolitos de hembras.

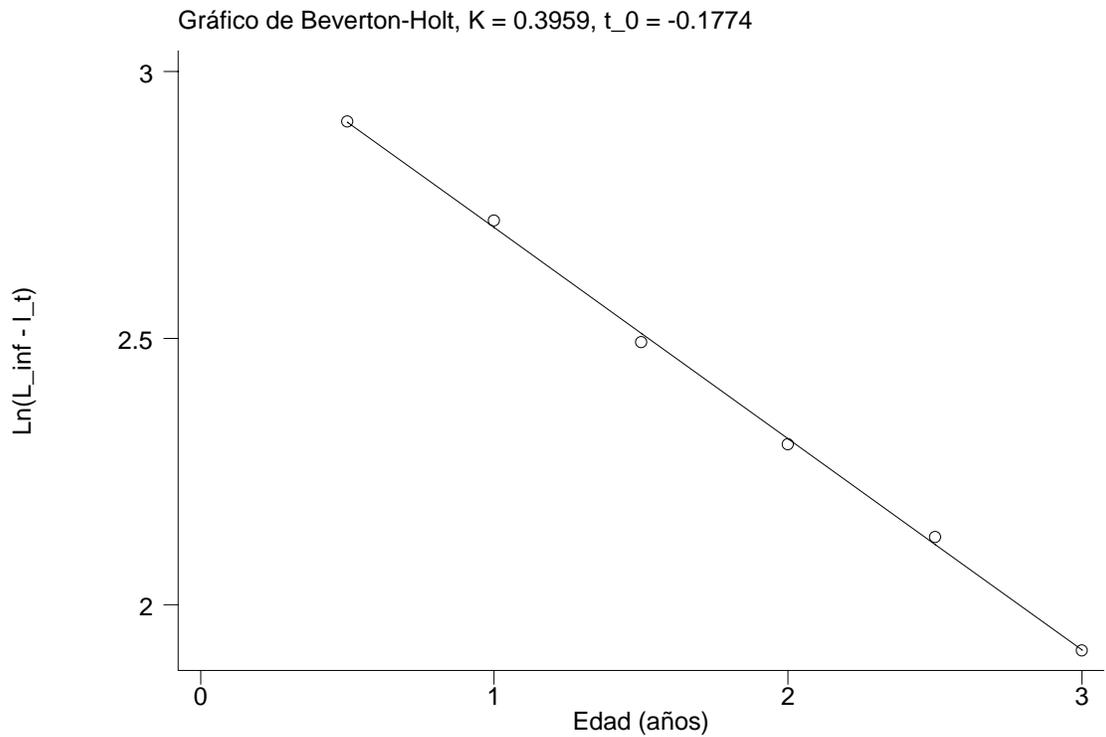


Figura 102. Gráfico de Beverton – Holt, para estimar los valores de los parámetros del modelo de von Bertalanffy, conforme a la lectura de anillos de crecimiento en otolitos de hembras.

Los resultados de la regresión no lineal para determinar el ajuste de los modelos de crecimiento de von Bertalanffy (rnls y rnlp), Gompertz y Logístico (Tabla 82), muestran que esta última no converge, por tanto sólo los dos primeros describen adecuadamente el crecimiento ($r^2 = 0.9999$), esto mismo, puede apreciarse al graficar las tallas promedio por grupo de edad y los valores esperados conforme a los modelos de crecimiento (Figura 103)

Tabla 81. Valores e intervalos estimados para los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy, conforme a la regresión no lineal y regresión no lineal ponderada, de la lectura en otolitos pertenecientes a hembras.

Regresión no lineal						
parámetro	valor	e.s.	t	$P > t $	intervalo	
L_{∞}	23.1695	1.3450	17.23	0.000	18.8890	27.4500
K	0.4243	0.0525	8.09	0.004	0.2573	0.5913
t_0	- 0.1432	0.0547	- 2.62	0.079	- 0.3174	0.0309
Regresión no lineal ponderada						
parámetro	valor	e.s.	t	$P > t $	intervalo	
L_{∞}	22.7786	0.1615	141.06	0.000	22.4612	23.0960
K	0.4405	0.0061	71.78	0.000	0.4284	0.4525
t_0	- 0.1297	0.0052	- 24.89	0.000	- 0.1400	- 0.1195

Tabla 82. Valores calculados para los correspondientes parámetros de los modelos de crecimiento de von Bertalanffy, Gompertz y Logístico conforme a la edad estimada por la lectura en otolitos pertenecientes a hembras.

Modelo de crecimiento	L_{∞}^*	K ó g^*	t_0^*	r^2
von Bertalanffy (rnls)	23.1695	0.4243	- 0.1432	0.9999
von Bertalanffy (rnlp)	22.7786	0.4405	- 0.1297	0.9999
Gompertz	19.4812	0.8764	0.7473	0.9999
Logístico	N. C.	N. C.	N. C.	N. C.

* Los parámetros de las funciones de crecimiento no son exactamente equivalentes entre sí, por lo cual, no representan lo mismo (Moreau, 1987; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005); Los parámetros de von Bertalanffy son conocidos, por tanto son utilizados como referencia.

Al considerar la edad estimada por otolitos en cada uno de los individuos hembras, los resultados indican que las funciones de crecimiento de von Bertalanffy y Gompertz (Tabla 83) son adecuadas para describir el crecimiento ($r^2 = 0.999$), pero la Logística no converge por lo cual esta no puede ser utilizada para describir el crecimiento mostrado por las hembras. Esto puede ser entendido al representar los valores observados de talla por grupo de edad y los valores esperados correspondientes a las funciones de crecimiento respectivas (Figura 104), donde puede apreciarse que en los grupos de edad 1.5 hay mucha dispersión en los valores, razón por lo cual, no puede converger la curva de crecimiento Logística.

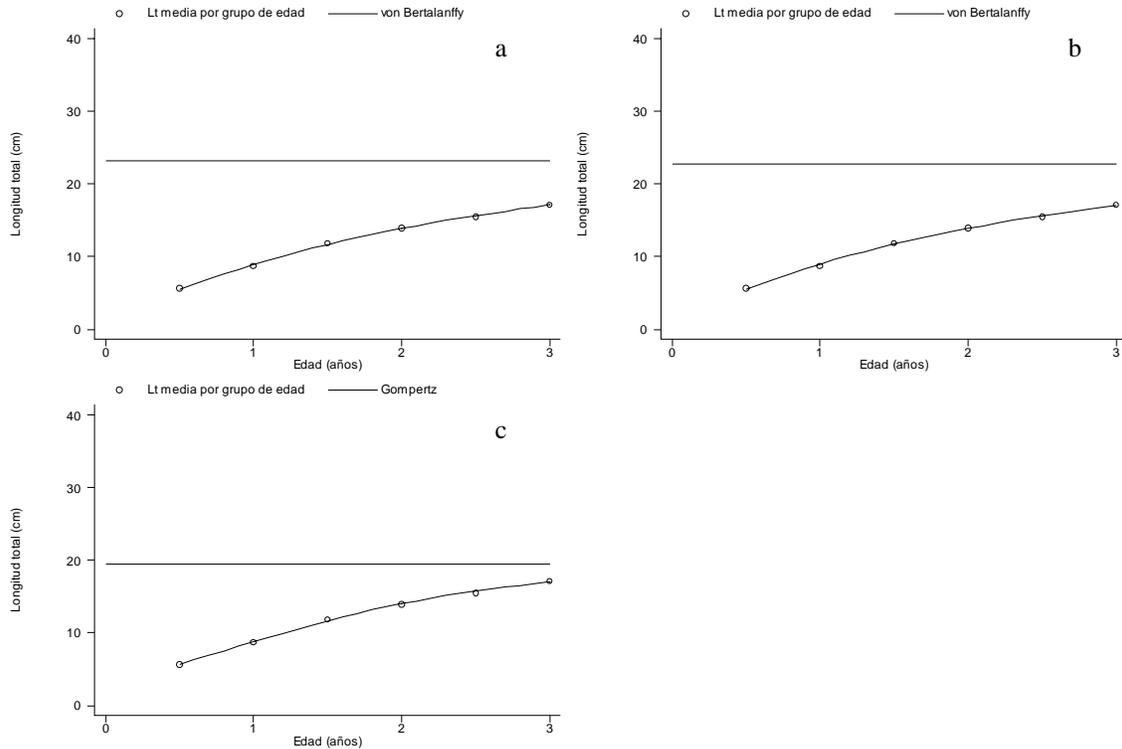


Figura 103. Valores estimados para longitud total por grupo de edad y curva de crecimiento de a). von Bertalanffy (rnls), b). Gompertz y c). Logística de la lectura en otolitos pertenecientes a hembras.

Tabla 83. Valores calculados para los correspondientes parámetros de los modelos de crecimiento de von Bertalanffy, Gompertz y Logístico conforme a la edad estimada por la lectura en otolitos pertenecientes a hembras.

Modelo de crecimiento	L_{∞} *	K ó g *	t_0 *	r^2
von Bertalanffy	22.5366	0.4550	- 0.5609	0.9928
Gompertz	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
Logístico	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.

* Los parámetros de las funciones de crecimiento no son exactamente equivalentes entre sí, por lo cual, no representan lo mismo (Moreau, 1987; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005); los parámetros de von Bertalanffy son conocidos, por tanto son utilizados como referencia.

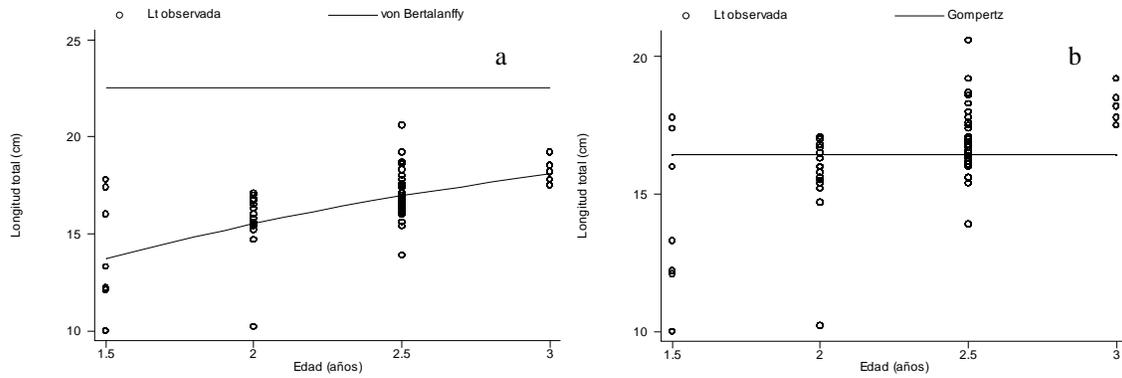


Figura 104. Valores estimados para longitud total por grupo de edad y esperados por los modelos de crecimiento de a). von Bertalanffy y b). Gompertz, conforme a la lectura de otolitos pertenecientes a hembras.

7.8.8. *Estimación del crecimiento en peso (hembras)*

Considerando la relación entre peso total – longitud total y el valor estimado para L_{∞} se calculó el peso asintótico o infinito de 183.3791 g. Asimismo se determinó para el peso eviscerado, 165.2705 g. Por tanto, estos valores permitieron transcribir el modelo de crecimiento de von Bertalanffy en longitud (L_t), peso total (P_t) y eviscerado (P_e), conforme a la lectura de otolitos pertenecientes a hembras:

$$L_t = 23.1695[1 - \exp\{-0.4243(t + 0.1432)\}]$$

$$P_t = 183.3791[1 - \exp\{-0.4243(t + 0.1432)\}]^{2.6913}$$

$$P_e = 165.2705[1 - \exp\{-0.4243(t + 0.1432)\}]^{2.8213}$$

Con los modelos en peso se estimaron los valores por grupo de edad determinados por la lectura de anillos de crecimiento en otolitos de hembras (Tabla 84).

Tabla 84. Valores estimados para longitud total, peso total y eviscerado por grupo de edad, determinados por la lectura de anillos de crecimiento en otolitos de hembras.

Edad (años)	Longitud total (cm)	Peso total (g)	Peso eviscerado (g)
0.5	5.6	4.0137	3.0076
1.0	8.7	13.1364	10.4237
1.5	11.8	29.8336	24.6296
2.0	13.9	46.3602	39.0970
2.5	15.5	62.1569	53.1666
3.0	17.1	80.9677	70.1468

7.8.9. *Hembras e indeterminados*

Los datos obtenidos sugieren siete grupos de edad, en cada uno de ellos se determinaron los correspondientes estimadores de densidad por kernel, con los cuales pudieron estimarse las modas correspondientes: 0.544, 1.296, 2.088, 2.828, 3.400, 3.808 y 4.288; como podrá notarse en estas hay una tendencia a disminuir la distancia existe o mostrada entre cada uno de los anillos de crecimiento (Figura 105)

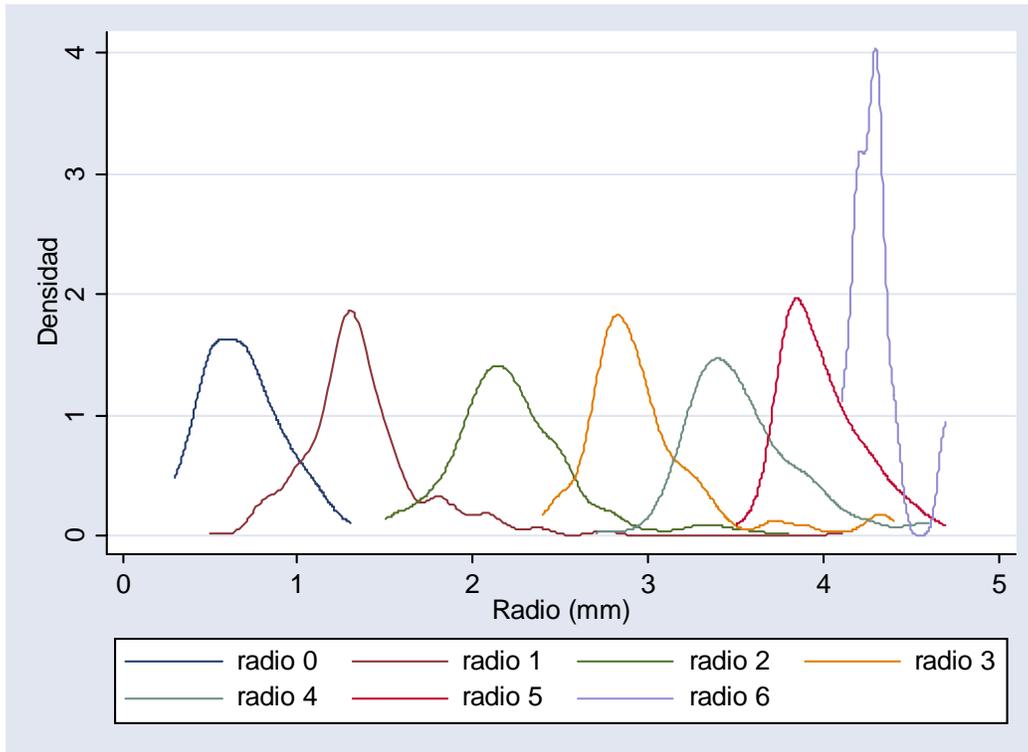


Figura 105. Estimadores de densidad por kernel gaussiano para cada uno de los radios de los anillos de crecimiento mostrado en otolitos sagittae pertenecientes a hembras e indeterminados.

Mediante los estimadores de densidad kernel para los anillos determinados por la lectura de otolitos pertenecientes a hembras e indeterminados se calcularon cada uno de los siete componentes gaussianos (Tabla 85) a través del método de Bhattacharya (1967)

En la Figura 106 se muestra la relación entre la distancia del foco al margen del rostrum de los otolitos pertenecientes a hembras e indeterminados y valores correspondientes a longitud total de los peces mediante análisis de regresión lineal ($r^2 = 0.9823$) y potencial ($r^2 = 0.9847$)

Mediante la regresión potencial se calcularon las tallas para cada uno de los grupos de edad, conforme a los valores determinados para las medias de los anillos observados en los otolitos pertenecientes a hembras e indeterminados (Tabla 86)

Tabla 85. Componentes gaussianos para los seis anillos de crecimiento observados en la lectura de otolitos pertenecientes a hembras.

Componente	Media <i>R</i>	D. s.	Tamaño	<i>r</i> ²	Intervalo
1	0.6173	0.2069	64	0.9928	21/25
2	1.2952	0.1085	111	0.9993	43/43
3	2.0994	0.1522	94	0.9974	24/28
4	2.8539	0.1713	115	0.9812	19/33
5	3.3891	0.2191	105	0.9988	26/31
6	3.8139	0.2191	50	0.9995	17/20
7	4.2870	0.0482	5	0.9955	21/25

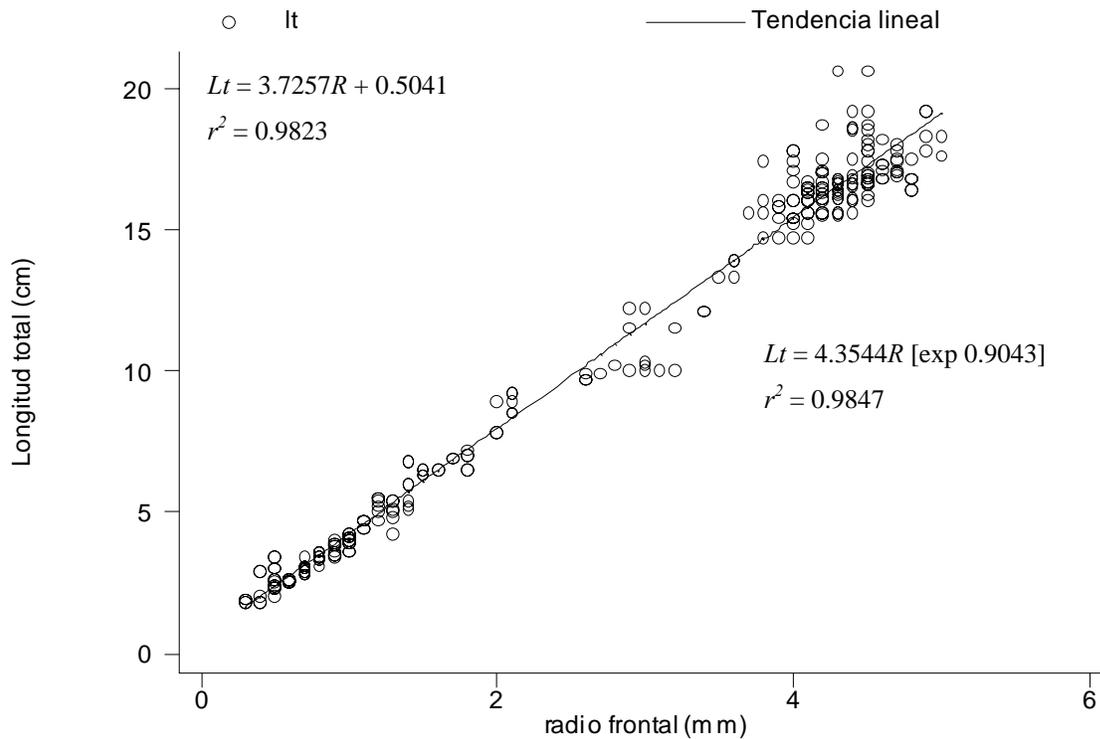


Figura 106 Relación entre la distancia del foco al margen del rostrum (*R*) y talla de los peces; conforme a la lectura en otolitos pertenecientes a hembras e indeterminados de *Oreochromis niloticus* provenientes de la presa “Emiliano Zapata”, Morelos.

Tabla 86. Valores estimados para longitud total por grupo de edad (*Ltge*) en hembras e indeterminados.

Edad (años)	Media <i>R</i>	<i>Ltge</i>	T.C.
0.0	0.6173	2.8	2.7
0.5	1.2952	5.5	3.0
1.0	2.0994	8.5	2.7
1.5	2.8539	11.2	1.9
2.0	3.3891	13.1	1.5
2.5	3.8139	14.6	1.6
3.0	4.2870	16.2	

Con los datos de la Tabla 85 se calcularon los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy, a través de métodos linearizados y por regresión no lineal (Tabla 87 y Figuras 107, 108, 109 y 110) Los valores mostrados para la longitud asintótica presentan muy poca fluctuación (25.42 y 27.23 cm de longitud total); en tanto, para el índice catabólico los valores muestran mayor dispersión (0.13 a 0.30), los valores estimados para t_0 muestran muy poca variabilidad (- 0.34 a - 0.39)

Tabla 87. Valores estimados mediante métodos de regresión lineal y no lineal, para los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy, conforme a la lectura de otolitos pertenecientes a hembras e indeterminados.

Tipo de regresión	Método	L_{∞}	K	t_0	r^2
lineal	Ford – Walford	26.9275	0.1353		0.9948
	Gulland	23.8400	0.1991		0.7995
	Gulland – Holt	27.2315	0.2654		0.7718
	Beverton – Holt	*23.8859	0.3392	- 0.3247	0.9987
no lineal	simple (rnls)	25.4266	0.3026	- 0.3597	0.9997
	ponderada (rnlp)	26.1510	0.2940	- 0.3488	0.9996

* valor estimado del promedio entre Ford – Walford, Gulland y Gulland – Holt.

En comparación con los valores reportados por la lectura en escamas de hembras, los valores correspondientes a la longitud asintótica estimados por la lectura en otolitos muestran menor variabilidad pues estos oscilan entre los 25.42 y 27.23 con un promedio de 26.6155 en tanto que los primeros muestran un intervalo de 24.95 a 28.66, con un promedio de 25.9156; para el índice catabólico sucede lo contrario, puesto que el intervalo obtenido con otolitos va de 0.13 a 0.30 con un promedio de 0.234, mientras que con escamas oscila entre 0.16 y 0.33 con promedio de 0. 2611; así como en t_0 (intervalo entre - 0.34 y - 0.39, promedio de - 0.3684) y en escamas (- 0.38 a - 0.48, con promedio de - 0. 429) Por consiguiente, pareciera que la menor incertidumbre para estimar la longitud asintótica, K y t_0 son los otolitos.

Por otra parte, entre el análisis de regresión no lineal simple y no lineal ponderado (Tabla 88), los intervalos donde se ubican los valores correspondientes a los parámetros se estrechan en la no lineal ponderada, el error estándar disminuye y el nivel de significancia aumenta, por consiguiente, la regresión no lineal ponderada es el método más adecuado para estimar los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy.

Gráfico de Ford-Walford, $L_{\text{inf}} = 26.8275$, $K = 0.1353$

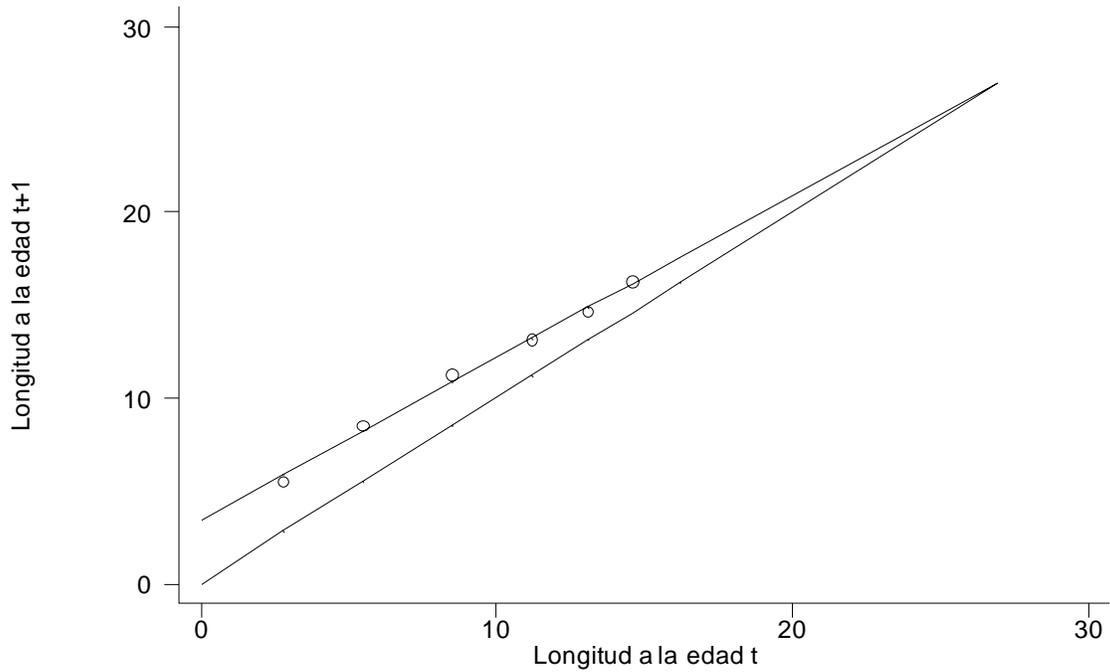


Figura 107. Gráfico de Ford – Walford, para estimar los valores de los parámetros del modelo de von Bertalanffy, conforme a la lectura de anillos de crecimiento en otolitos de hembras e indeterminados.

Gráfico de Gulland, $L_{\text{inf}} = 29.9275$, $K = 0.1353$

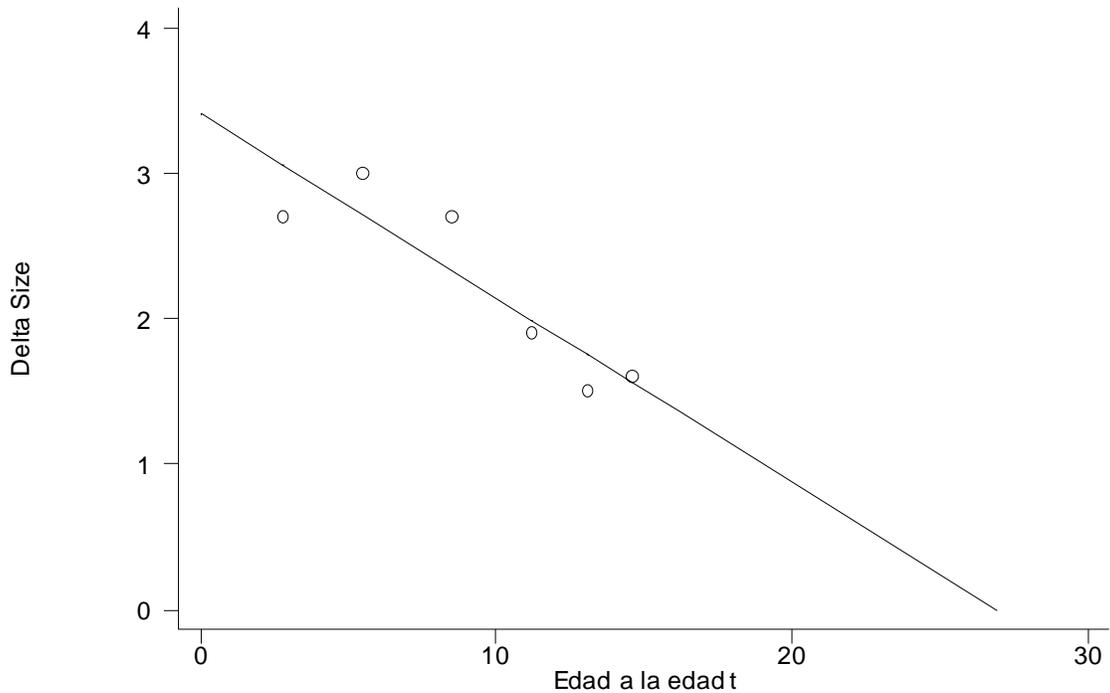


Figura 108. Gráfico de Gulland, para estimar los valores de los parámetros del modelo de von Bertalanffy, conforme a la lectura de anillos de crecimiento en otolitos de hembras e indeterminados.

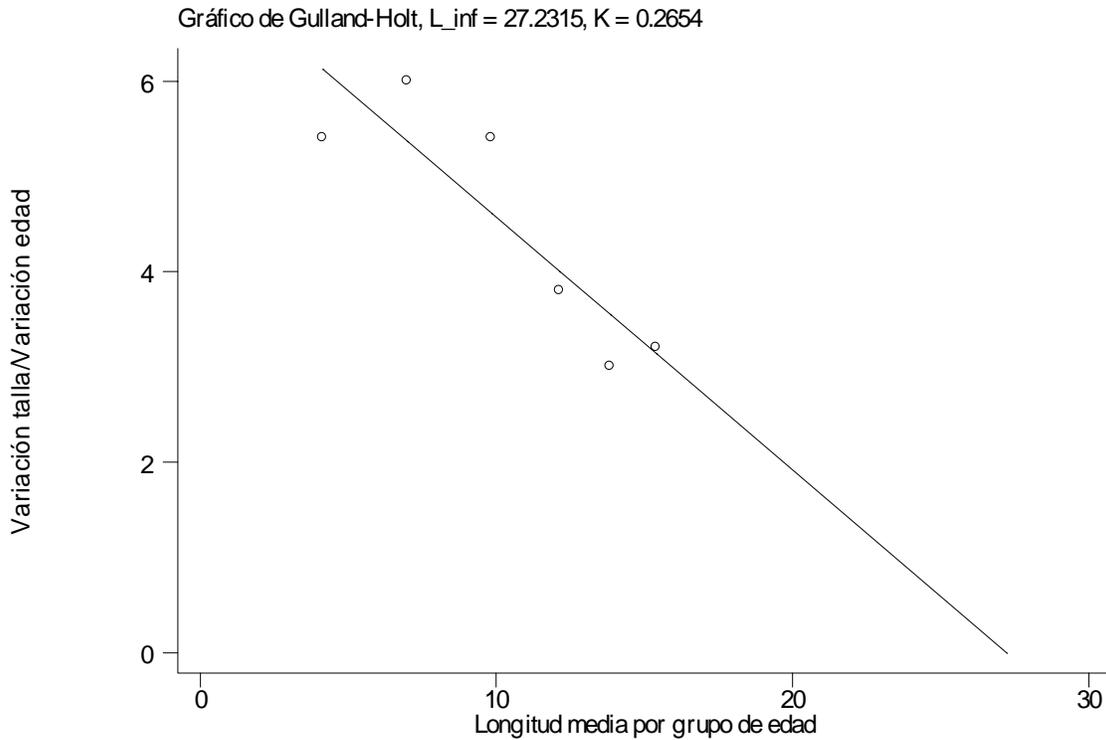


Figura 109. Gráfico de Gulland – Holt, para estimar los valores de los parámetros del modelo de von Bertalanffy, conforme a la lectura de anillos de crecimiento en otolitos de hembras e indeterminados.

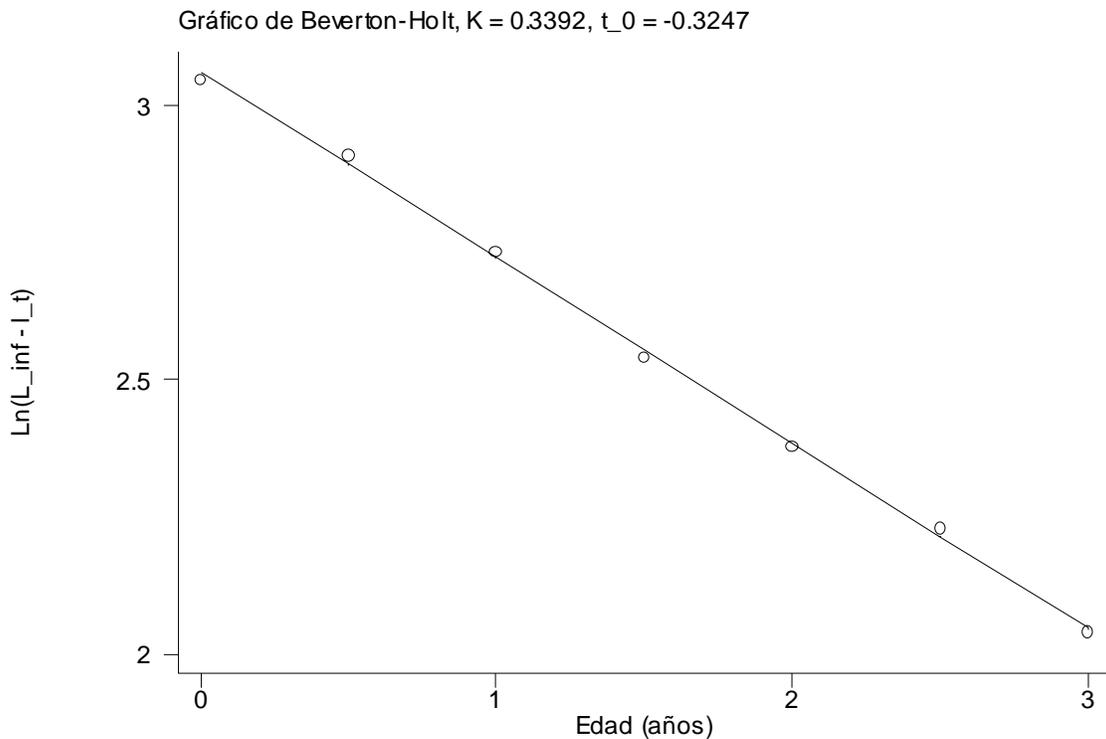


Figura 110. Gráfico de Beverton – Holt, para estimar los valores de los parámetros del modelo de von Bertalanffy, conforme a la lectura de anillos de crecimiento en otolitos de hembras e indeterminados.

Tabla 88. Valores e intervalos estimados para los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy, conforme a la regresión no lineal y regresión no lineal ponderada, de la lectura en otolitos pertenecientes a hembras e indeterminados.

Regresión no lineal						
parámetro	valor	e.s.	t	$P > t $	intervalo	
L_{∞}	25.4266	2.4025	10.58	0.000	18.7561	32.0971
K	0.3026	0.0485	6.24	0.003	0.1679	0.4373
t_0	- 0.3597	0.0506	- 7.11	0.002	- 0.5002	- 0.2193
Regresión no lineal ponderada						
parámetro	valor	e.s.	t	$P > t $	intervalo	
L_{∞}	26.1510	0.3525	74.18	0.000	25.4585	26.8434
K	0.2940	0.0062	47.59	0.000	0.2819	0.3061
t_0	- 0.3488	0.0053	- 65.14	0.000	- 0.3593	- 0.3383

Los resultados de la regresión no lineal para determinar el ajuste de los modelos de crecimiento de von Bertalanffy (rnls y rnlp), Gompertz y Logístico (Tabla 89), muestran que los tres modelos de crecimiento utilizados describen adecuadamente el crecimiento ($r^2 = 0.999$), esto mismo, puede apreciarse al graficar las tallas promedio por grupo de edad y los valores esperados conforme a las funciones de crecimiento (Figura 111)

Tabla 89. Valores calculados para los correspondientes parámetros de los modelos de crecimiento de von Bertalanffy, Gompertz y Logístico conforme a la edad estimada por la lectura en otolitos pertenecientes a hembras e indeterminados

Modelo de crecimiento	L_{∞}^*	K ó g^*	t_0^*	r^2
von Bertalanffy (rnls)	25.4266	0.3026	- 0.3597	0.9997
von Bertalanffy (rnlp)	26.1510	0.2940	- 0.3488	0.9996
Gompertz	18.3479	0.8675	0.7128	0.9998
Logístico	16.7733	1.4194	1.0272	0.9993

* Los parámetros de los modelos de crecimiento no son exactamente equivalentes entre sí, por lo cual, no representan lo mismo (Moreau, 1987; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005); los parámetros de von Bertalanffy son conocidos, por tanto son utilizados como referencia.

Al considerar la edad estimada por otolitos en cada uno de los individuos hembras e indeterminados, los resultados indican que las funciones de crecimiento de von Bertalanffy, Gompertz y Logística (Tabla 90) son adecuadas para describir el crecimiento ($r^2 = 0.99$). Esto puede ser entendido al representar los valores observados de talla por grupo de edad y los valores esperados correspondientes a las funciones de crecimiento respectivas (Figura 112), donde puede apreciarse que en los grupos de edad 1.5 hay mucha dispersión en los valores, razón por lo cual, no puede converger la curva de crecimiento Logística.

Tabla 90. Valores estimados por regresión no lineal para los correspondientes parámetros de los modelos de crecimiento de von Bertalanffy, Gompertz y Logístico conforme a la edad estimada por la lectura en otolitos pertenecientes a hembras e indeterminados.

Modelo de crecimiento	L_{∞} *	K ó g *	t_0 *	r^2
von Bertalanffy (rnls)	27.8955	0.3422	- 0.2462	0.9902
Gompertz	19.9594	1.0361	0.7275	0.9912
Logístico	18.3541	1.7171	1.0164	0.9916

* Los parámetros de los modelos de crecimiento no son exactamente equivalentes entre sí, por lo cual, no representan lo mismo (Moreau, 1987; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005); los parámetros de von Bertalanffy son conocidos, por tanto son utilizados como referencia.

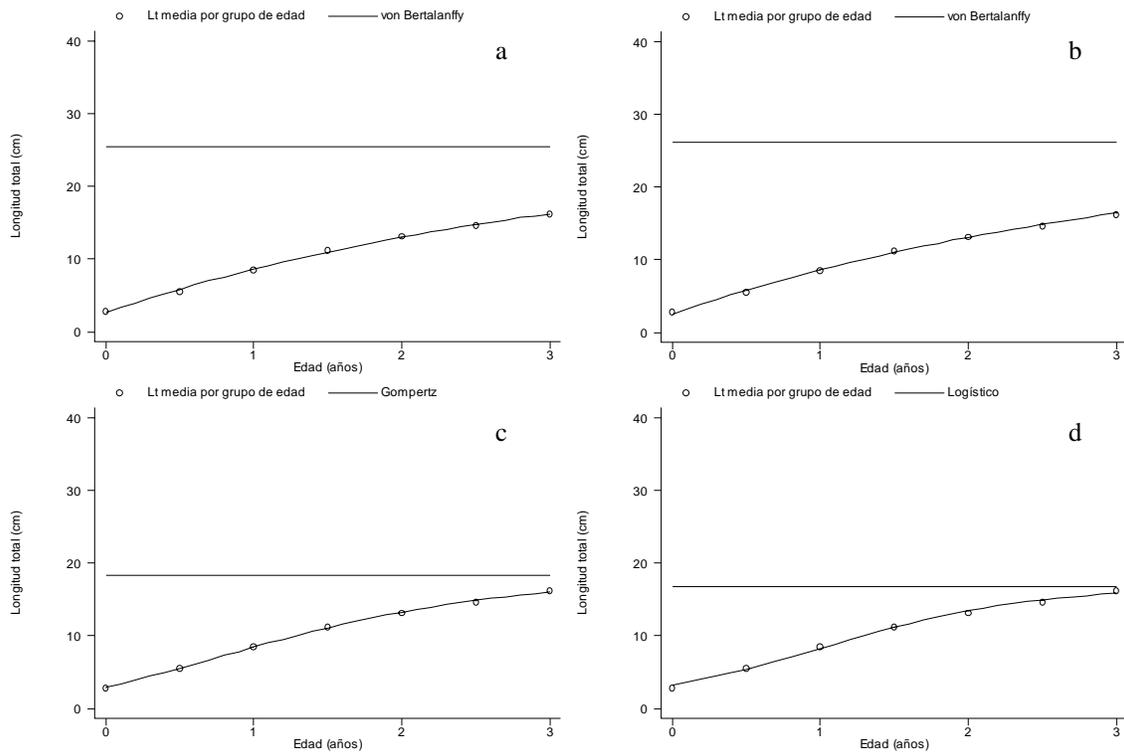


Figura 111. Valores estimados para longitud total por grupo de edad y curva de crecimiento de a). von Bertalanffy (rnls), b). von Bertalanffy (rnlp), c). Gompertz y d). Logística.

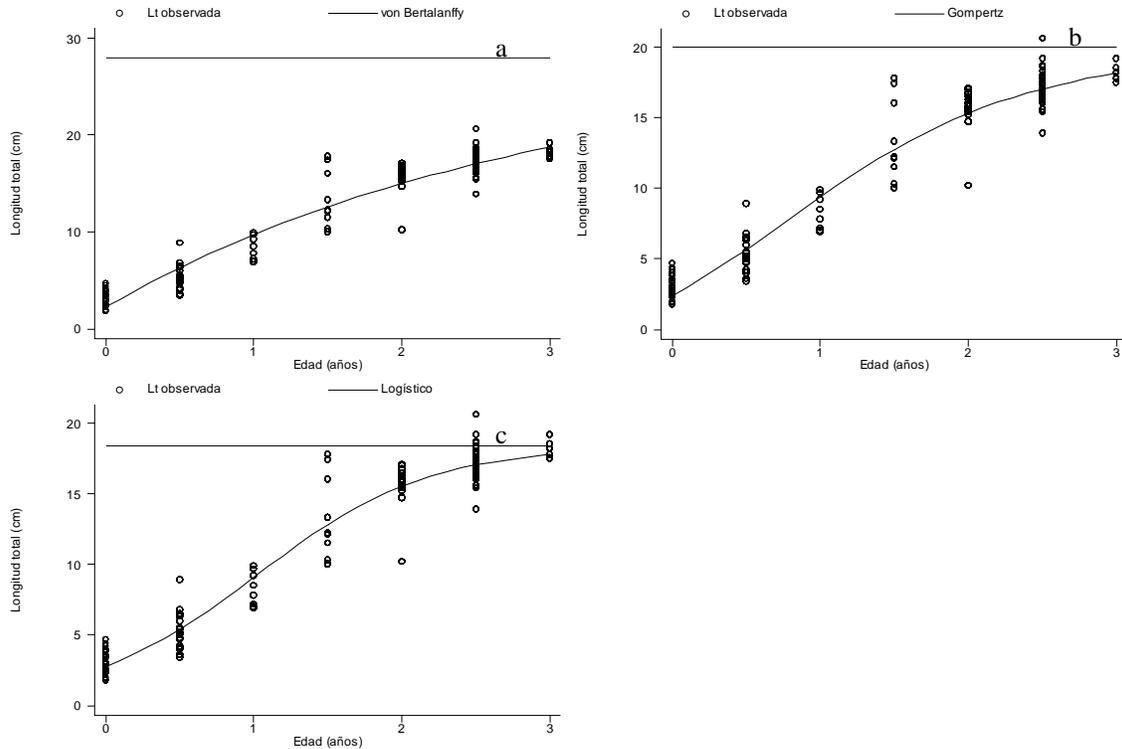


Figura 112. Tallas observadas por grupos de edad y modelos de crecimiento de a). von Bertalanffy, b).Gompertz y c). Logístico; conforme a la lectura de otolitos pertenecientes a hembras e indeterminados.

7.8.10. Estimación del crecimiento en peso (hembras e indeterminados)

De acuerdo con la ecuación resultante peso total – longitud total y el valor para la longitud asintótica, pudo determinarse el peso infinito o asintótico, 242.7950 g. De la misma forma, usando el peso eviscerado, la P_{∞} se estimó, 227.3440 g. Con estos valores puede transcribirse la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy para longitud (L_t), peso total (P_t) y eviscerado (P_e) para hembras e indeterminados, resultado de la lectura de anillos de crecimiento en otolitos.

$$L_t = 25.4266[1 - \exp\{-0.4243(t + 0.1432)\}]$$

$$P_t = 238.6453[1 - \exp\{-0.4243(t + 0.1432)\}]^{2.7370}$$

$$P_e = 217.1233[1 - \exp\{-0.4243(t + 0.1432)\}]^{2.8567}$$

Tabla 91. Valores estimados para longitud total, peso total y eviscerado por grupo de edad, determinados por la lectura de anillos de crecimiento en otolitos de machos e indeterminados.

Edad (años)	Longitud total (cm)	Peso total (g)	Peso eviscerado (g)
0.0	2.8	0.5693	0.3978
0.5	5.5	3.6129	2.7366
1.0	8.5	11.8932	9.4905
1.5	11.2	25.3040	20.8699
2.0	13.1	38.8553	32.6534
2.5	14.6	52.2772	44.5068
3.0	16.2	69.4899	59.9019

7.8.11. Pruebas estadísticas para comparación de funciones de crecimiento

De las lecturas de anillos de crecimiento en otolitos y conforme a las estimaciones de los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy por sexos se observaron variaciones en los valores correspondientes (Tabla 92) Por lo cual, se realizaron las pruebas T^2 de Hotelling y razón de verosimilitud para comparación de funciones de crecimiento.

Tabla 92. Valores estimados por regresión no lineal para los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy por sexos

Parámetro/sexo	Todos los organismos	Machos	Machos e indeterminados	Hembras	Hembras e indeterminados
L_{∞}	25.7473	24.4132	32.0644	23.1695	25.4266
K	0.3145	0.3633	0.2245	0.4243	0.3026
t_0	- 0.3256	- 0.1661	- 0.3818	- 0.1432	- 0.3597

Los resultados de la prueba T^2 de Hotelling indican que no hay diferencias significativas (Tabla 93) entre los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy para machos y hembras. Dado que el valor del estadígrafo calculado es menor al de tablas.

Tabla 93. Prueba T^2 de Hotelling (Bernard, 1981) para comparación de los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy, para machos y hembras, conforme a la lectura en otolitos.

matriz varianza – covarianza (S)			matriz inversa de varianza – covarianza		
0.0082			989.1809		
0.0066	0.0065		- 2536.7761	11276.4972	
- 0.2035	- 0.2129	7.1361	- 47.4880	264.1417	6.6677
1.2437	- 0.0610	- 0.0228	= [P1 - P2]'		
$T^2 = 26.2220$		$T^2_{0.01: 3,8} = 28.4662$		$F_{0.01: 3,8} = 7.5910$	
Las funciones de crecimiento no son diferentes con intervalo de confianza de 99%					

Por otra parte, la prueba de razón de verosimilitud (Tabla 94) para los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy entre machos y hembras tampoco muestra diferencias significativas, por lo cual machos y hembras crecen de igual forma. Pues ninguno de los parámetros muestra diferencias significativas ($P > 0.05$)

Al considerar los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy para machos e indeterminados y hembras e indeterminados, la prueba de razón de verosimilitud (Tabla 95) indica que existen diferencias significativas entre el crecimiento de estos dos grupos.

La prueba de razón de verosimilitud para machos e indeterminados y hembras e indeterminados (Tabla 96) entre los parámetros de funciones de crecimiento indican que entre estas no hay diferencias significativas ($P = 0.1209$) tanto en conjunto como por parámetros separados, por tanto el crecimiento entre estos dos grupos es semejante.

Tabla 94. Pruebas de razón de verosimilitud (Kimura, 1980) para los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy para machos (1) y hembras (2), conforme a la lectura en otolitos.

Restricciones lineales	Modelos equivalentes	S.C.R.	χ^2 Calc.	g.l.	P
ninguna	$L_{1j} = 24.4132(1 - \exp(-0.3633(t_{1j} + 0.1661)))$ $L_{2j} = 23.1695(1 - \exp(-0.4243(t_{2j} + 0.1432)))$	0.4527701			
$L_{\infty 1} = L_{\infty 2}$	$L_{1j} = 23.7183(1 - \exp(-0.3843(t_{1j} + 0.1464)))$ $L_{2j} = 23.7183(1 - \exp(-0.4042(t_{2j} + 0.1614)))$	0.4631228	0.2713	1	0.6012
$K_1 = K_2$	$L_{1j} = 23.4689(1 - \exp(-0.3931(t_{1j} + 0.1366)))$ $L_{2j} = 24.0231(1 - \exp(-0.3931(t_{2j} + 0.1737)))$	0.4750051	0.5753	1	0.4474
$T_{01} = t_{02}$	$L_{1j} = 24.1208(1 - \exp(-0.3726(t_{1j} + 0.1543)))$ $L_{2j} = 23.3999(1 - \exp(-0.4148(t_{2j} + 0.1543)))$	0.4553791	0.0689	1	0.4002
$L_{\infty 1} = L_{\infty 2}$ $K_1 = K_2$ $T_{01} = t_{02}$	$L_j = 23.7499(1 - \exp(-0.3930(t_{1j} + 0.1554)))$	1.0860760	10.4993	3	0.0147

Tabla 95. Prueba T^2 de Hotelling (Bernard, 1981) para comparación de los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy, para machos e indeterminados y hembras e indeterminados, conforme a la lectura en otolitos.

Matriz varianza – covarianza (S)			Matriz inversa de varianza – covarianza		
0.0062			505.2693		
0.0044	0.0047		- 793.6606	4594.1756	
- 0.3485	- 0.3928	34.9992	- 3.8767	43.6623	0.4800
6.6378	- 0.0781	- 0.0220	= [P1 - P2]'		
$T^2 = 8.9473$		T^2 0.01: 3,10 = 23.5883	F 0.01: 3,10 = 6.5523		
Las funciones de crecimiento no son diferentes con intervalo de confianza de 99%					

Tabla 96. Pruebas de razón de verosimilitud (Kimura, 1980) para comparación de los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy, para machos e indeterminados y hembras e indeterminados, conforme a la lectura en otolitos.

Restricciones lineales	Modelos equivalentes	S.C.R.	χ^2 Calc.	g.l.	<i>P</i>
ninguna	$L_{1j} = 32.0644(1 - \exp(-0.2245(t_{1j} + 0.3818)))$ $L_{2j} = 25.4266(1 - \exp(-0.3026(t_{2j} + 0.3818)))$	1.070973			
$L_{\infty 1} = L_{\infty 2}$	$L_{1j} = 28.6702(1 - \exp(-0.2664(t_{1j} + 0.3466)))$ $L_{2j} = 28.6702(1 - \exp(-0.2490(t_{2j} + 0.4054)))$	1.204824	1.6487	1	0.1991
$K_1 = K_2$	$L_{1j} = 29.1402(1 - \exp(-0.2602(t_{1j} + 0.3492)))$ $L_{2j} = 27.8480(1 - \exp(-0.2602(t_{2j} + 0.3978)))$	1.159265	1.1090	1	0.2923
$t_{01} = t_{02}$	$L_{1j} = 31.4224(1 - \exp(-0.2319(t_{1j} + 0.3707)))$ $L_{2j} = 25.8162(1 - \exp(-0.2942(t_{2j} + 0.3707)))$	1.076577	0.0730	1	0.7869
$L_{\infty 1} = L_{\infty 2}$ $K_1 = K_2$ $t_{01} = t_{02}$	$L_j = 31.4224(1 - \exp(-0.2319(t_{1j} + 0.3707)))$	1.622613	5.8166	3	0.1209

7.9.1. Concordancia

De las lecturas en escamas y otolitos se obtuvieron 239 organismos, 44.6% que presentaron el mismo número de anillos de crecimiento en ambas estructuras (Figura 113), los resultados sugieren la presencia de siete grupos; con estos individuos se estimaron las modas de las tallas conforme al número de anillos, mediante los estimadores de densidad por kernel gaussiano (Figura 114), así las modas determinadas fueron: 3.024, 5.328, 9.504, 13.928, 15.900, 17.100 y 17.784.

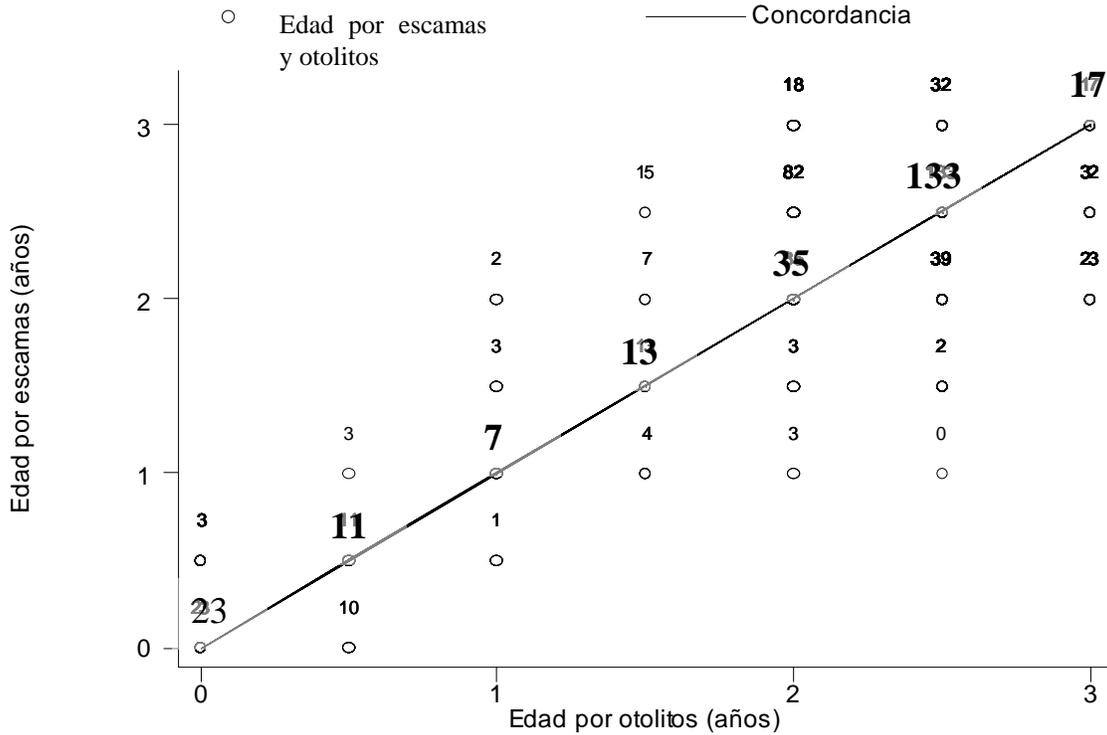


Figura 113. Grupos de edad, conforme a la lectura de otolitos y escamas, los números por encima de los puntos indican el número de organismos que representan tal edad, la bisectriz muestra aquellos organismos con la misma edad en ambas estructuras.

En general observamos que los grupos presentan un comportamiento unimodal, excepto por los grupos dos y cuatro donde es posible detectar dos modas, para el segundo se consideró la moda dominante como la representativa y en el cuarto la menor moda es la representante.

A través del método de Bhattacharya (1967) se caracterizó cada uno de los componentes (Tabla 97) para de esta forma contar con el valor de la media, desviación estándar y tamaño del intervalo; de acuerdo con estos datos y la edad estimada por escamas u otolitos se formaron grupos de edad con la talla media de los organismos (Tabla 98)

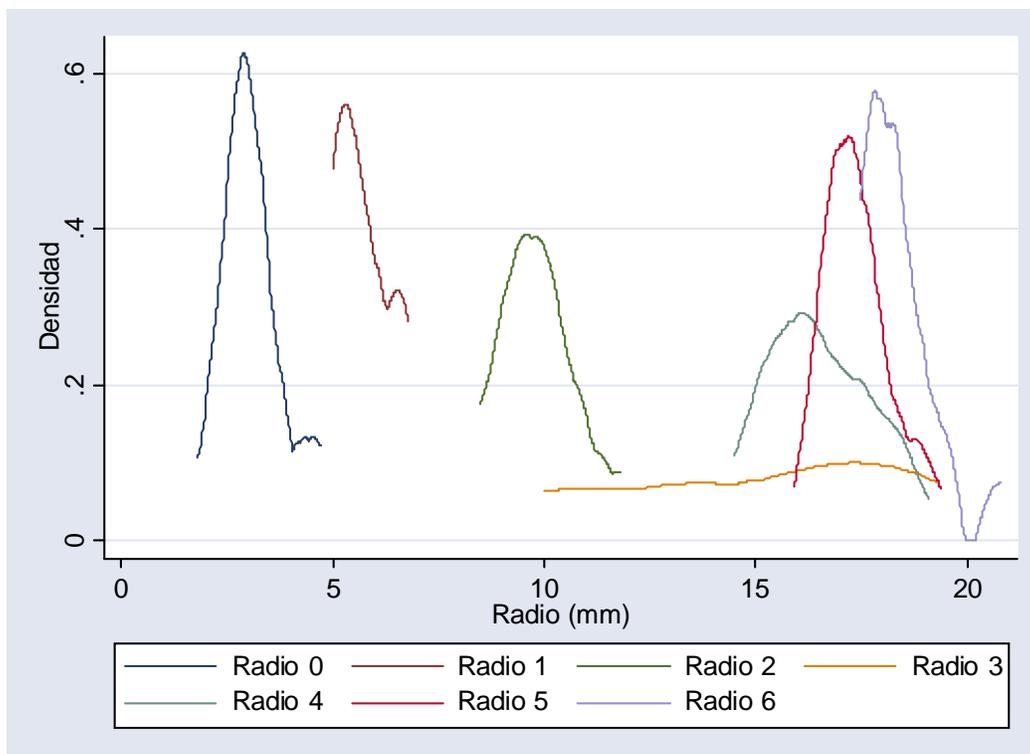


Figura 114. Estimadores de densidad por kernel gaussiano para longitud total de acuerdo a con los organismos que presentaron el mismo número de anillos en otolitos y escamas.

Tabla 97. Componentes gaussianos para las tallas de los organismos que presentaron el mismo número de anillos de crecimiento en otolitos y escamas de *Oreochromis niloticus*.

Componente	Media	Desviación estándar	Tamaño	r^2	Intervalo
1	2.9245	0.5767	20	0.9926	16/27
2	5.2896	0.4098	7	0.9993	8/11
3	9.5683	0.7081	5	0.9998	16/18
4	11.0003	1.9399	5	0.9999	7/10
5	15.8481	1.0011	26	0.9987	15/18
6	17.0743	0.5782	102	0.9996	17/19
7	17.7270	0.5707	14	0.9909	11/13

Los datos de edad, media y tamaño del componente permitieron estimar los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy por regresión lineal y no lineal (Tabla 99 y Figuras 115, 116, 117 y 118), al emplear la regresión no lineal ponderada y comparar los valores obtenidos es posible visualizar una mayor precisión, dado que los intervalos de confianza se estrechan, el error estándar disminuye y el nivel de significancia aumenta (Tabla 100) Haciendo uso también de la regresión no lineal se calcularon los parámetros de las funciones de crecimiento de Gompertz y Logística (Tabla 101).

Tabla 98. Valores medios para longitud total por grupo de edad de los organismos que presentaron el mismo número de anillos de crecimiento en otolitos y escamas.

Edad	Medias Lt	T..c.
0.0	2.9245	2.3651
0.5	5.2896	4.2787
1.0	9.5683	1.4320
1.5	11.0003	4.8478
2.0	15.8481	1.2262
2.5	17.0743	0.6527
3.0	17.7270	

Tabla 99. Valores estimados mediante métodos de regresión lineal y no lineal, para los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy de los organismos que presentaron el mismo número de anillos de crecimiento en otolitos y escamas

Tipo de regresión	Método	L_{∞}	K	t_0	r^2
lineal	Ford – Walford	25.7502	0.1738		0.9109
	Gulland	25.7502	0.1738		0.2691
	Gulland – Holt	30.5113	0.2598		0.1542
	Beverton – Holt	*27.3372	0.3402	- 0.2495	0.9703
no lineal	Simple (rnls)	31.1333	0.2724	- 0.2991	0.9926
	Ponderada (rnlp)	26.1617	0.3783	- 0.2755	0.9986

Tabla 100. Valores e intervalos estimados para los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy, conforme a la regresión no lineal simple y ponderada, de los organismos que presentaron el mismo número de anillos de crecimiento en otolitos y escamas.

Regresión no lineal						
parámetro	valor	e.s.	t	$P> t $	intervalo	
L_{∞}	31.1333	13.0189	2.39	0.075	- 5.0129	67.2796
K	0.2724	0.1809	1.51	0.207	- 0.2300	0.7748
t_0	- 0.2991	0.1823	- 1.64	0.176	- 0.8052	0.2070
Regresión no lineal ponderada						
parámetro	valor	e.s.	t	$P> t $	intervalo	
L_{∞}	26.1617	1.0660	24.54	0.000	24.0579	28.2655
K	0.3783	0.0289	13.10	0.000	0.3214	0.4353
t_0	- 0.2755	0.0200	- 13.77	0.000	- 0.3150	- 0.2360

Gráfico de Ford-Walford, $L_{\infty} = 25.7502$, $K = 0.1738$

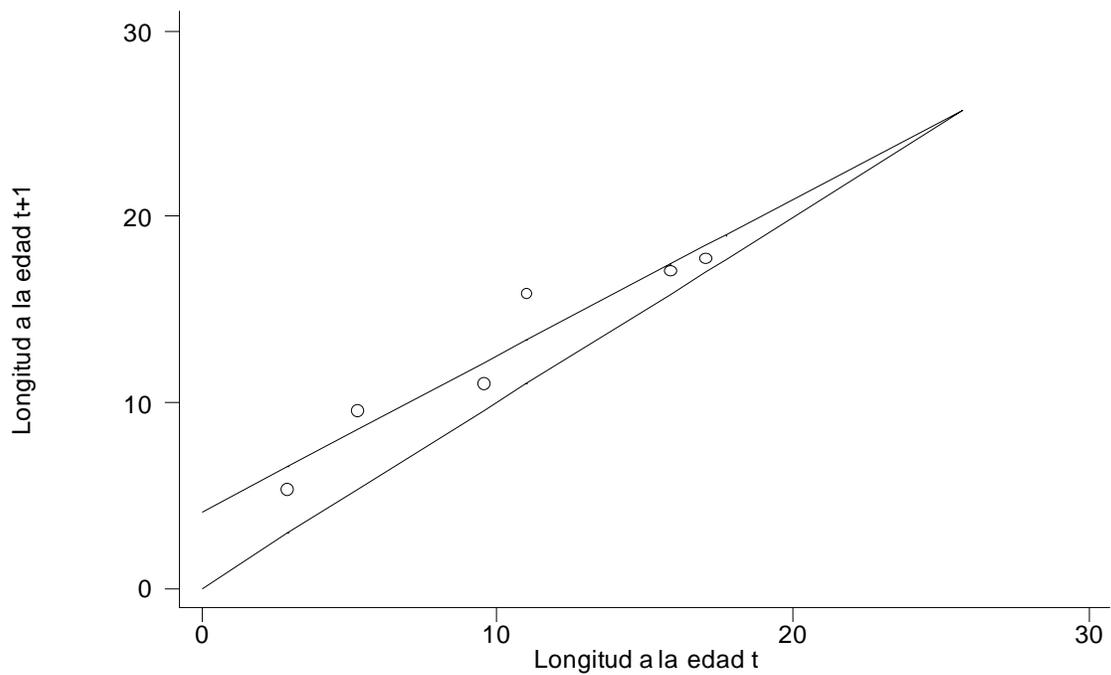


Figura 115. Gráfico de Ford – Walford, para estimar los valores de los parámetros del modelo de von Bertalanffy, conforme a los organismos concordantes.

Gráfico de Gulland, $L_{\infty} = 25.7502$, $K = 0.1738$

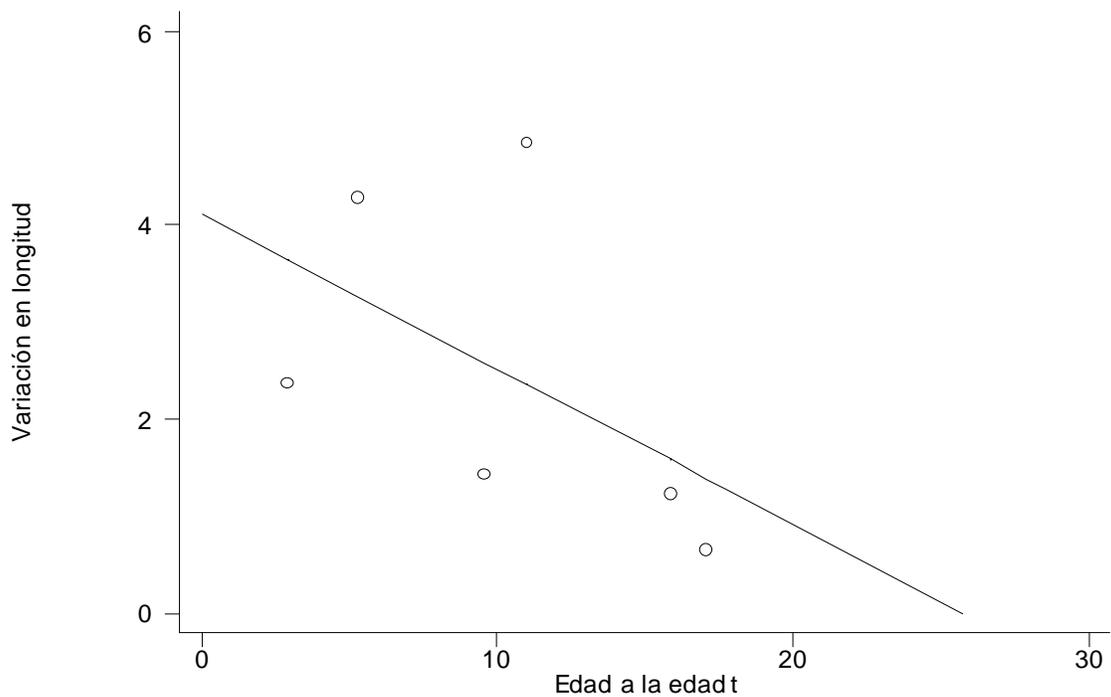


Figura 116. Gráfico de Gulland, para estimar los valores de los parámetros del modelo de von Bertalanffy, conforme a los organismos concordantes.

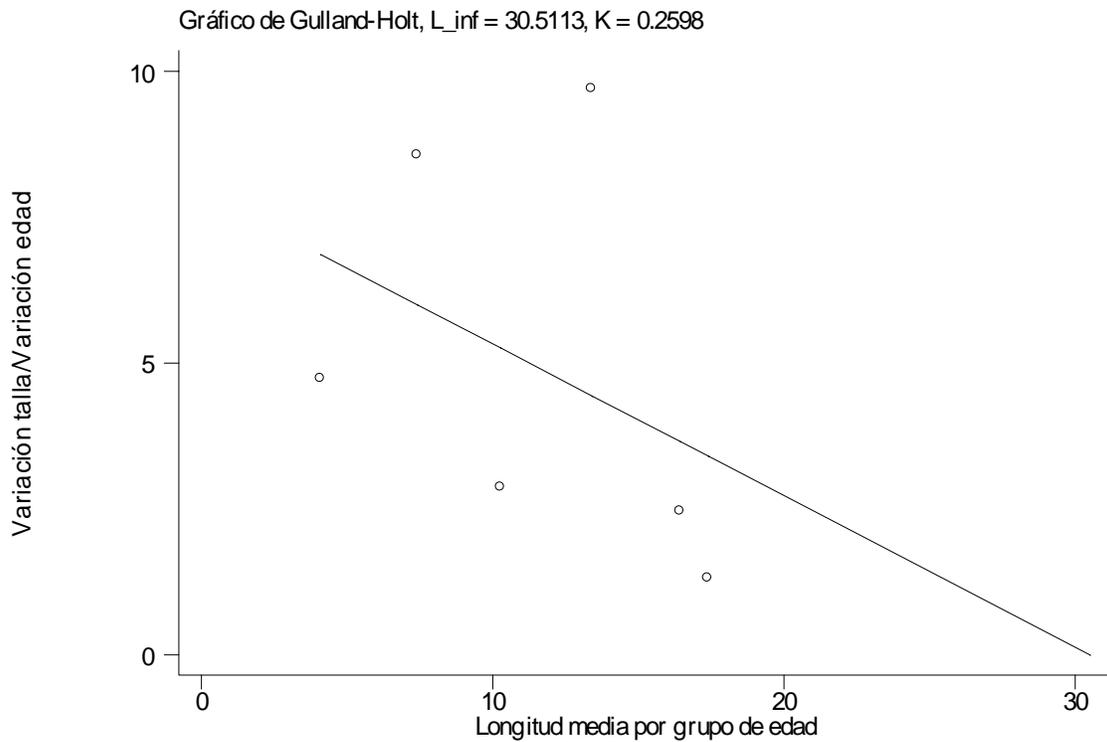


Figura 117. Gráfico de Gulland – Holt, para estimar los valores de los parámetros del modelo de von Bertalanffy, conforme a los organismos concordantes.

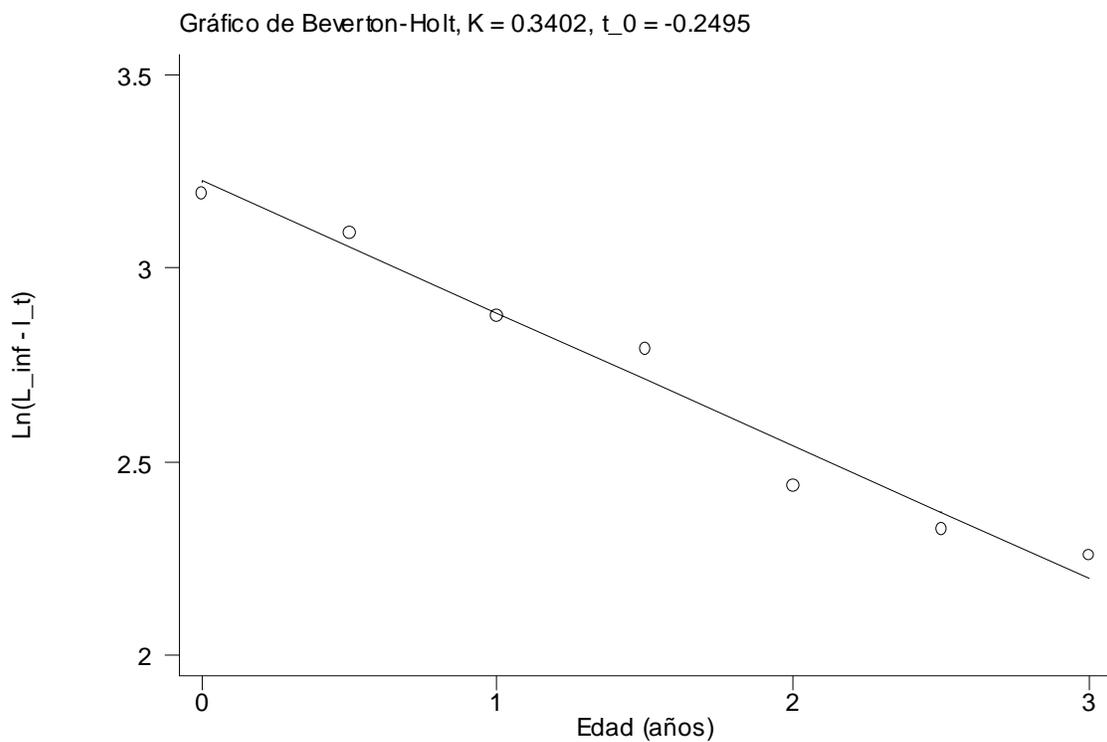


Figura 118. Gráfico de Beverton – Holt, para estimar los valores de los parámetros del modelo de von Bertalanffy, conforme a los organismos concordantes.

Tabla 101. Valores calculados para los parámetros de los modelos de crecimiento de von Bertalanffy, Gompertz y Logístico de los organismos que presentaron el mismo número de anillos de crecimiento en otolitos y escamas				
Modelo de crecimiento	L_{∞}^*	K ó g^*	t_0^*	r^2
von Bertalanffy (rnls)	31.1333	0.2724	- 0.2991	0.9926
von Bertalanffy (rnlp)	26.1617	0.3783	- 0.2755	0.9986
Gompertz	20.8615	0.9010	0.8025	0.9971
Logístico	19.0010	1.5109	1.1054	0.9974

* Los parámetros de las funciones de crecimiento no son exactamente equivalentes entre sí, por lo cual, no representan lo mismo (Moreau, 1987; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005); los parámetros de von Bertalanffy son conocidos, por tanto son utilizados como referencia.

Los valores estimados para el coeficiente de determinación indican que el ajuste de los modelos de crecimiento de von Bertalanffy, Gompertz y Logístico es adecuado ($r^2 = 0.99$) para describir el crecimiento de la tilapia. El mismo comportamiento lo podemos visualizar al graficar los valores medios calculados por grupo de edad y los valores esperados por los modelos (Figura 119).

Por otra parte al considerar a todos y cada uno de los organismos que presentaron el mismo número de anillos de crecimiento en escamas y otolitos, estimando los parámetros correspondientes a los modelos de crecimiento de von Bertalanffy, Gompertz y Logístico (Tabla 102); los valores del coeficiente de determinación ($r^2 = 0.99$) sugieren también que los modelos son adecuados para describir el crecimiento de los individuos, aunque podríamos destacar que tanto Gompertz como Logístico tienen un mayor ajuste y ello se aprecia muy bien al trazar las curvas generadas en los grupos de talla – edad, donde ambas cruzan por los puntos medios de los intervalos (Figura 120). Por consiguiente puede mencionarse, los tres modelos son adecuados para describir el crecimiento mostrado por la tilapia aunque un mejor ajuste lo observan Gompertz y Logístico.

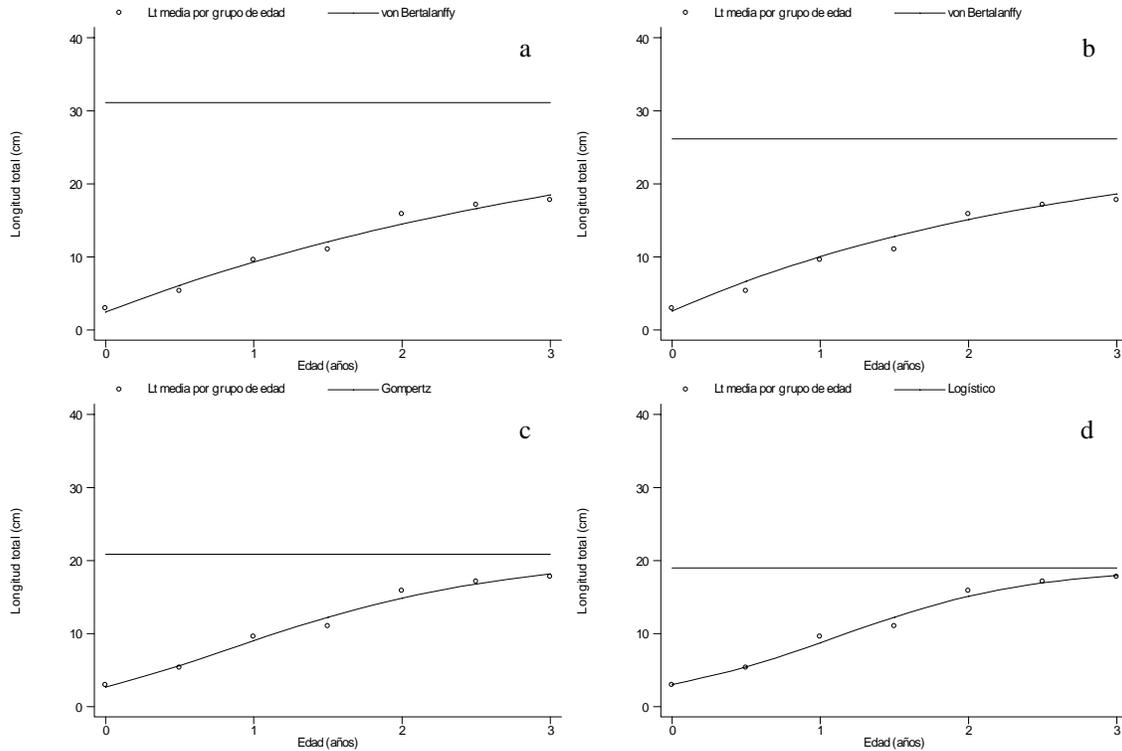


Figura 119. Valores estimados para longitud total por grupo de edad y curva de crecimiento de a) von Bertalanffy (rnl), b) von Bertalanffy (rnl), c) Gompertz y d) Logística de los organismos que presentaron el mismo número de anillos de crecimiento en otolitos y escamas.

Tabla 102. Valores estimados por regresión no lineal simple para los correspondientes parámetros de los modelos de crecimiento de von Bertalanffy, Gompertz y Logístico; de los organismos que presentaron el mismo número de anillos de crecimiento en otolitos y escamas.

Modelos de crecimiento	L_{∞} *	K ó g *	t_0 *	r^2
von Bertalanffy (rnl)	22.3943	0.5576	- 0.2250	0.9936
Gompertz	19.1247	1.2440	0.5491	0.9943
Logístico	18.1515	1.9859	0.8450	0.9946

* Los parámetros de los modelos de crecimiento no son exactamente equivalentes entre sí, por lo cual, no representan lo mismo (Moreau, 1987; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005); los parámetros de von Bertalanffy son conocidos, por tanto son utilizados como referencia.

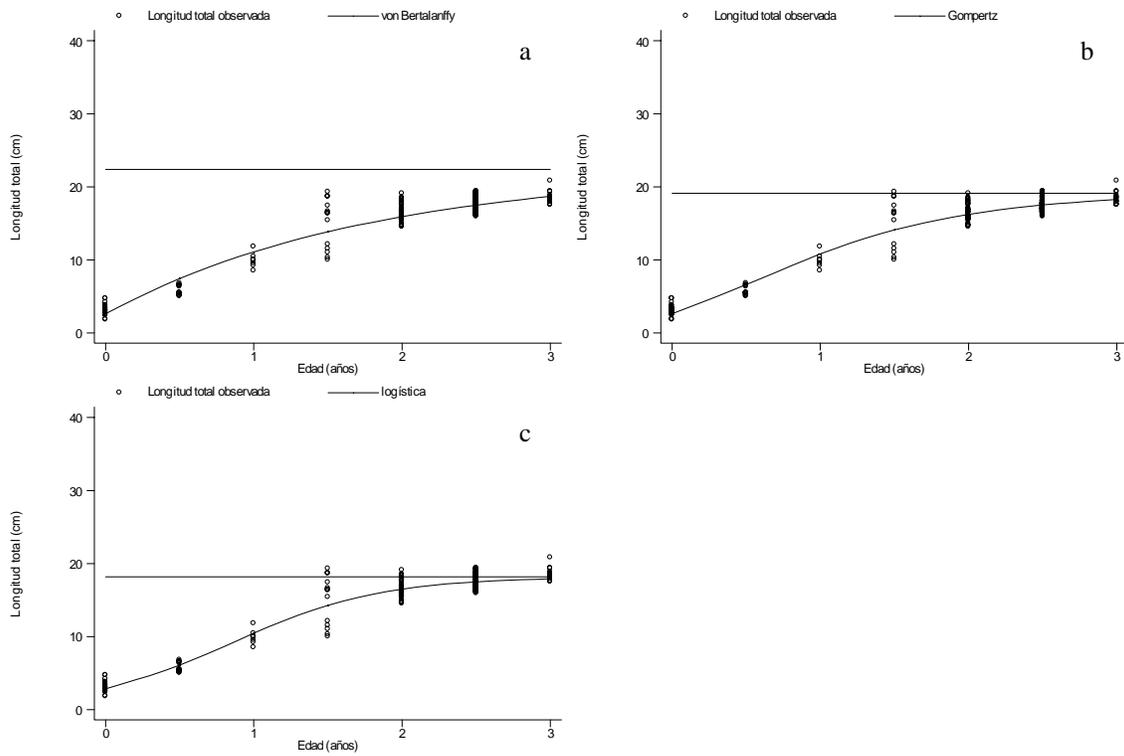


Figura 120. Tallas observadas por grupos de edad y modelos de crecimiento de a) von Bertalanffy, b) Gompertz y c) Logístico; de los organismos que presentaron el mismo número de anillos de crecimiento en otolitos y escamas.

9. DISCUSIÓN

8.1. Identificación de la especie

Los valores concuerdan con la diagnosis del género *Oreochromis* entre 14 y 29 branquiespinas en la parte inferior del primer arco branquial, espinas anales de III a IV; y la especie *niloticus*; 19 a 22 branquiespinas, aleta dorsal XVII a XVIII, con una moda de XVII, 12 – 13, aleta anal III, 10 – 11, aleta pélvica I, pectoral 15. De 30 a 32 escamas en una serie longitudinal, por consiguiente los organismos analizados corresponden al género y especie *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1757).

Los resultados indican que los organismos con los cuales se trabajó corresponden a la tilapia del Nilo, *Oreochromis niloticus*, dado que presentan todos los caracteres merísticos propios de esta especie. Además, en los muestreos se observaron caracteres como escamas pequeñas de las mejillas, generalmente más pequeñas que las de la línea lateral, coloración rosa en el cuerpo, filo de la aleta dorsal de color negro, cabeza rojo púrpura, vientre rojo, aleta dorsal presenta líneas negras verticales finas, presencia de líneas negras a lo ancho de la cola y perfil frontal convexo; el macho es polígamo y construye el nido sobre la arena, en forma de cráter circular, que es defendido y protegido por él mismo; las hembras guardan los huevos y alevines en la boca; los huevos son de color amarillo con 2 a 3 mm de diámetro.

Además en los organismos se observó una mancha oscura más o menos de forma circular en la parte posterior de la esquina del opérculo y en los jóvenes otra mancha oscura de forma circular en la esquina basal de la parte suave de la aleta dorsal, llamada la “marca de la tilapia”.

Por otra parte, el hueso faríngeo es otro carácter propio de la especie pues como indican Arredondo-Figueroa y Tejeda-Salinas (1989). En esta especie dicha estructura presenta las siguientes características: dientes bicúspides curvados hacia atrás en la parte superior y monocúspides en la parte inferior; lóbulos superiores poco desarrollados, área dentada con una densidad irregular. Además, la pigmentación mostrada es en la parte superior del hueso y la parte superior del hueso faríngeo es casi recta.

8.2. Proporción por sexos

La desproporción puede ser explicada al considerar que son los machos los que cuidan el área alrededor del nido, que se encuentra generalmente cerca de los bordes de la presa, donde se realiza la mayor parte de la pesca comercial mediante atarraya; por tanto las hembras podrían encontrarse en la zona media de la presa o en áreas donde la profundidad sea mayor y sólo en la época reproductiva se les puede ubicar en los bordes.

Manríquez-Ledezma (2005) registró una proporción de 1:8.85 (Hembras:Machos) en el lago de Coatetelco; Saito-Quezada (2004) en la presa “Emiliano Zapata” encontró una proporción de 1:1.99; Perez-Ortiz y Patlani-Santiago (2001) reportaron una proporción de 1:1.4; Gómez-Márquez (2002) indica que la proporción encontrada en el lago de Coatetelco es de 1.02:1.

Para cada hembra hay un espécimen machos de *Sarotherodon galileus* Fawole y Arawomo (2000); los dos sexos están presentes en una proporción aproximada de 1:1 en poblaciones de *Oreochromis niloticus* de edad media (Babiker e Ibrahim, 1979); la proporción sexual en *Oreochromis aureus* fue de 1:2.6 en la presa Benito Juárez (Ramos-Cruz, 1995); la proporción sexual de *Oreochromis niloticus* fue de 1:1.6 en la Laguna de Chila (Basurto, 1984); en los lagos africanos es común que en

las poblaciones de cíclidos los machos dominan, porque ellos generalmente presentan mayor crecimiento en comparación con las hembras (Fryer e Illes, 1972).

Nikolsky (1963) indica que la proporción de sexos varía considerablemente de especie a especie, pero en la mayoría está cerca de uno y ésta puede variar de año con año en la misma población. El hecho de que las capturas estén compuestas por un mayor número de machos, favorece a la pesquería, puesto que actúa como un mecanismo regulador de la proporción sexual (Gómez-Márquez, 2002)

Las diferencias observadas se deben posiblemente a que los machos emigren de las áreas de desove hacia las áreas de alimentación (orillas o centro del embalse), anidación, donde pueden ser capturados; mientras las hembras se dirigen a las áreas de vegetación sumergida o rocas, donde se protegen de las actividades pesqueras. Otro factor que posiblemente incida sobre la proporción sexual, es la explotación del recurso, ocasionando un desplazamiento en el tamaño promedio de la captura, esto podría ser denotado si alguno de los sexos presenta un mayor crecimiento; para la *Tilapia nilotica* (= *Oreochromis niloticus*) el intervalo de tallas menor a 15 cm ocasionó en las hembras una mayor proporción en comparación con los machos, hasta de 2.18:1, cuando se incrementó el intervalo de 16 a 28 cm los dos sexos se encontraron en proporción semejante, predominando las hembras 1.19:1; al ser la talla mayor a 28 cm las hembras disminuyeron, comprobando la relación entre talla y proporción sexual (Babiker e Ibrahim, 1979).

8.3. Relación longitud total – longitud estándar o patrón

Respecto a los valores reportados en otros trabajos para los valores máximos de longitud para la tilapia nilótica, se encontró que Granados-Flores (2006) en la presa “Zimapan” determinó una talla máxima de 23.2 cm de longitud patrón; por su parte Manríquez-Ledezma (2005) indica una talla máxima de 23.2 cm de longitud total en el lago de Coatetelco; Saito-Quezada (2004) en la presa “Emiliano Zapata” da una talla máxima de 21 cm de longitud patrón y también en el mismo embalse Pérez-Ortiz y Patlani-Santiago (2001) mencionan un valor máximo de 25.5 cm de longitud total. Como podrá denotarse, los valores observados se encuentran dentro del intervalo de tallas reportados.

8.4. Relación Longitud total – Peso total

Los valores máximos reportados en otros trabajos sobre peso son: Granados-Flores (2006) en la presa “Zimapan” determinó una talla máxima de 311.9 g de peso total; por su parte Manríquez-Ledezma (2005) indica una talla máxima de 152.7 g de peso total en el lago de Coatetelco; en la presa Emiliano Zapata; Pérez-Ortiz y Patlani-Santiago (2001) mencionan una talla máxima de 271.1 g.

En 2006 Granados-Flores indica que los organismos estudiados mostraron en general un crecimiento de tipo isométrico entre longitud total y peso total, Manríquez-Ledesma (2005) reportó diferencias significativas por sexos en el Lago de Coatetelco; Saito-Quezada (2005) reportó una relación de tipo alométrico negativo y no detectó diferencias estadísticas entre sexos en la presa “Emiliano Zapata”; los resultados generados por Pérez-Ortiz y Patlani-Santiago (2002) mencionan un crecimiento de tipo isométrico en todos los organismos y machos, mientras en hembras alométrico negativo para la presa “Emiliano Zapata”; Gómez-Márquez (2002) encontró diferencias entre sexos en Coatetelco; por su parte, Garduño-Paredes y Avelar-Esquivel (1996) en el mismo

sistema no encontraron diferencias significativas con crecimiento alométrico negativo; Santiago-López y Jardón-Olvera (1997) reportan crecimiento alométrico positivo en la presa Cerro de Oro.

La tendencia a la isometría indica que los peces crecen sin ningún cambio en el cuerpo (Ricker, 1975), mientras el peso suele ser afectado por la época del año, temporada de reproducción y contenido estomacal (Nikolsky, 1963). El peso en las hembras puede ser afectado por el número y tamaño de los ovocitos en las gónadas, esto es, ante un mayor desarrollo de las gónadas, el peso corporal de los individuos aumenta (Tesch, 1968).

Las diferencias o similitudes respecto al valor de la pendiente además de ser atribuidas a factores intrínsecos (*i. e.* genéticos) de las especies se relacionan también con el hábitat, época del año y reproducción; este último factor provoca que los organismos incrementen su peso durante la maduración sexual (Ricker, 1975; Weatherley y Gill, 1989; Gómez-Márquez, 1998).

7.6. Análisis de frecuencia de tallas

De los estimadores de densidad por kernel gaussiano diciembre presentó el mayor número de modas (seis), y los restantes meses entre una y tres, para comprender este fenómeno es necesario considerar que existen varios factores que afectan la ocurrencia de las modas en datos de longitud. MacDonald (1969) menciona que uno de los problemas más frecuentes para la visualización de las modas es saber que a menos que la diferencia entre las medias de dos distribuciones sea suficientemente grande, la distribución común no presentará modas evidentes por lo que el comportamiento de la muestra es difícil de distinguir. Además de ello, el tamaño de la muestra, la forma de la distribución y la magnitud de las varianzas correspondientes (Caddy, 1986; Erzini, 1990). Schnute y Fournier (1980) remarcan que el análisis de la frecuencia de longitud tiende a agrupar las clases finales de edad si sus medias están muy cercanas o contienen porcentajes pequeños del número de peces.

Dado que la prueba de multimodalidad de Silverman (bootstrap suavizado) es una valiosa guía para la selección del ancho de banda que resulte en estimaciones de densidad con un número de modas estadísticamente significativo (Salgado-Ugarte *et al.*, 2005) su uso permitió determinar el ancho de banda adecuado para los datos obtenidos. Lo cual da certeza a los resultados obtenidos, por ello sólo en el mes de diciembre se pudieron apreciar seis modas, cuando se trazó el estimador de densidad correspondiente.

Posteriormente al aplicar el método de Bhattacharya se denotan siete modas, el primer y segundo componentes fueron considerados como uno solo, dadas las tallas medias, pero cuando se delimitaron estos componentes dentro del gráfico de frecuencia suavizada se observó un espacio existente entre el componente cinco y seis, por lo cual, se ajustaron los datos para tratar de discriminar el componente que estaba entre estas, de tal forma se delimitó el séptimo componente que corresponde a la sexta moda. La delimitación de cada uno de los siete componentes gaussianos se puede observar las figuras 19 y 20. Una vez delimitados los componentes se realizó un análisis de correlación entre la suma de los componentes y la frecuencia, dando un valor para el coeficiente de determinación de 0.9948 y un valor de P altamente significativo por lo cual no puede rechazarse que ambas distribuciones sean iguales.

Una vez identificados los siete componentes gaussianos se procedió a estimar el crecimiento de los organismos, pero para ello era necesario asignar una edad a cada grupo de talla, si ésta especie presenta dos picos de reproducción (Ramos-Cruz, 1995; Garduño-Paredes y Avelar-Esquivel, 1996; Beltrán-Alvarez *et al.*, 1998; Gómez-Márquez, 2002) entonces cada grupo modal

corresponderá a una cohorte por tanto deberá haber una diferencia entre cohortes de aproximadamente medio año. Con esta información y los valores medios de talla por grupo se estimaron los parámetros correspondientes a los modelos de crecimiento de von Bertalanffy, Gompertz y Logístico.

Los tres modelos de crecimiento empleados mostraron ser adecuados para describir el crecimiento en la tilapia o mojarra presente en la presa ($r^2 = 0.99$), aunque el de von Bertalanffy presenta el valor mayor para el coeficiente de determinación ($r^2 = 0.9994$), seguido por Gompertz y Logístico. En la figura 22 no se aprecian diferencias pues las tres curvas generadas por los modelos tocan a los puntos de las tallas medias.

Conforme a la relación entre peso total o eviscerado y talla de los organismos, así como los valores correspondientes a los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy se generaron las ecuaciones que describen el crecimiento en peso de la tilapia y a su vez con éstas se estimaron los valores correspondientes al peso total y eviscerado en cada grupo de talla o cohorte, los valores calculados no difieren de los observados.

Al estimar la edad y el crecimiento por sexos, se identificaron tres grupos en machos e indeterminados y cuatro en hembras e indeterminados por lo cual para estimar la edad en ambos casos se utilizaron como referencia los grupos identificados en todos los organismos. De tal forma se compararon los valores correspondientes a las tallas medias en cada grupo y se compararon con los correspondientes en los referentes.

7.7. Lectura de anillos de crecimiento en escamas y otolitos

Los métodos directos ayudan a calcular la edad y dan una idea sobre la interacción que tiene el pez con su medio, para entender ésta se emplean diferentes procedimientos como lo es la lectura de anillos de crecimiento en estructuras duras como escamas y otolitos, en los cuales se deposita material calcáreo, formando marcas de crecimiento, las cuales dependen de varios factores como la temperatura, salinidad, reproducción, incubación disponibilidad de alimento, cantidad de sólidos disueltos, depredación, entre otros.

En los trópicos la formación de anillos de crecimiento esta influenciada por una variedad de factores, los cuales varían de intensidad y frecuencia de año con año (Blake y Blake, 1978; Oduleye, 1982)

Con respecto a la formación de marcas en estructuras óseas Garrord (1959) reporta que en *T. esculenta* del Lago Victoria los anillos de crecimiento son formados en las escamas como resultado del proceso de desove. El mismo patrón fue reportado por Holden (1955) en *Sarotherodon esculentus* de África del este. Fagade, (1974) encontró en *Tilapia melanotheron*, la formación de anillos en el hueso opercular se debe principalmente al proceso reproductivo de la especie en dos temporadas: durante la sequía y en la estación lluviosa. Alejo *et al.* (1989) en *O. mossambicus* y Guzmán (1994) en *O. aureus* reportan la formación de anillos de crecimiento en las escamas de la tilapia se debe principalmente al proceso de desove asociado con las características ambientales de la zona de estudio, puesto que la frecuencia de desove puede estar influenciada por la abundancia y disponibilidad estacional de alimento y otros factores ambientales como la temperatura (Babiker e Ibrahim, 1979; Oduleye, 1982).

Cuando los peces se mantienen en condiciones subóptimas producen bandas de crecimiento en sus otolitos, siendo la temperatura un factor importante, así como la disponibilidad de alimento (Zhang

y Runham, 1992). Aunque el número de incrementos no es afectado por la cantidad de alimento, ya que la energía almacenada en el cuerpo es suficiente para permitir el crecimiento en sus estructuras duras (Campana y Neilson, 1985).

En *Oreochromis niloticus* y *S. melanotheron* el crecimiento entre el radio del otolito y la longitud del pez se ve afectado significativamente por la restricción de alimento (Massou et al., 2002, Ekau y Blay, 2000). El crecimiento lento del pez produce otolitos más largos que un crecimiento rápido y el efecto de la tasa de crecimiento sobre el tamaño del otolito no siempre es lineal (Wen-Bin y Tai-Sheng, 1997).

Landa y Piñeiro (2000) describen una relación potencial entre el radio del otolito y la longitud total del pez como una alometría natural, en donde se observa una fase de mayor crecimiento de la parte dura con respecto al crecimiento del cuerpo al avanzar la edad, lo cual es atribuible a que el depósito de material calcáreo ocurre sobre todo en la superficie externa

Granados – Flores, 2006, trabajó con tilapia en la presa de Zimapán empleando escamas, reporta la formación de un anillo de crecimiento por año, correspondiente a la temporada reproductiva, abril; aunque señala, en septiembre y noviembre hay indicios de la formación de otro anillo. Manríquez – Ledesma, 2005 determinó la formación de anillos de crecimiento en otolitos sagittae de *Oreochromis niloticus* en el Lago de Coatepec, encontrando uno en la temporada de secas (diciembre – febrero) y otro en época de lluvias (julio). Por su parte Saito – Quezada, 2004 trabajando con la misma especie en la presa Emiliano Zapata reporta la formación de dos anillos de crecimiento en secas (noviembre a febrero) y otro en lluvias (julio). Gómez – Márquez, 2002, reporta dos períodos de formación de anillos de escamas diciembre – enero y junio. Pérez – Ortiz y Patlani – Santiago, 2001 en la presa “Emiliano Zapata reportan la formación de dos anillos por año en escamas, julio a agosto y diciembre. Admassu y Casselaman reportan dos períodos de formación de anillos en otolitos enero – febrero y junio – julio. Garduño – Paredes y Avelar – Esquivel, 1996 determinaron dos periodos en escamas diciembre – enero y junio – julio.

En ambas estructuras se identificaron dos períodos para la formación de anillos de crecimiento junio o septiembre y enero. Por tanto entre marca y marca hay una diferencia de aproximadamente seis meses.

Al trazar los estimadores de densidad correspondientes en los anillos observados en general éstos presentan un comportamiento unimodal, lo cual da certeza a las lecturas de los anillos de crecimiento, pues no se presenta gran dispersión en los datos.

9. CONCLUSIONES

De acuerdo con el análisis morfométrico y del hueso faríngeo, realizado a 57 peces, los organismos denominados tilapia o mojarra presentes en la presa Emiliano Zapata corresponden al género y especie, *Oreochromis niloticus*.

La utilización del chichorro permitió la extracción de organismos entre 2 y 18 cm, mientras con la atarraya se obtuvieron individuos de 13 a 21 cm de longitud total, por ello, la combinación de estos dos artes de pesca permitió la captura de una mayor parte del intervalo de tallas que componen la población de tilapia presente en la presa.

En 13 meses de muestreo se obtuvieron 560 organismos de los cuales 413 eran machos, 72 hembras y 75 indeterminados, la prueba de χ^2 con la corrección de Yates indica una proporción por sexos, diferente a uno, siendo de 5.7:1 (machos: hembras)

Un análisis de regresión lineal y potencial entre longitud estándar o patrón (L_p) – longitud total (L_t) presenta un coeficiente de determinación de 0.9944 y 0.9995 respectivamente. Las ecuaciones que representan estas relaciones son:

$$L_p = 0.7816L_t - 0.0646$$

$$L_p = 0.7601L_t[\exp 1.0081]$$

La relación entre el peso total – longitud total, es de tipo potencial, con un crecimiento de tipo alométrico negativo.

El análisis de frecuencia de tallas, mediante estimadores de densidad por kernel gaussiano permitió determinar siete cohortes o grupos de talla: 3.7, 6.4, 9.5, 12.0, 13.4, 14.5, y 16.5 cm de longitud total, definidos en el mes de diciembre de 2004, razón por la cual este muestreo representa el análisis de frecuencia de tallas.

La determinación, por análisis de frecuencia de tallas, para los valores correspondientes a los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy se realizó por análisis de regresión no lineal simple. De tal forma los modelos de crecimiento en longitud (L_t) y peso (P_t) de von Bertalanffy para todos los son:

$$L_t = 22.8640[1 - \exp\{-0.3579(t + 0.4796)\}]$$

$$P_t = 169.9882[1 - \exp\{-0.3579(t + 0.4796)\}]^{2.7137}$$

Del análisis de frecuencia de tallas, también se generaron las ecuaciones de los modelos de Gompertz y Logístico, generados por el muestreo de diciembre de 2004:

$$L_t = 18.1830[\exp\{-\exp\{-0.8490(t - 0.5300)\}\}] \quad \text{Gompertz}$$

$$L_t = 16.8371/[1 + \exp\{-1.3361(t - 0.8677)\}] \quad \text{Logístico}$$

Las ecuaciones de los modelos de von Bertalanffy, Gompertz y Logístico generados por el análisis de frecuencia de tallas son adecuadas para describir el crecimiento de los organismos capturados ($r^2 = 0.99$).

Los modelos de von Bertalanffy en longitud (L_t) y peso (P_t); además de Gompertz y Logístico, resultantes del análisis de frecuencia de tallas por sexos son:

Machos e indeterminados:

$L_t = 25.6923[1 - \exp\{-0.2852(t + 0.5595)\}]$	von Bertalanffy
$P_t = 248.9104[1 - \exp\{-0.2852(t + 0.5595)\}]^{2.6958}$	von Bertalanffy
$L_t = 18.9022[\exp\{-\exp\{-0.8066(t - 0.5880)\}\}]$	Gompertz
$L_t = 17.2372/[1 + \exp\{-1.4075(t - 0.8997)\}]$	Logístico

Hembras e indeterminados:

$L_t = 26.8987(1 - [\exp\{-0.2799(t + 0.3957)\}])$	von Bertalanffy
$P_t = 278.3899[1 - \exp\{-0.2799(t + 0.3957)\}]^{2.7370}$	von Bertalanffy
$L_t = 18.7367[\exp\{-\exp\{-0.9098(t - 0.7416)\}\}]$	Gompertz
$L_t = 17.0337/[1 + \exp\{-1.7007(t - 1.0407)\}]$	Logístico

Conforme al análisis de incremento marginal en escamas se obtuvieron dos períodos para la formación de anillos de crecimiento que corresponden a julio (lluvias) y enero (secas)

De la lectura de anillos de crecimiento en escamas se detectaron siete grupos de edad que van de 0 a 3 años con intervalos de 0.5 años: 3.0, 6.5, 9.1, 11.2, 13.6, 15.7 y 16.9 cm de longitud total.

Las ecuaciones del modelo de von Bertalanffy en longitud (L_t) y peso (P_t), además de Gompertz y Logístico generados por la lectura de anillos de crecimiento en escamas son:

$L_t = 27.6751(1 - [\exp\{-0.2788(t + 0.4249)\}])$	von Bertalanffy
$P_t = 305.5669[1 - \exp\{-0.2788(t + 0.4249)\}]^{2.7137}$	von Bertalanffy
$L_t = 19.9907[\exp\{-\exp\{-0.7793(t - 0.7307)\}\}]$	Gompertz
$L_t = 18.1995/[1 + \exp\{-1.2664(t - 1.0717)\}]$	Logístico

Los tres modelos empleados describen adecuadamente el crecimiento mostrado para las longitudes medias de los grupos de edad ($r^2 = 0.99$).

Al considerar la edad estimada en cada uno de los organismos, gráficamente el modelo Logístico presenta un mejor ajuste porque pasa por el centro de los intervalos de longitud – edad.

Un análisis entre los dos tipo de regresión no lineal permitió determinar que la mejor aproximación la sugiere la regresión no lineal ponderada porque en ésta, los intervalos donde se ubican los valores de los parámetros correspondientes se estrechan, el nivel de significancia se incrementa o acentúa y la desviación estándar disminuye.

Las ecuaciones de los modelos de von Bertalanffy, Gompertz y Logístico, en longitud y peso, resultantes de la lectura de anillos de crecimiento en escamas por sexos se presentan a continuación:

Machos:

$L_t = 29.9287[1 - \exp\{-0.2436(t + 0.5034)\}]$	von Bertalanffy
$P_t = 371.1602[1 - \exp\{-0.2436(t + 0.5034)\}]^{2.6714}$	von Bertalanffy
$L_t = 21.9609[\exp\{-\exp\{-0.6327(t - 0.8042)\}\}]$	Gompertz
$L_t = 18.1995/[1 + \exp\{-1.0253(t - 1.1667)\}]$	Logístico

Machos e indeterminados:

$L_t = 24.2997[1 - \exp\{-0.3468(t + 0.4938)\}]$	von Bertalanffy
$P_t = 214.1900[1 - \exp\{-0.3468(t + 0.4938)\}]^{2.6958}$	von Bertalanffy
$L_t = 19.4800[\exp\{-\exp\{-0.8010(t - 0.5542)\}\}]$	Gompertz
$L_t = 18.0602/[1 + \exp\{-1.2469(t - 0.9157)\}]$	Logístico

Hembras:

$L_t = 24.2997(1 - [\exp \{-0.3468(t + 0.4938)\}])$	von Bertalanffy
$P_t = 205.3072[1 - \exp\{-0.3468(t + 0.4938)\}]^{2.6913}$	von Bertalanffy
$L_t = 19.7950[\exp\{-\exp(-0.7205(t - 0.6524))\}]$	Gompertz
$L_t = 18.2305/[1 + \exp\{-1.1106(t - 1.0241)\}]$	Logístico

Hembras e indeterminados:

$L_t = 26.7602(1 - [\exp \{-0.2977(t + 0.4260)\}])$	von Bertalanffy
$P_t = 274.4842[1 - \exp\{-0.2977(t + 0.4260)\}]^{2.7370}$	von Bertalanffy
$L_t = 19.8628[\exp\{-\exp\{-0.7961(t - 0.6930)\}\}]$	Gompertz
$L_t = 18.1663/[1 + \exp\{-1.2832(t - 1.0350)\}]$	Logístico

De acuerdo con la prueba multivariada (T^2 de Hotelling) para comparación de modelos de crecimiento, generados por la lectura de anillos de crecimiento en escamas, no existen diferencias significativas entre los parámetros de los modelos de crecimiento de von Bertalanffy para machos y hembras ($T^2 = 28.4662$, $P = 0.01$). Para machos e indeterminados y hembras e indeterminados la prueba sugiere diferencias ($T^2 = 23.5883$, $P = 0.01$) aunque al analizar los parámetros, estas no existen; por consiguiente hembras, machos e indeterminados, crecen de igual forma.

La prueba de razón de verosimilitud efectuada sobre los modelos de von Bertalanffy, resultantes de la lectura de anillos de crecimiento en escamas para machos y hembras, indican que no hay diferencias entre los parámetros ($P = 0.171 > 0.05$). Mientras para machos e indeterminados y hembras e indeterminados, ésta manifiesta diferencias ($P = 0.0017 < 0.05$) que no se muestran al analizar los parámetros.

Conforme a la razón del incremento marginal en otolitos se detectaron dos períodos para la formación de anillos de crecimiento, correspondientes a los meses de enero – febrero (secas) y septiembre (lluvias).

De la lectura de anillos de crecimiento en otolitos sagittae se detectaron siete grupos de edad que van de 0 a 3 años con intervalos de 0.5 años: 2.8, 5.6, 8.6, 11.5, 13.5, 15.5 y 16.4 cm de longitud total.

Las ecuaciones de los modelos de von Bertalanffy, Gompertz y Logístico en longitud (L_t) y peso (P_t) resultantes de la lectura de anillos de crecimiento en otolitos son:

$L_t = 26.7602(1 - [\exp \{-0.2977(t + 0.4260)\}])$	von Bertalanffy
$P_t = 251.1953[1 - \exp\{-0.3145(t + 0.3336)\}]^{2.7137}$	von Bertalanffy
$L_t = 18.7443[\exp\{-\exp\{-0.8961(t + 0.7152)\}\}]$	Gompertz
$L_t = 17.1955/[1 + \exp\{-1.4657(t + 1.0279)\}]$	Logístico

Los tres modelos empleados muestran un ajuste adecuado ($r^2 = 0.999$) del crecimiento mostrado por los grupos de edad.

Al considerar la edad estimada por otolitos en cada uno de los organismos, gráficamente los modelos de Gompertz y Logístico presentan un mejor ajuste porque pasan por el centro de los intervalos de longitud – edad, mientras von Bertalanffy sobrestima éstos valores.

Las ecuaciones de los modelos de von Bertalanffy, Gompertz y Logístico, en longitud (L_t) y peso (P_t), resultantes de la lectura de anillos de crecimiento en otolitos por sexos son las siguientes:

Machos:

$L_t = 24.4132[1 - \exp\{-0.3633(t + 0.1661)\}]$	von Bertalanffy
$P_t = 215.3977[1 - \exp\{-0.3633(t + 0.1661)\}]^{2.6714}$	von Bertalanffy
$L_t = 19.5398[\exp\{-\exp\{-0.8292(t - 0.8192)\}\}]$	Gompertz

Machos e indeterminados:

$L_t = 32.0644[1 - \exp\{-0.2245(t + 0.3818)\}]$	von Bertalanffy
$P_t = 452.3070([1 - \exp\{-0.2245(t + 0.3818)\}]^{2.6958})$	von Bertalanffy
$L_t = 20.0884[\exp\{-\exp\{-0.8010(t - 0.8372)\}\}]$	Gompertz
$L_t = 17.1955/[1 + \exp\{-1.3707(t - 1.1387)\}]$	Logístico

Hembras:

$L_t = 23.1695[1 - \exp\{-0.4243(t + 0.1432)\}]$	von Bertalanffy
$P_t = 183.3791[1 - e\{-0.4243(t - 0.1432)\}]^{2.6913}$	von Bertalanffy
$L_t = 19.4812(\exp[-\exp\{-0.8764(t - 0.7473)\}])$	Gompertz

Hembras e indeterminados:

$L_t = 25.4266[1 - \exp\{-0.4243(t + 0.1432)\}]$	von Bertalanffy
$P_t = 238.6453([1 - \exp\{-0.4243(t + 0.1432)\}]^{2.7370})$	von Bertalanffy
$L_t = 18.3479[\exp\{-\exp\{-0.8675(t - 0.7128)\}\}]$	Gompertz
$L_t = 16.7733/[1 + \exp\{-1.4194(t - 1.0272)\}]$	Logístico

Las prueba multivariada (T^2 de Hotelling), resultado de la lectura de anillos de crecimiento en otolitos de machos y hembras, indica que no hay diferencias significativas entre los parámetros de los modelos de crecimiento de von Bertalanffy ($T^2 = 28.4662$, $P = 0.01$). Entre machos e indeterminados y hembras e indeterminados, esta valoración también evidencia semejanzas, por lo tanto en hembras y en machos, e indeterminados, crecen de igual forma.

La prueba de razón de verosimilitud para comparación de modelos de crecimiento manifiesta igualdades ($P = 0.0147$),. Por otro lado, la evaluación en machos e indeterminados y hembras e indeterminados estima desigualdades ($P = 0.1209$), que no se denotan en el análisis de los parámetros. Consecuentemente tanto machos como hembras por separado y en conjunción con los indeterminados presentan un crecimiento similar.

Considerando a aquellos organismos que presentaron el mismo número de anillos de crecimiento tanto en escamas como otolitos se obtuvieron 239 organismos de todos los capturados, que corresponden al 44.6 %, ello sugiere la independencia de las lecturas en las estructuras.

Los organismos con igual número de anillos de crecimiento en escamas y otolitos (concordantes) permitieron determinar siete grupos de edad que van de 0 a 3 años con intervalos de 0.5 años: 2.9, 5.3, 9.5, 11.0, 15.8, 17.0 y 17.7 cm de longitud total.

Las ecuaciones de los modelos de von Bertalanffy, Gompertz y Logístico, en longitud (L_t) y peso (P_t), resultantes de los organismos concordantes son las siguientes:

$L_t = 22.3943[1 - \exp\{-0.5576(t + 0.2250)\}]$	von Bertalanffy
$L_t = 19.1247[\exp\{-\exp\{-1.2440(t - 0.5491)\}\}]$	Gompertz
$L_t = 18.1515/[1 + \exp\{-1.9859(t - 0.8450)\}]$	Logístico

Los tres modelos describen adecuadamente ($r^2 = 0.99$) el crecimiento de los organismos concordantes. Al trazar la curva descrita por los modelos en cada organismo se observó que éstas se ajustan sobre todo a las generadas por los modelos de Gompertz y Logístico, pues tocan en sus puntos medios de cada intervalo longitud – edad.

Se observó que por el análisis de frecuencia de tallas por estimadores de densidad por kernel gaussiano, lectura de anillos de crecimiento en escamas y otolitos, además de los organismos que presentaron el mismo número de anillos de crecimiento en ambas estructuras se obtuvieron siete grupos de edad (Tabla 103).

Tabla 103. Longitud total estimada por grupo de edad, observada en el análisis de frecuencia de tallas, lectura de anillos de crecimiento en escamas y otolitos y organismos concordantes.

Grupo de edad	Edad (años)	Análisis de frecuencia de tallas	Escamas	Otolitos	Concordancia	Promedio
1	0.0	3.7	3.0	2.8	2.9	3.1
2	0.5	6.4	6.5	5.6	5.3	5.9
3	1.0	9.5	9.1	8.6	9.5	9.2
4	1.5	12.0	11.2	11.5	11.0	11.4
5	2.0	13.4	13.6	13.5	15.8	14.1
6	2.5	14.5	15.7	15.5	17.0	15.7
7	3.0	16.5	16.9	16.4	17.7	16.9

10. REFERENCIAS

- Admassu, D. y M. J. Casselman, 2000, Otolith age determination for adult tilapia, *Oreochromis niloticus* L. from Lake Awassa (Ethiopian Rift Valley) by interpreting biannulli and differentiating biannual recruitment, *Hydrobiología* 418: 15 – 24.
- Aguilera, H. P. y C. P. Noriega 1988, La tilapia y su cultivo, Secretaria de Pesca, FONDEPESCA, SEPESCA, México, D. F. 59 págs.
- Ahmed, K. K. U.; S. M. N. Amin; G. C. Haldar y S. Dewan, 2003, Population dynamics and stock assessment of *Oreochromis niloticus* (Linnaeus) in the Kaptai Reservoir, Bangladesh., *Indian J. Fish.* 50 (1): 47 – 52
- Alejo-Plata, M. C., M. E. Laguna-Marín y P. Ramírez-Tlalpan, 1989, Estudio de algunos aspectos biológicos de *Oreochromis mossambicus* (Osteichthyes: Cichlidae) en la laguna “El Rodeo” Estado de Morelos., Tesis de licenciatura, F.E.S Zaragoza, U.N.A.M., México, D. F., 130 págs.
- Anonimo, 2002, Anuario estadístico de pesca 2001. Dirección de Estadística y Registro pesquero., Secretaría de Pesca, México, 271 págs.
- Arellano-Torres y Hernández-Montaña, 2002, Evaluación de tres métodos indirectos para estimar el crecimiento de la tilapia *Oreochromis aureus* del Lago de Chapala, Jalisco, México, Memorias de I Foro Científico de Pesca Ribereña, 17 – 18 octubre 2002, INP CRIP Guaymas, Sonora
- Arredondo-Figueroa, J. L. y A. Flores-Nava, 1992, Características limnológicas de pequeños embalses epicontinentales, su uso y su manejo en la acuicultura., *Hidrobiológica*, vol(3 – 4): 1 – 10
- Arredondo-Figueroa, J. L.; J. L. García y P. C. Martínez, 1982, La conducta físico-química y el rendimiento pesquero de un estanque temporal, utilizado para la piscicultura extensiva en el estado de Morelos., *Rev. Lat. Acuí.* 12: 1 – 12.
- Arredondo-Figueroa, J. L., 1983, Especies animales acuáticas de importancia nutricional introducidos en México., *Biotica* 8(2): 175 – 199.
- Arredondo-Figueroa, J. L. y M. Guzmán-Arroyo, 1986, Actual situación taxonómica de las especies de la tribu tilapiini (Pisces: Cichlidae) introducidas en México., *Anales del Instituto de Biología U.N.A.M. Serie Zoología* vol(2): 555-572.
- Arredondo-Figueroa, J. L. y S. Lozano-García, 1996, El cultivo de la tilapia en México. Primer concurso internacional de producción de tilapia. Del 20 al 22 de junio de 1996: 7 – 18.
- Arredondo-Figueroa, J. L. y M. Tejeda-Salinas, 1989, El hueso faríngeo, una estructura útil para la identificación de las especies de la tribu tilapiini (Pises; Cichlidae), introducidas en México *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología U.N.A.M.* vol(16) No(1): 59-68.
- Babiker, M. M. e Ibrahim, H., 1979, Studies on biology of reproduction in the cichlid *Tilapia nilotica* (L): Gonadal maturation and fecundity *Journal of fish biology* 14: 437 – 447.

- Bajjot, E.; Barry, I.; Bouda, S.; Kabore, K. H. y Traore, A. C., 1996, Comparative growth of *Oreochromis niloticus* y *Sarotherodon galilaeus* in small artificial lakes in Burkina Faso and the large lakes of Africa.: 28 – 32, En Pulin, R. S.; Lazard, J.; Legendre, M; Amon Khotias, J. B. y Pauly, D. (editores), The third internacional symposium on tilapia in aquaculture, ICLARM Conf. Proc. 41.,
- Banda, M. C., 1992, Age and growth parameters of the chambo (*Oreochromis* spp.) in the south – east armo of Lake Malawi, as determinated from opercular bones., GOM7UNDP/FAO Chambo Fisheries Research Project, Malawi., FI: DP/MLW/86/013, Field Document 20: 31 págs.
- Basurto, O. M., 1984, Estudio preliminar al conocimiento biológico pesquero de la tilapia nilótica (Linneo) en la Laguna de Chila, Veracruz., Tesis de licenciatura, Universidad del Noroeste, Escuela de Ciencias Biológicas, Tampico, Tamaulipas., 44 págs.
- Bertalanffy, L. von, 1938, A quantitative theory of organic growth., *Human Biology* 10: 181 – 243.
- Bhattacharya, C. G., 1967, A simple method of resolution of a distribution into Gaussian componentes, *Biometrics* 23: 115 – 135
- Beltrán–Alvarez, R.; J. Sánchez–Palacios; J. Pedro–Ramírez y G. Arroyo–Bustos, 1998, Comportamiento de la pesquería de mojarra *Oreochromis aureus* (Steindachner, 1864), de la presa Gustavo Díaz Ordaz, Sinaloa, México., *An. Esc. Nac. Ciene. Biol.,Méx.*, 44: 141 – 153.
- Bernard, D. R., 1981, Multivariate análisis as a means of comparing growth in fish., *Canadian Journal of Fiheries and Aquatic Sciences* 38: 233 – 236.
- Beverton, R. J. H. y Holt, S. J., 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. 9.
- Boot, A. J. y G. S. Merron, 1996, The age and growth of greenhead tilapia *Oreochromis macrochir* (Pises: Cichlidae) from the Okavango Delta, Botswana., *Hydrobiología* 321: 29 – 34.
- Caddy, J. F., 1986, Size frequency analysis in stock assessment – some perspectives, approaches and problems. *Proceedings of the 37th Annual Gulf and Caribbean Fisheries Institute*: 212 – 238.
- Campana, S. E. y J. D. Nielson, 1985, Microstructure of fish otolith., *Can J. Fish. Aquat. Sci.* 42: 1014 – 1032.
- Chimits, P., 1957, The tilapias and their culture. A secind review and bibliography, *Fisheries Bulletin, FAO, Roma, Italia.*, 10 (1): 1 – 24.
- Congreso de la Unión, 1981, Ley general del equilibrio ecológico y protección al ambiente., 2ª. Edición, Editorial Porrúa, México, D. F. 437 págs.
- Contreras – MacBeath, T., 1995, Ecosistemas acuáticos del estado de Morelos., *Ciencia y desarrollo* 20(122): 42 – 51.

- Diana, S. J.; D. J. Dettweiler y C. K. Lin, 1991, Effect of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) on the ecosystem of aquaculture ponds, and its significance to the thropic cascade hipótesis., Can. J. Fish. Aquat. Sci. 48: 183 – 190.
- Díaz-López, M. S., 1985, Contribución al conocimiento de la edad y crecimiento de *Sarotherodon aureus* (mojarra) de la presa “El Bosque”, La Encarnación, Michoacán., Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, U.N.A.M., México, D. F.
- Dorantes-Gómez, E. y M. B. Závala-Montero, 2003, Estudio de la calidad del agua de tres cuerpos acuáticos en el estado de Morelos., Tesis de licenciatura, F. E. S. Zaragoza, U.N.A.M., México, D. F., 92 págs.
- Duphonchelle, F. y M. Legendre, 2000, *Oreochromis niloticus* (Cichlidae) in Lake Ayame, Cote d’Ivoire. Life history traits of a strongly diminished population., *Cybium* 24(2): 161 – 172.
- Erzini, K., 1990, Sample size and grouping data for length – frequency análisis., *Fiheries Research* 9: 355 – 366.
- Everhart, W. H. y Youngs, W. D., 1975, Principles of fishery science., Segunda edición, Comstock Publishing Associates, Nueva York, E. U. A., 349 págs.
- Everhart, W. H. y Youngs, W. D., 1981, Principles of fishery science., Segunda edición, Cornell University Press, E.U.A., 350 págs.
- Fagade, S. O., 1974, Age determination in *Tilapia melanotheron* (Rupell) in the Lagos Lagoon, Lagos, Nigeria with a discusión on the enviromental and physiological basis of growth markings in the tropics: 70 – 77, En Bagenal T. B. (1974) Proceedings of a internacional symposium on the ageing of fish. Unwin Brothers Limited. The Gresham Press, Old Working, Surrey, England.
- Faltas, S. N. y S. A. Bakhoun, 1994, Age and growth of *Oreochromis niloticus* (Linn.) in Lake Mariut, Egypt, *Bull. Nat. Inst. Oceanog.& Fish.*, A. R. E. 20 (2): 129 – 139.
- Fawole, O. O. y Arowomo, G. A. O., 2000, Fecundity of *Sarotherodon galilaeus* (Pises: Cichlidae) in the Opa Reservoi., Ile – Ife, Nigeria, *Rev Bio. Trop.*, 48(1): 201 – 204.
- Flores-Maldonado, O., 1994, Crecimiento de *Oreochromis niloticus* en estanques con diferente fertilización en un clima templado., Tesis de licenciatura, F.E.S. Zaragoza, U.N.A.M., 56 págs.
- Ford, E., 1933, An account of the herring investigations conducted at Plymouth during the years from 1924 – 1933., *Journal of Marine Biolgy Assessment* 19: 305 – 384.
- Fox, J., 1990, Describing univariate distributions. In *Modern Methods of data análisis*, Eds. J. Fox y J. S. Long, 58 – 125, Newbury Park, CA.: Sage publications
- Fryer, G. e Illes, T. D., 1972, The cichlid fishes of the great lakes of Africa. Their biology and evolution., Oliver and Boyd, Edinburgh, 641 págs.

- García, E., 1981, Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köpen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana), 3ª. Edición, Offset Larios, S. A., México, D. F., 252 págs.
- Garduño–Paredes, M. y Avelar–Esquivel, J., 1996, Edad y crecimiento de la mojarra en la Laguna de Coatetelco, Morelos., Tesis de licenciatura, F.E.S. Zaragoza U.N.A.M., 71 págs.
- Getabu, A., 1992, Growth parameters and total mortality in *Oreochromis niloticus* (Linnaeus) from Nyanza Gulf, Lake Victoria., *Hidrobiología* 232: 91 – 97.
- Gómez–Márquez, J. L., 1998, Age and growth of *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) in Mexico, *Rev. Biol. Trop.* 46(4): 929 – 936.
- Gómez–Márquez, J. L., 2002, Estudio limnológico – pesquero del lago de Coatetelco, Morelos, México., Tesis de doctorado, Facultad de Ciencias U.N.A.M., 181 págs.
- Gómez–Márquez, J. L. y B. Peña–Mendoza, 1995, Los recursos acuáticos del estado de Morelos., *BIEN* 1 (2): 25 – 26.
- Gómez–Márquez, J. L. y D. Ramírez de Arellano-Trejo, 1982, Contribución al conocimiento de la biología del charal (*Chirostoma jordani* Woolman Fam: Atherinidae) en la presa Taxhimay en el Estado de México., Tesis de licenciatura, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Zaragoza, U.N.A.M., 64 págs.
- González-Ramírez, J. M. y A. López García, 1997, Aspectos hidrobiológicos de la presa “Emiliano Zapata”, Morelos, México., Tesis de licenciatura, F.E.S. Zaragoza, U.N.A.M., México, D. F., 81 págs.
- Good, I. J. y R. A. Gaskins, 1980, Density estimation and bump – hunting by the penalized likelihood method exemplified by scattering and meteorite data., *Journal of the American Statistical Association* 75: 42 – 73.
- Granados–Flores, K. M., 2006, Estudio preliminar de edad y crecimiento de la tilapia (*Oreochromis niloticus* X *Oreochromis aureus*), con base en escamas, en la presa Fernando Hiriart Balderrama “Zimapan”. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, U.N.A.M.
- Guerra-Hernández, E. A. y B. Peña-Mendoza, 1985, Estudio del crecimiento de *Oreochromis Hornorum* (Trewavas, 1980) en relación a las condiciones limnológicas del embalse permanente de Michapa, estado de Morelos., Tesis de licenciatura, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Zaragoza, U.N.A.M., 70 págs.
- Guerra Sierra, A. y J. L. Sánchez Lizaso, 1998, Fundamentos de explotación de recursos vivos marinos, editorial Acribia, S. A., Zaragoza, España 249 págs.
- Gulland, J. A., 1971, Manual de métodos para la evaluación de las poblaciones de peces., Editorial Acribia, Zaragoza, España, 193 págs.
- Gulland, J. A. y S. J. Holt, 1959, Estimation of growth parameters for data at unequal time intervals., *Journal Counseil CIEM* 25 (1): 47 – 49.

- Guzmán, U. A., 1994, Parámetros biológicos de la tilapia (*Oreochromis aureus* Steinachner, 1864) de la presa Adolfo López Mateos “El Infiernillo” Michoacán – Guerrero, México., Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, U.N.A.M., México, D. F., 33 págs.
- Haddon, M., 2001, Modelling and quantitative methods in fisheries., Chapman & Hall/CRC, Boca Raton, 404 págs.
- Härdle, W., 1991, Smoothing techniques. With implementation. En S. Springer – Verlag, Nueva York, E.U.A.
- Hartigan, J. A. y P. M. Hartigan, 1985, The dip test of unimodality, The Annals of Statistics 13: 70 – 84.
- Holden, M. J. y D. F. S. Rait (editores)., 1975, Manual de ciencia pesquera. Parte 2. Métodos para investigar los recursos y su aplicación., Doc. Téc. FAO Pesca (115), Rev. 1 211 págs.
- Jaramillo–Salazar, G. y A. Sánchez–Vázquez, 1991, Evaluación del crecimiento de la carpa barrigona (*Cyprinus Carpio rubrofuscus*) y tilapia (*Oreochromis urolepsis hornorum*) bajo condiciones de policultivo en el bordo temporal “Chavarría”, en el municipio de Coatlán, Estado de Morelos. De junio de 1989 a enero de 1990., Tesis de licenciatura, E.N.E.P. Zaragoza, U.N.A.M. 87 págs.
- Jearld Jr., A., 1983, Age determination. En Nielsen, L. A. y Jonson, D. L. (editores)., 1983, Fisheries techniques., American fisheries society, Maryland, E. U. A., 468 págs.
- Jones, M. C., 1990, Variable kernel density estimates., Australian Journal of Statistics 32: 361 – 371.
- Jover, M. L. C., L. Pérez I., L. Zaragoza y J. Fernández C., 1998, Crecimiento de tilapia (*Oreochromis niloticus*, L.) con piensos extrusionados de diferente nivel proteico., Archivos de Zootecnia 47(177): 11 – 20.
- Kimura, D. K., 1980, Likelihood methods for the von Bertalanffy growth curve., Fishery Bulletin 77 (4): 765 – 776.
- King, M., 1995, Fisheries biology, assessment and management. Fishing New Books., Blackwell Science, Ltd. 341 págs.
- Landa, J. y C. Piñeiro, 2000, Megrim (*Iepidorhombus whiffiagonis*) growth in North–Eastern Atlantic based on back–calculation of otolith rings., ICES, J. of Marine Sciences 57: 1077 – 1090.
- Laevastu, T., 1971, Manual de métodos de biología pesquera., Editorial Acribia, Zaragoza, España, 243 págs. En Gómez–Márquez y Ramírez de Arellano–Trejo, 1982,
- Macdonald, P. D. M., 1969, FORTRAN Programs for statistical estimation of distribution mixtures: some techniques for statistical analysis of length – frequency data., Fisheries Research Board of Canada Technical Report 129 145 págs.
- Marques dos Santos, M. J., 2004, Probabilidad y Estadística. Para Ciencias Químico – Biológicas, Segunda edición, U.N.A.M. F.E.S. Zaragoza, México, D. F., 626 págs.

- Manríquez–Ledezma, Y., 2005, Edad y crecimiento de *Oreochromis niloticus* por medio de otolitos en el lago de Coatetelco, Morelos., Tesis de licenciatura, F.E.S. Zaragoza, U.N.A.M., 111 págs.
- Meza, J. L. O., 1996, Crecimiento de *Oreochromis niloticus* bajo condiciones naturales en el bordo “San Ignacio”, Municipio de Coatlan del Río, Morelos, México., Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias Biológicas U.A.E.M., 57 págs. En Gómez–Márquez, J. L., 2000, Estudio limnológico – pesquero del lago de Coatetelco, Morelos, México, Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias, U.N.A.M., 181 págs.
- Morales, A. D., 1991, La tilapia en México, Ed. AGT, S. A., México, D. F., 190 págs.
- Morales – Nin, B., 1995, Age and growth of three species of Lake Victoria fish determined by means of otolith daily growth rings., NAGA 18 (1): 39 – 41.
- Nikolsky, D. V., 1963, The ecology of fishes., Academic Press, Nueva York, 532 págs.
- Ortega–Mungia, S., 1997, Análisis microbiológico en la presa Emiliano Zapata., Tesis de licenciatura, F.E.S. Zaragoza, U.N.A.M., México, D. F., 61 págs.
- Palacios, S. S. E., 1995, Estudio biológico pesquero de la tilapia *Oreochromis aureus* (Steindachner, 1864) en la presa Adolfo López Mateos (El Infiernillo), Michoacán–Guerrero, México., Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, U.N.A.M., 81 págs.
- Perez–Ortiz, G y Patlani–Santiago, J., 2001, Edad y crecimiento de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) de la presa “Emiliano Zapata”, Morelos., Tesis de licenciatura, F.E.S. Zaragoza U.N.A.M., 87 págs.
- Pereiro, A. J., 1982, Modelos al uso en dinámica de poblaciones marinas sometidas a explotación., Inf. Tec. Inst. Esp. Oceanog. No. 1: 21 – 27.
- Petersen, C. G. J., 1892, Fiskenes biologiske forhold i Holback Fjord, 1890 – 91., Beret. Danm. Biol. St., 1890 (1) 1: 121 – 183
- Ramos–Cruz, S., 1995, Reproducción y crecimiento de la mojarra tilapia (*Oreochromis aureus*) en la presa Benito Juárez, Oaxaca, México., En INP – SEMARNAP, 1993, Ciencia pesquera No. 11 (Nueva época): 54 – 61.
- Ramos–Mendoza, S., 2001, Análisis de calidad del agua y biomasa del fitoplancton de la presa Emiliano Zapata, Morelos, México., Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza, UNAM., 78 págs.
- Regan, C. T., 1920, The Clasification of the Fishes of the Family Cichlidea 1. The Tanganyika Genera., Ann. Mag. Nat. Hist. Ser. 9 (5): 33 – 53.
- Ricker, W. E., 1975, Computation and interpretation of biological statistics of fish populations Department of fisheries and marine service., Bulletin of fisheries research board of Canada 191: 382 págs.

- Royce, W. F., 1984, Introduction to the practice of fishery science., Academic Press, Washington, E. U. A., 448 págs.
- Rosenblatt, M., 1956, Remarks on some nonparametric estimates of a density function., Ann. Math. Statist 27: 832 – 837.
- Rounsefell, G. A. y W. H. Everhart, 1953, Fishery science. Its methods and applications., John Wiley and sons, Inc., New York, E. U. A., 444 págs.
- Salgado–Ugarte, I. H., 2002, Suavización no paramétrica para análisis de datos., F.E.S. Zaragoza – DGAPA, U.N.A.M. (PAPIIT IN217596; PAPIME 192031), México, D. F. 139 págs.
- Salgado–Ugarte, I. H. y J. Curts–García, 1993, sed7.2: Twice reroughing procedure for resistant non linear smoothing., Stata Technical Bulletin 11: 14 – 16.
- Salgado–Ugarte, I. H., M. Shimizu, , T. Taniuchi, 1993, snp6: Exploring the shape of univariate data using kernel density estimators., Stata Technical Bulletin 16: 8 – 19.
- Salgado–Ugarte, I. H., M. Shimizu, , T. Taniuchi, 1994, sg23: Semigraphical determination of Gasussian components in mixed distributions., Stata Technical Bulletin 18: 15 – 27.
- Salgado–Ugarte, I. H., M. Shimizu, , 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, , 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, , T. Taniuchi, 1997, snp13: Non parametric assessment of multimodality for univariate data., Stata Technical Bulletin 38: 27 – 35.
- Salgado–Ugarte, I. H., J. Martínez–Ramírez; J. L. Gómez–Márquez y B. Peña – Mendoza, 2000, sg128: Some programs for growth estimation in fisheries biology., Stata Technical Bulletin 53: 35 – 47.
- Salgado–Ugarte, I. H., M. A. Pérez–Hernández, 2003, Exploring the use of variable bandwidth kernel density estimators., The Stata Journal 3 (2): 133 – 147.
- Salgado–Ugarte, I. H., J. L. Gómez–Márquez y B. Peña – Mendoza, 2005, Métodos actualizados para análisis de datos biológico – pesqueros., F.E.S. Zaragoza – DGAPA, U.N.A.M.(PAPIME IN221403)., México, D. F., 240 págs.
- Saito–Quezada, V. M., 2004, Edad y crecimiento por lectura de otolitos de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) en la presa Emiliano Zapata, Morelos., Tesis de licenciatura, F.E.S. Zaragoza, U.N.A.M., 87 págs.
- Santiago–López, M. C. y J. Jardón–Olvera, 1997, Determinación de la edad, crecimiento y hábitos alimenticios de cuatro especies de cíclidos de importancia pesquera en la presa “Cerro de Oro”, Tuxtepec, Oaxaca., Tesis de licenciatura, F.E.S. Zaragoza, U.N.A.M., 68 págs.

- S.A.R.H., 1983, Residencia de control de ríos e ingeniería de seguridad hidráulica, red de estaciones climatológicas. Puente de Ixtla; E. Miacatlán; E. Zacualpan, Morelos., S.A.R.H., México, 28 págs
- S.A.R.H., 1992, Técnicas de análisis fisicoquímicos para aguas., 5ª. Edición, S.A.R.H., México, 319 págs.
- SEMARNAP, 2000, Anuario estadístico de pesca 1999., Instituto Nacional de la Pesca, México, 271 págs.
- Scout, D. W., 1979, On optimal and data – based histograms, *Biometrika* 66: 605 – 610.
- Schnute, J. y D. Fournier, 1980, A new approach to length – frequency analysis: growth structure., *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37: 1337 – 1351.
- Silverman, B. W., 1978, Choosing the window width when estimating a density., *Biometrika* 65: 1 – 11.
- Silverman, B. W., 1981, Using kernel density estimates to investigate multimodality., *Journal of the Royal Statistical Society B* 43: 97 – 99.
- Silverman, B. W., 1986, Density estimation for statistics and data análisis., Chapman & Hall, Londres, R. U.
- Sparre, P. y Venema, S. C., 1992, Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1. Manual., F.A.O. Fisheries Technical Paper 306.1 Rev. 1., F.A.O., Roma, Italia, 376 págs.
- Sparre, P. y Venema, S. C., 1997, Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Part 1. Manual F.A.O. Documento Técnico de Pesca, 306.1 Rev. 2., Roma, F.A.O., 420 págs.
- StataCorp., 1999, Stata Statistical Software, Release 6.0, College Station, TX., Stata Corporation.
- StataCorp., 2001., Stata Statistical Software, Release 7.0, College Station, TX., Stata Corporation.
- StataCorp., 2003, Stata Statistical Software, Release 8.0, College Station, TX., Stata Corporation.
- Sugunan, V. V., 1997, Fisheries management of small water bodies in seven countries in Africa, Asia and Latin America., FAO, Fisheries Circular No. 933., Roma, Italia.
- Tarter, M. E. y Kronmal, R. A., 1976, An introduction to the implementation and theory of nonparametric density estimation., *The American Statistician* 30: 105 – 112.
- Tesch, F. W., 1968, Age and growth., En Ricker, W. E., *Methods for assessment of fish production in freshwaters*, Blackwell Scientific Publications. IBP Handbook No. 3.
- Thys, V. D. A., 1968, An Annotated Bibliography of [Tilapia] (Pises: Cichlidae)., *Musee Royal de L’Afrique Centrale.*, Tervuren, Belgique., *Documentation Zoologique* No. 14: 406 págs.
- Torres–Orozco, B., 1991, Los peces de México., AGT editor, S. A., México, 198 págs.

-
- Trewavas, E., 1973, On cichlid fish of genus (*Pelmatochromis*) on the relationship between *Pelmatochromis* and *Tilapia* and recognition of *Sarotherondon* as a distinct genus., Bull. Bri. Mus. Zool. 25: 1 – 26.
- Trewavas, E., 1982, Generic grouping of tilapini used in aquaculture., Aquaculture 27: 78 – 81.
- Trewavas, E., 1983, Tilapiini fishes of the genera *Sarotherondon*, *Oreochromis* and *Danakilia* British Museum (Natural History), 583 págs.
- Tukey, J. W., 1977, Exploratory data analysis., Reading MA., Addison – Wesley
- Yamaguchi, Y.; N. Hirayama, A. Koike y H. A. Adam, 1990, Age determination and growth of *Oreochromis niloticus* and *Sarotherodon galilalaeus* in High Dam Lake, Egypt., Nippon Suisan Gakkaishi 56: 437 – 443.
- Vallentyne, R. J., 1978, Introducción a la Limnología., Ediciones Omega. S. A., Barcelona, España 168 págs.
- Walford, L. A., 1946, A new graphic method of describing the growth of animals., Biology Bulletin 90 (2): 141 – 147.
- Weatherley, A. H. y H. S. Gill, 1989, The Biology of fish growth., Academic Press, Londres, R. U., 443 págs.
- Welcomme, R. L., 1988, Internacional introductions of inland aquatic species., FAO, Fisheries Technical Paper 294, Roma, Italia, 1 – 35, 201 págs.
- Wolf, M. 1989 A proposed method for standardization of the selection of class intervals for length frequency analysis Fishbyte 7: 5
- Wudneh, T. 1998 Biology and management of fish stocks in Bahir Dar Gulf, Lake Tana, Etiopía Ph D. Thesis Wageningen Institute of Animal Science Wageningen Agricultural University Netherlands 144 págs.
- Zhang, Z. y N. W. Runham, 1992, Otolith microstructure pattern in *Oreochromis niloticus* (L.), J. Fish Biol. 40: 325 – 332.

12. ANEXO

12.1. Análisis de frecuencia de tallas por estimadores de densidad y estimación del crecimiento.*12.1.1. Organismos de enero de 2004*

De los 13 meses de muestreo se obtuvieron un total 560 individuos los cuales fueron capturados por dos artes de pesca distintos, atarraya y chinchorro, este último arte fue empleado únicamente en los meses de enero, mayo y diciembre. Se aplicó la prueba bootstrap suavizado para multimodalidad a los datos de longitud del mes de enero de 2004 (Tabla 104). Los valores de probabilidad de la prueba sugieren tres modas ($P = 0.8$)

Moda	Amplitud crítica de banda	Valor de P
1	4.27	0.0100
2	1.77	0.1000
3	0.72	0.8000
4	0.70	0.4200
5	0.65	0.2000
6	0.53	0.2500
Amplitud de banda sugerida	$(1.76+0.72)/2 =$	1.24

Con la amplitud de banda sugerida por la prueba de multimodalidad (1.24) se generó el estimador de densidad por kernel gaussiano correspondiente al mes de enero (Figura 121), en el cual se observan tres modas (3.968, 10.416 y 16.864)

Para caracterizar los componentes gaussianos incluidos en el estimador de densidad se emplearon los programas bhatplt y bhatgauc (Salgado-Ugarte *et al.*, 2000). Los resultados presentan tres componentes (Tabla 105).

Componente	Media	Desviación estándar	Tamaño	r^2	Intervalo
1	4.0369	1.8182	22	0.9651	10/17
2	10.4261	1.9953	13	0.9997	27/29
3	17.1603	2.2231	34	0.9857	35/45

Los componentes determinados se separan dentro del gráfico de diferencias logarítmicas (Figura 122) y en la frecuencia suavizada (Figura 123), estos presentan un ajuste adecuado ($r^2 = 0.999$).

La comparación entre suma de gaussianos y frecuencia observada presentó un valor para el índice de correlación de 0.99922 con una alta significancia ($P = 0.0000$) (Figura 124) por consiguiente ambas distribuciones pueden ser iguales.

Con la caracterización de los componentes se obtuvieron las tallas medias y tamaños respectivos por grupo de edad; la estimación de la edad en estos grupos fue realizada conforme a la talla por grupo de edad del mes de diciembre, pues en este mes se observó el intervalo posible de grupos de edad, de tal forma, las edades por grupo de edad para las tallas de enero son: 0, 1 y 3 años. Con estos valores ahora podemos estimar los parámetros de los modelos de crecimiento de von Bertalanffy, Gompertz y Logístico, mediante regresión no lineal (Tabla 106).

Los valores mostrados en la tabla 14, indican que el ajuste mostrado por las funciones es adecuado ($r^2 = 1.0000$), este mismo comportamiento se observa al dibujar las tallas medias por grupo de edad y los valores esperados por los modelos de crecimiento (Figura 125).

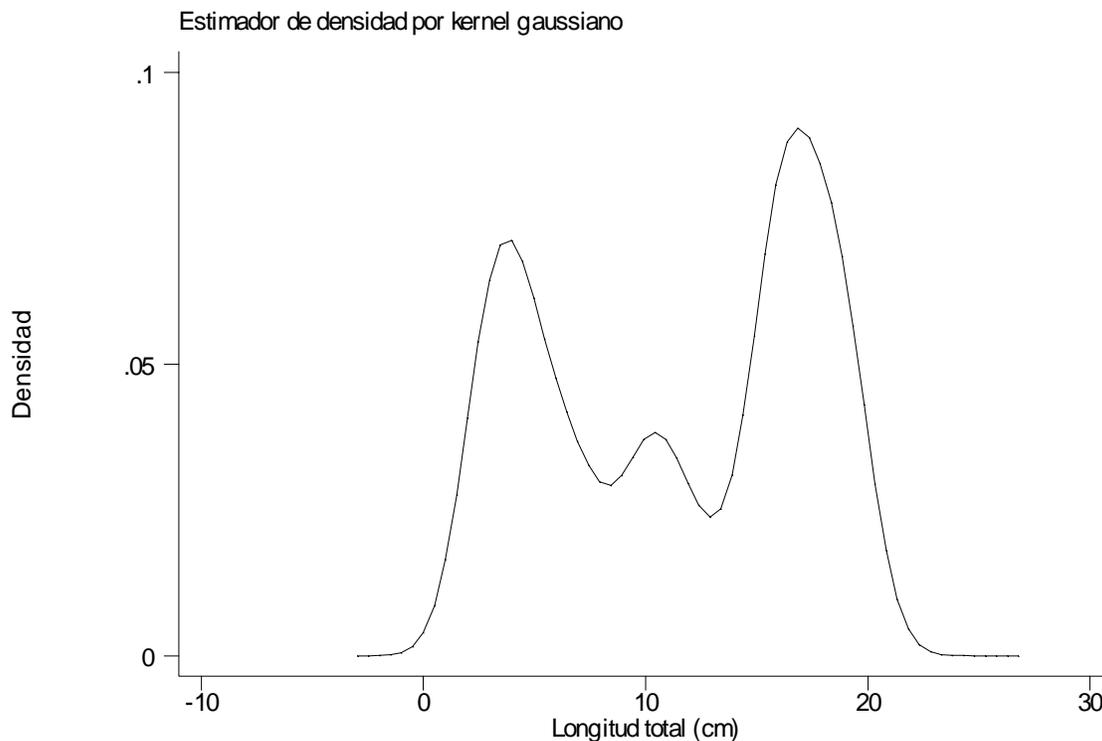


Figura 121. Estimador de densidad por kernel gaussiano para longitud total correspondiente al mes de enero de 2004, con amplitud de banda (1.24) sugerida por la prueba de bootstrap suavizado.

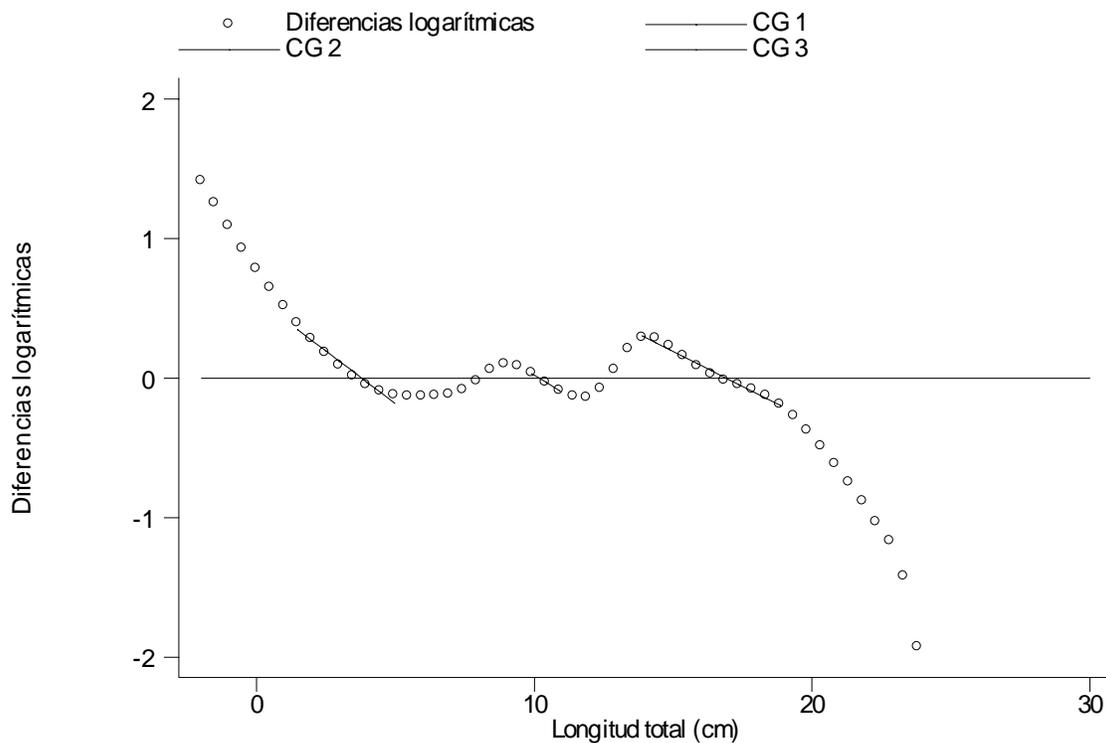


Figura 122. Componentes gaussianos delimitados en el gráfico de diferencias logarítmicas o Bhattacharya, correspondiente al muestreo de enero de 2004.

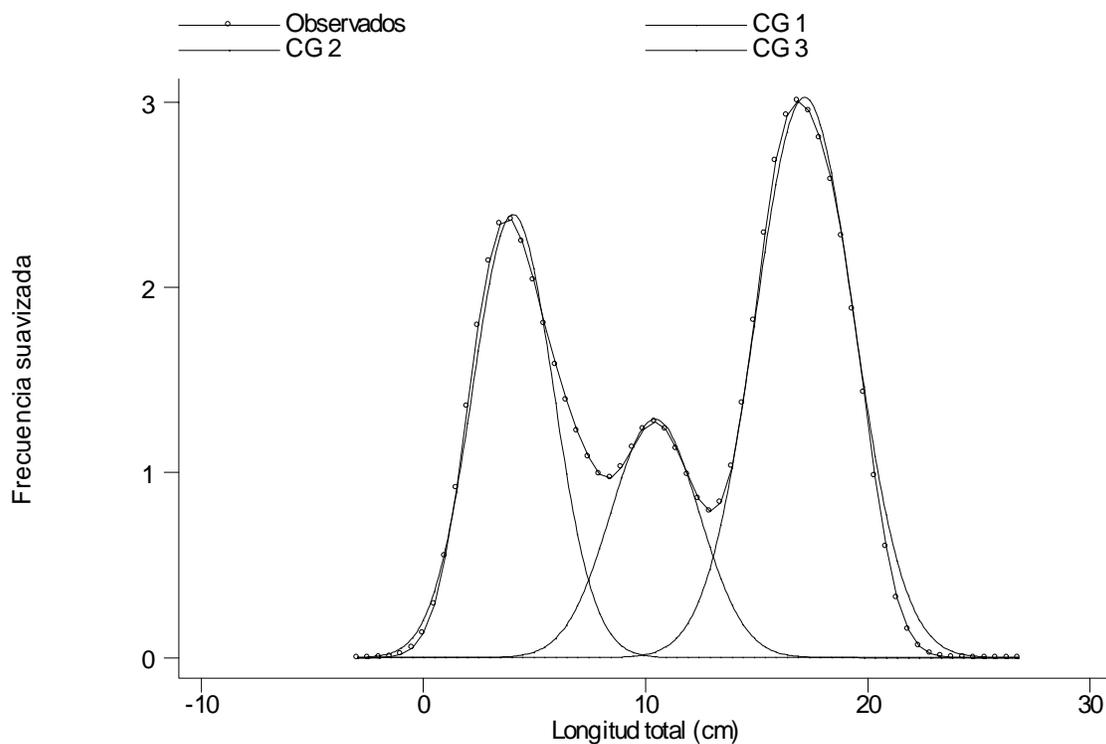


Figura 123. Componentes gaussianos delimitados dentro del estimador de densidad por kernel gaussiano correspondiente al mes de enero de 2004.

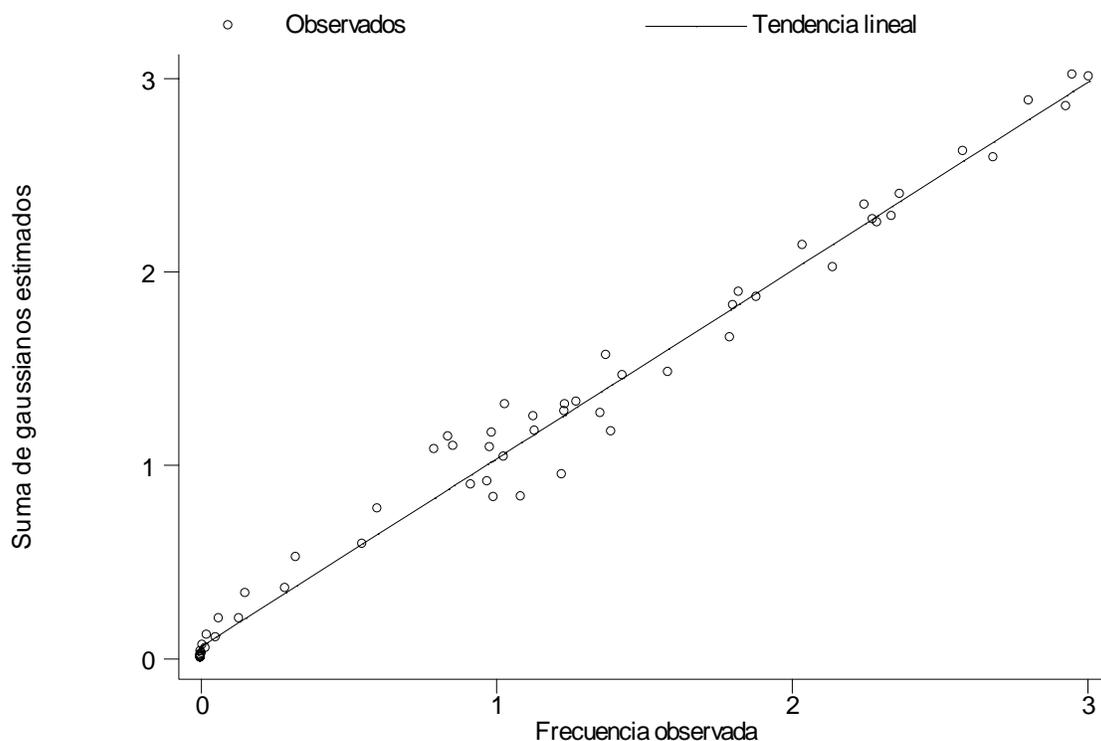


Figura 124. Relación entre suma de gaussianos y frecuencia observada, incluida la recta de regresión; el valor del índice de correlación es 0.9992 con $P = 0.0000$

Tabla 106. Valores correspondientes a los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy estimados por regresión no lineal para longitud total del muestreo de enero de 2004.				
Modelo de crecimiento	L_{∞}^*	K ó g^*	t_0^*	r^2
von Bertalanffy	21.8802	0.4433	- 0.4601	1.0000
Gompertz	18.6700	0.9664	0.4410	1.0000
Logística	17.6641	1.5815	0.7692	1.0000

* Los parámetros de los modelos de crecimiento no son exactamente equivalentes entre sí, por lo cual, no representan lo mismo (Moreau, 1987; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005); los parámetros de von Bertalanffy son conocidos, por tanto son utilizados como referencia.

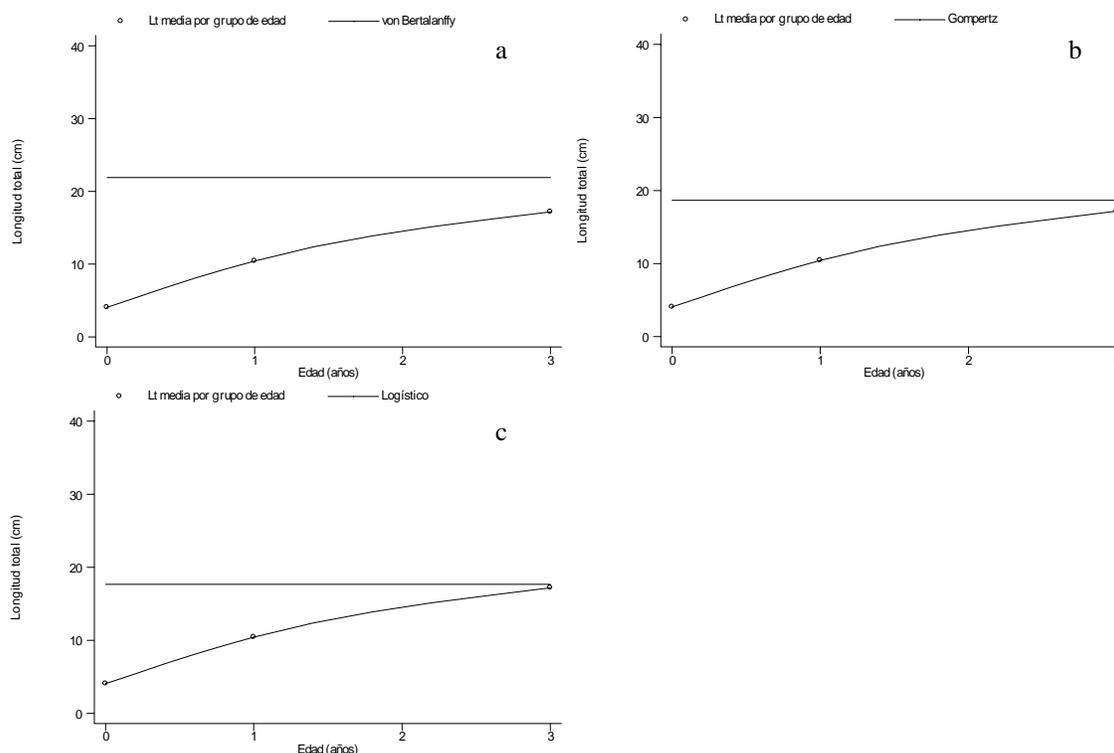


Figura 125. Valores medios para longitud total por grupo de edad y estimados conforme a los modelos de crecimiento de a). von Bertalanffy, b). Gompertz y c). Logístico.

12.1.2. Estimación del crecimiento en peso (enero 2004)

Dadas las relaciones entre peso total – longitud total y peso eviscerado – longitud total, además del valor de la longitud asintótica o infinita, se determinó el peso asintótico tanto para el peso total (P_t) como para el peso eviscerado (P_e). Así los modelos de crecimiento de von Bertalanffy en longitud total (L_t) y peso, conforme al análisis de frecuencias de tallas para enero son:

$$L_t = 21.8802[1 - (\exp\{-0.4433(t + 0.4601)\})]$$

$$P_t = 161.5125[1 - (\exp\{-0.4433(t + 0.4601)\})]^{2.7137}$$

$$P_e = 147.3016[1 - (\exp\{-0.4433(t + 0.4601)\})]^{2.8891}$$

En la tabla 15 se muestran los valores correspondientes a las tallas en longitud, peso total y eviscerado por grupo de edad, conforme al análisis de frecuencias de tallas por estimadores de densidad por kernel gaussiano para enero de 2004.

Edad (años)	Longitud total (cm)	Peso total (g)	Peso eviscerado (g)
0	4.0369	1.6457	1.1158
1	10.4261	21.6066	17.3030
3	17.1603	83.5293	73.0014

12.1.3. Organismos de mayo

En el mes de mayo se capturaron en total 65 organismos, con los datos de longitud total se estimó la amplitud de banda conforme a la prueba no paramétrica de multimodalidad de Silverman (Tabla 108).

Moda	Amplitud crítica de banda	P
1	5.16	0.0000
2	1.87	0.0400
3	0.69	0.7700
5	0.43	0.7500
6	0.38	0.6500
Amplitud de banda sugerida	$(1.86 + 0.69)/2 =$	1.275

Utilizando la amplitud de banda de 1.27 se calculó el estimador de densidad por kernel gaussiano para longitud total correspondiente al mes de mayo (Figura 126), donde se distinguen tres modas (3.048, 10.668 y 18.288).

La caracterización de cada uno de los componentes se realizó por el método de Bhattacharya (Tabla 109); una vez delimitados estos pudieron separarse dentro del gráfico de diferencias logarítmicas (Figura 127), así como también dentro del estimador de densidad por kernel gaussiano (Figura 128). De acuerdo con la relación entre suma de gaussianos y frecuencia observada (Figura 129) los valores se encuentran distribuidos a lo largo de una tendencia lineal, con un valor del índice de correlación de 0.9940 ($P = 0.0000$); por tanto las distribuciones pueden ser iguales.

Componente	Media	Desviación estándar	Tamaño	r^2	Intervalo
1	3.3534	1.3160	15	0.9967	10/12
2	10.0759	1.4741	8	0.9989	29/32
3	17.2105	1.1563	5	0.9996	50/52

Caracterizados los tres componentes gaussianos; en estos debe estimarse la edad. para ello, se consideró la distribución de tallas de diciembre, dado que en este mes se aprecia el intervalo posible de grupos de edad, de tal forma las edades estimadas son: 0, 1 y 3 años. Con estos valores se estimaron mediante regresión no lineal los parámetros correspondientes a los modelos de crecimiento de von Bertalanffy, Gompertz y Logístico (Tabla 110).

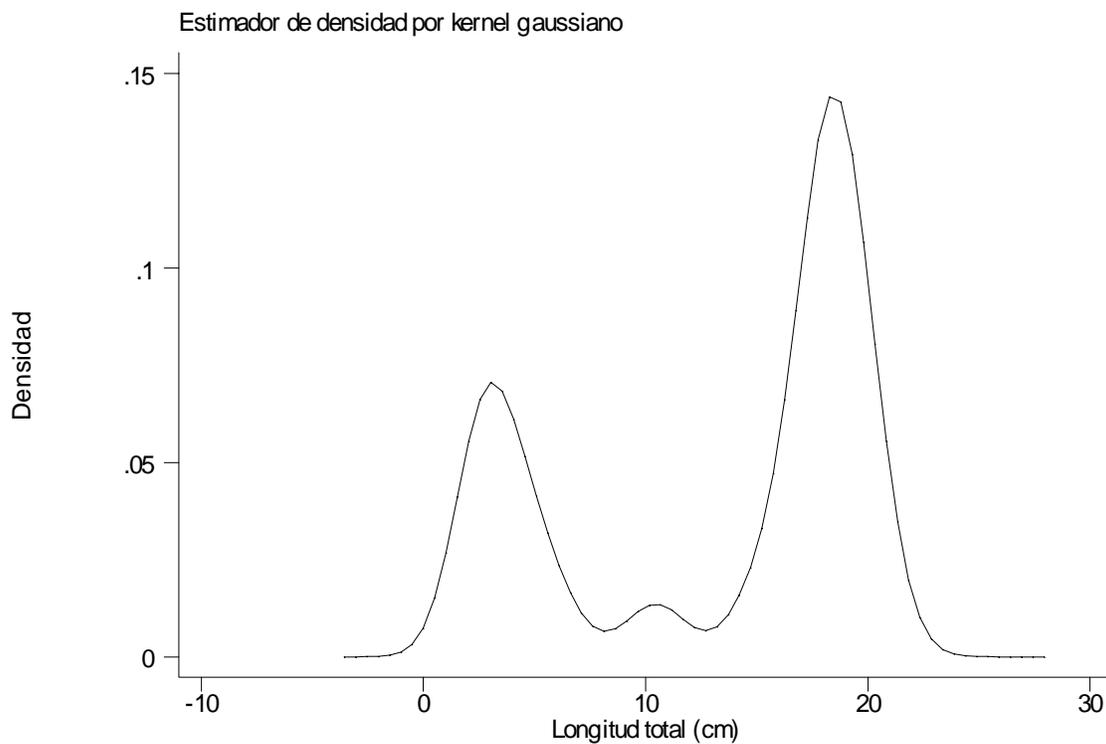


Figura 126. Estimador de densidad por kernel gaussiano con amplitud de banda de 1.27 sugerida por la prueba de multimodalidad para longitud total correspondiente al muestreo de mayo de 2004.

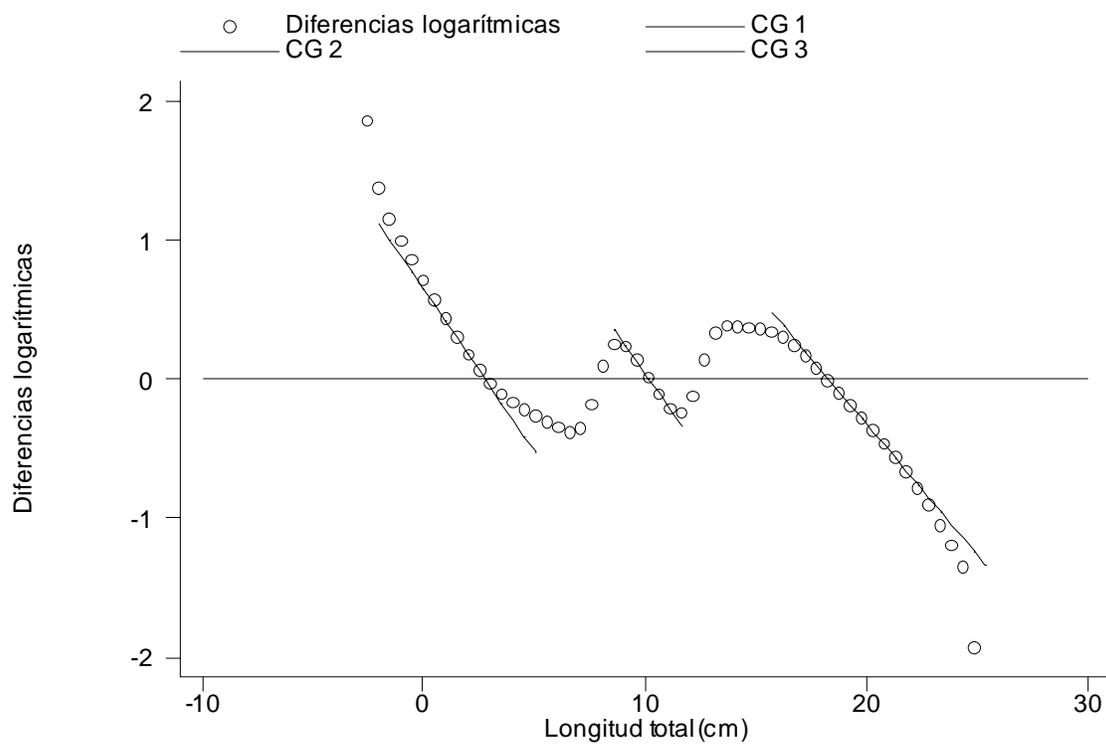


Figura 127. Componentes gaussianos delimitados en el gráfico de diferencias logarítmicas, correspondiente al muestreo de mayo de 2004 ($n = 65$).

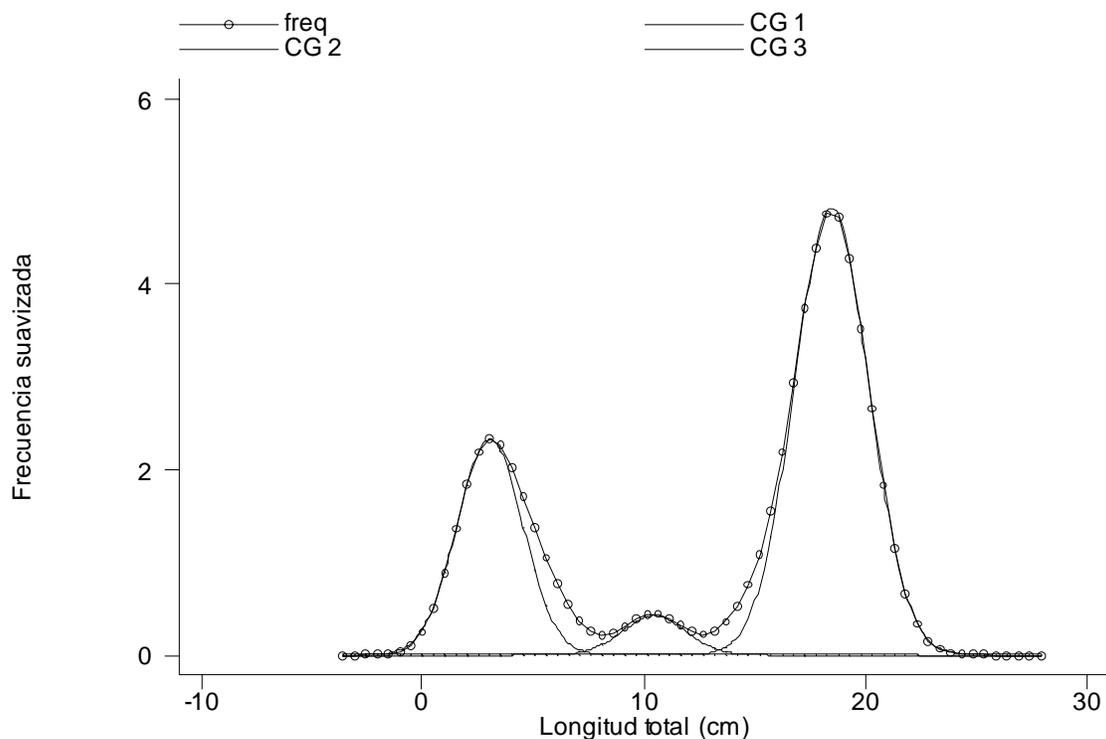


Figura 128. Componentes gaussianos delimitados dentro del estimador de densidad por kernel gaussiano correspondiente al muestreo mensual de mayo de 2004.

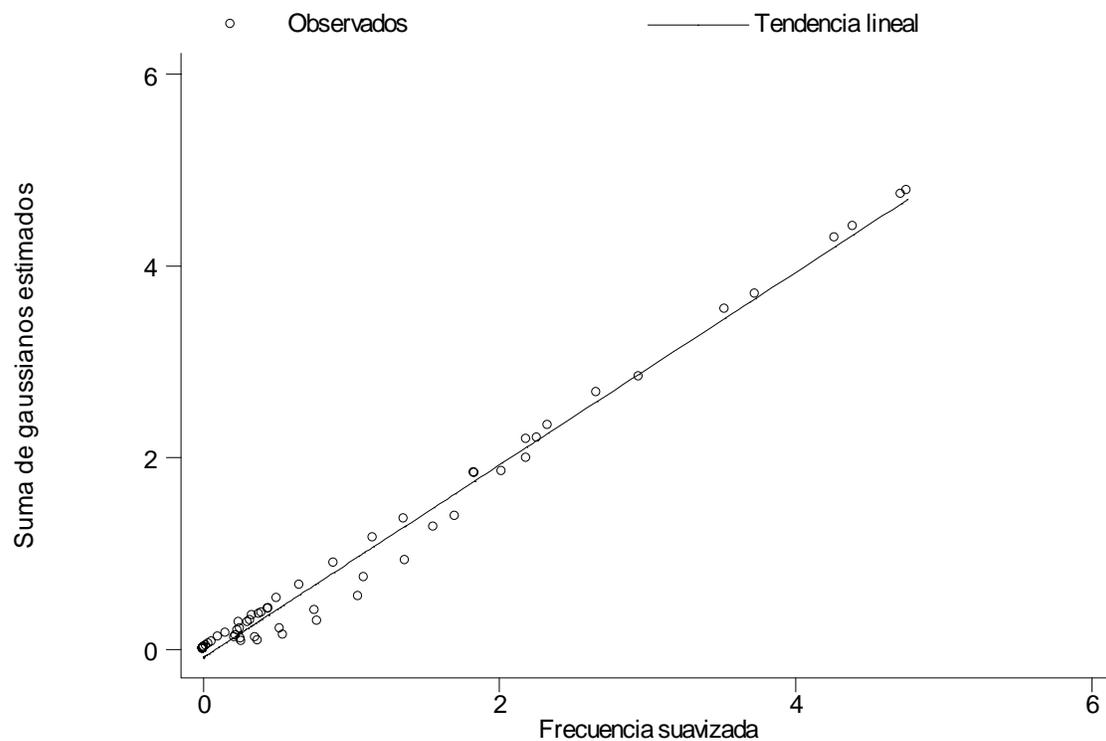


Figura 129. Relación entre suma de gaussianos y frecuencia observada, incluida la recta de regresión; el valor del índice de correlación es 0.994 y $P = 0.0000$

Tabla 110. Valores correspondientes a los parámetros de los modelos de crecimiento de von Bertalanffy estimados por regresión no lineal para longitud total del muestreo de enero de 2004.

Modelo de crecimiento	L_{∞}^*	K ó g^*	t_0^*	r^2
von Bertalanffy	22.2965	0.4383	- 0.3718	1.0000
Gompertz	18.6223	1.0265	0.5251	1.0000
Logística	17.6084	1.7380	0.8326	1.0000

* Los parámetros de los modelos de crecimiento no son exactamente equivalentes entre sí, por lo cual, no representan lo mismo (Moreau, 1987; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005); los parámetros de von Bertalanffy son conocidos, por tanto son utilizados como referencia.

Al tomar en cuenta los valores del coeficiente de determinación las funciones empleadas se ajustan muy bien a los valores calculados por grupo de edad ($r^2 = 1.0000$), este mismo comportamiento se aprecia al trazar los valores esperados conforme a los distintos modelos y calculados (Figura 130).

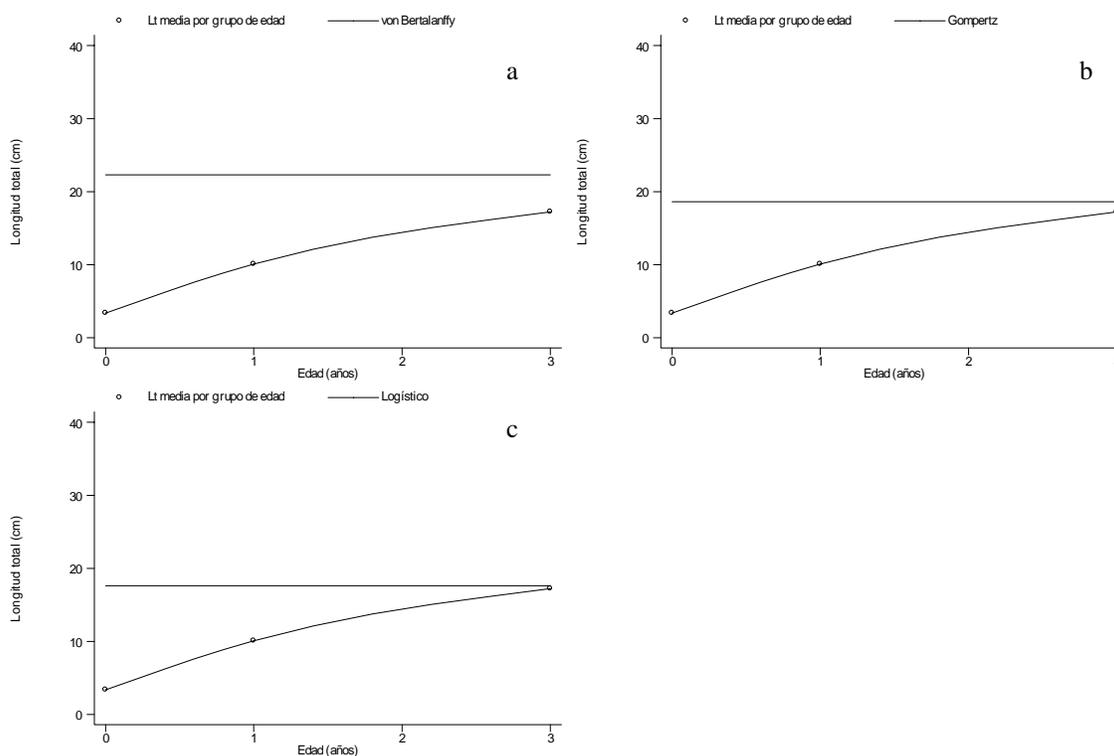


Figura 130. Valores medios para longitud total calculados por grupo de edad y estimados conforme a los modelos de crecimiento de a). von Bertalanffy, b). Gompertz y c). Logístico.

12.1.4. Estimación del crecimiento en peso (mayo 2004)

Dadas las relaciones entre peso total – longitud total y peso eviscerado – longitud total, además del valor de la longitud asintótica o infinita, se determinó el peso asintótico tanto para el peso total (P_t) como para el peso eviscerado (P_e). Así los modelos de crecimiento de von Bertalanffy en longitud total (L_t) y peso, conforme al análisis de frecuencias de tallas para mayo son:

$$L_t = 22.2965[1 - \{\exp\{-0.4383(t + 0.3718)\}\}]$$

$$P_t = 169.9882[1 - (\exp\{-0.4383(t + 0.3718)\})]^{2.7137}$$

$$P_e = 155.5449[1 - (\exp\{-0.4383(t + 0.3718)\})]^{2.8891}$$

En la tabla 111 se muestran los valores correspondientes a las tallas en longitud, peso total y eviscerado por grupo de edad, conforme al análisis de frecuencias de tallas por estimadores de densidad por kernel gaussiano para mayo de 2004.

Edad (años)	Longitud total (cm)	Peso total (g)	Peso eviscerado (g)
0	3.3534	0.9948	0.6529
1	10.0759	19.6934	15.6766
3	17.2105	84.1941	73.6201

12.2. Machos e indeterminados

Al considerar sólo a machos e indeterminados para el análisis de frecuencias de tallas en los meses de enero y mayo de 2004, a los datos de longitud total se les determinó la amplitud óptima de banda conforme a la prueba de multimodalidad, bootstrap suavizado (Tabla 112). Conforme a estos valores se trazaron los estimadores de densidad por kernel correspondientes (Figuras 131 y 132), en los cuales se observa un comportamiento multimodal.

Mes	Amplitud de banda sugerida	Valor de P	Tamaño de la muestra
Ene 2004	3.365	0.33	57
May	1.215	0.61	63

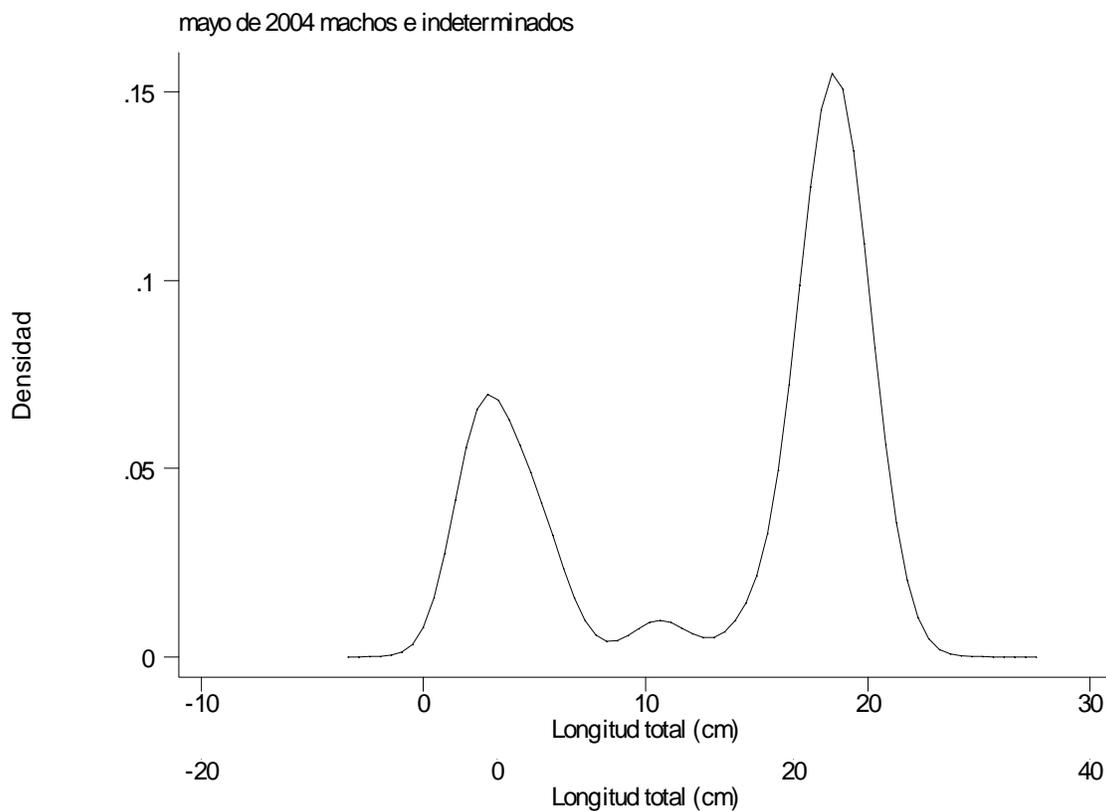


Figura 131. Estimador de densidad por kernel gaussiano para longitud total correspondiente al mes de enero de 2004, considerando machos($n = 28$) e indeterminados($n = 29$).

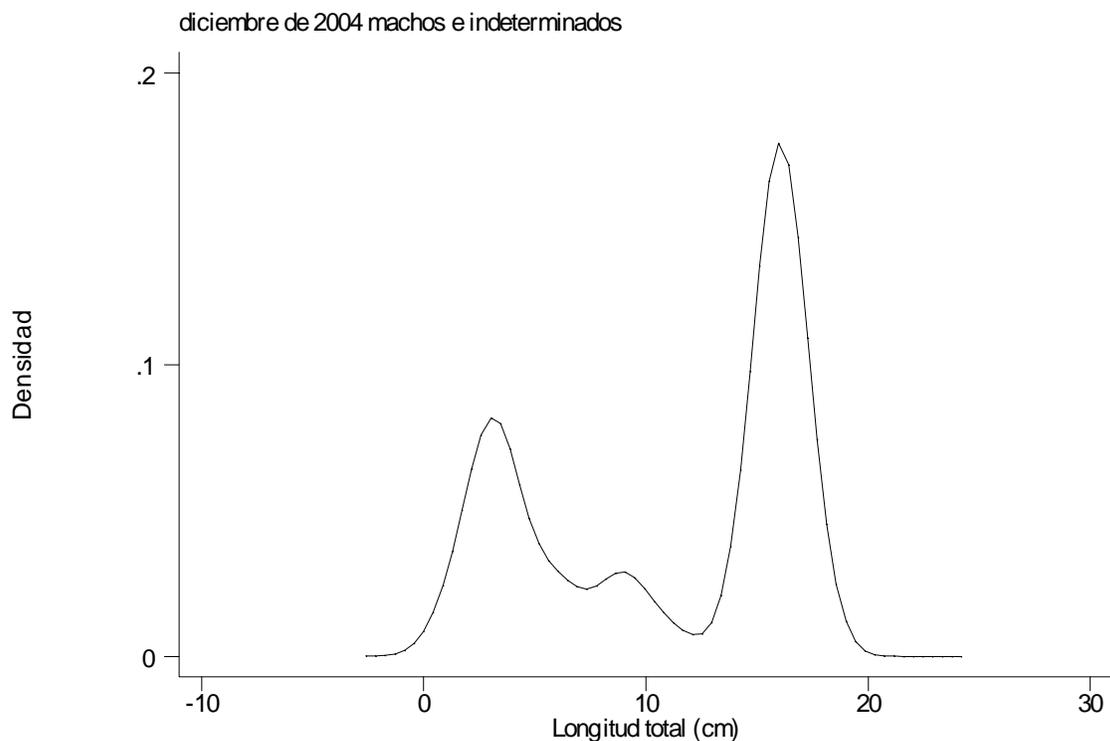


Figura 132. Estimador de densidad por kernel gaussiano para longitud total correspondiente al mes de mayo de 2004, considerando machos($n = 43$) e indeterminados($n = 20$).

12.2.1. enero 2004

La caracterización y delimitación de cada uno de los componentes en los tres meses que se analizaron se realizó mediante el método de Bhattacharya y los programas de Salgado–Ugarte *et al.*, 2000. De tal forma, en el mes de enero de 2004 se obtuvieron dos componentes, los cuales se presentan caracterizados en la tabla 25, la delimitación de estos en el gráfico de diferencias logarítmicas (Figura 133), dentro del estimador de densidad por kernel (Figura 134) y la relación entre suma de gaussianos y frecuencia observada indican un valor para el índice de correlación de 0.9735 con $P = 0.0000$, por lo cual no se puede rechazar la hipótesis de que ambas distribuciones sean iguales (Figura 135).

Componente	Media	Desviación estándar	Tamaño	r^2
1	4.4371	3.6001	25	0.9999
2	17.3459	3.6405	24	0.9999

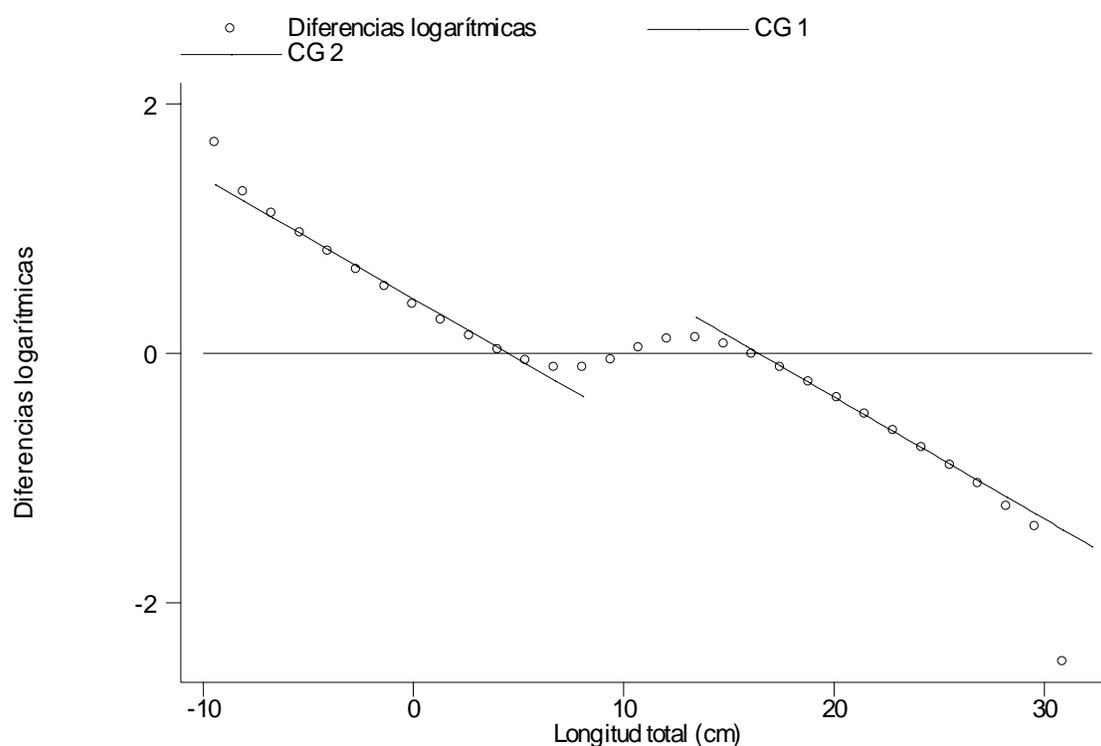


Figura 133. Componentes gaussianos delimitados en el gráfico de diferencias logarítmicas, correspondiente a machos e indeterminados capturados en el muestreo de enero de 2004.

Dado que son sólo dos componentes no es posible estimar los parámetros de las funciones de crecimiento para machos e indeterminados.

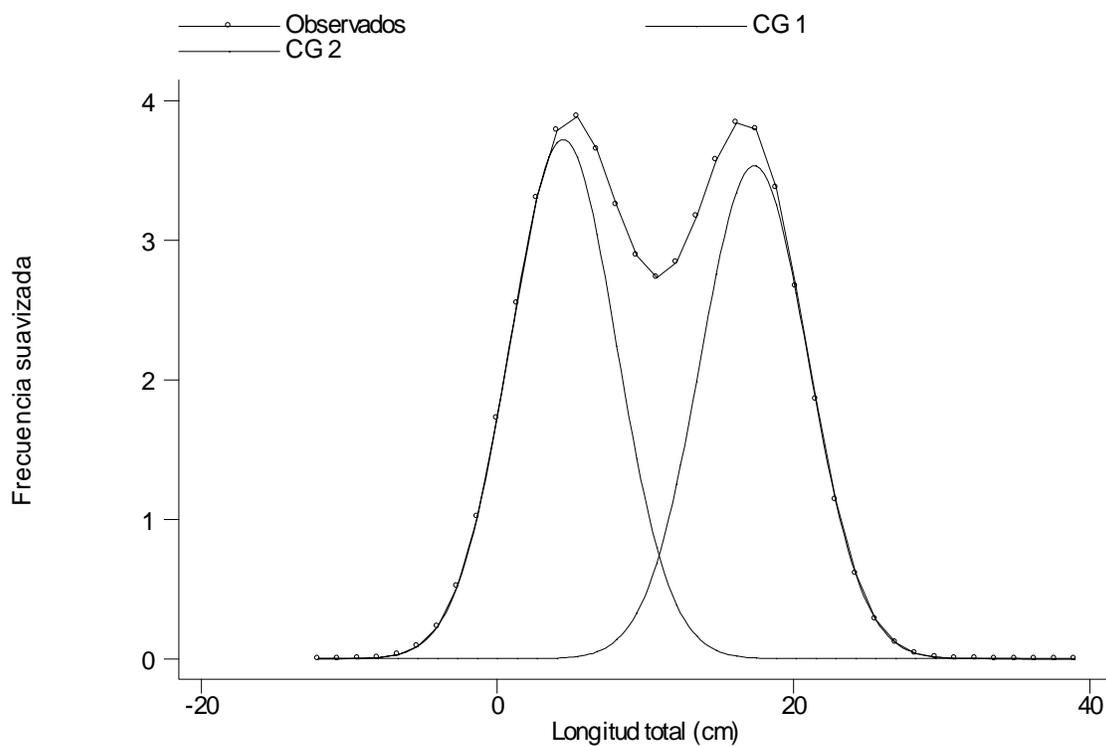


Figura 134. Componentes gaussianos delimitados dentro del estimador de densidad por kernel gaussiano correspondiente al muestreo de enero de 2004 para machos e indeterminados

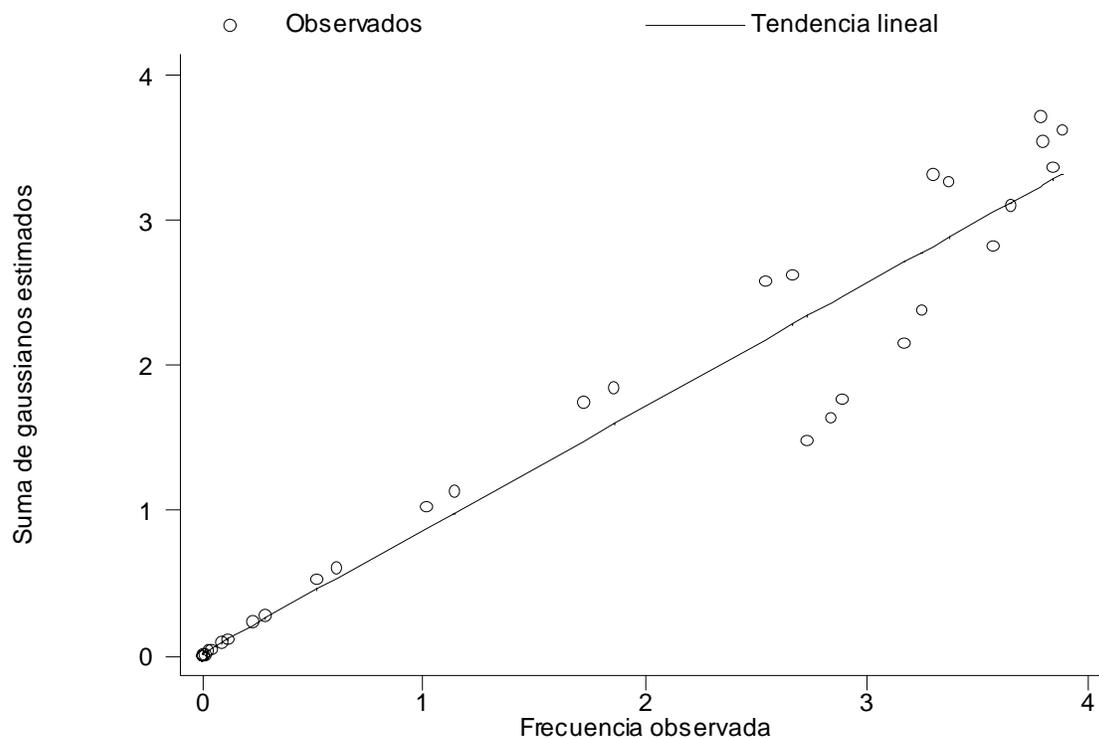


Figura 135. Relación entre suma de gaussianos y frecuencia observada, incluida la recta de regresión; el valor del índice de correlación es 0.9735 con $P = 0.0000$ machos e indeterminados, enero de 2004.

12.2.2. mayo de 2004

La caracterización de los tres componentes determinados en el mes de mayo de 2004 se presentan en la tabla 114 y la delimitación de estos en el gráfico de diferencias logarítmicas (Figura 136), dentro del estimador de densidad por kernel (Figura 137) y la relación entre suma de gaussianos y frecuencia observada (Figura 138) indican que los valores se encuentran distribuidos a lo largo de una tendencia lineal, con un valor del índice de correlación de 0.9948 y $P = 0.0000$; por tanto las distribuciones pueden ser iguales.

Componente	Media	Desviación estándar	Tamaño	r^2	Intervalo
1	3.2155	1.6127	18	0.9608	10/16
2	10.6564	1.5557	2	0.9935	27/32
3	18.3512	1.6963	41	0.9897	39/54

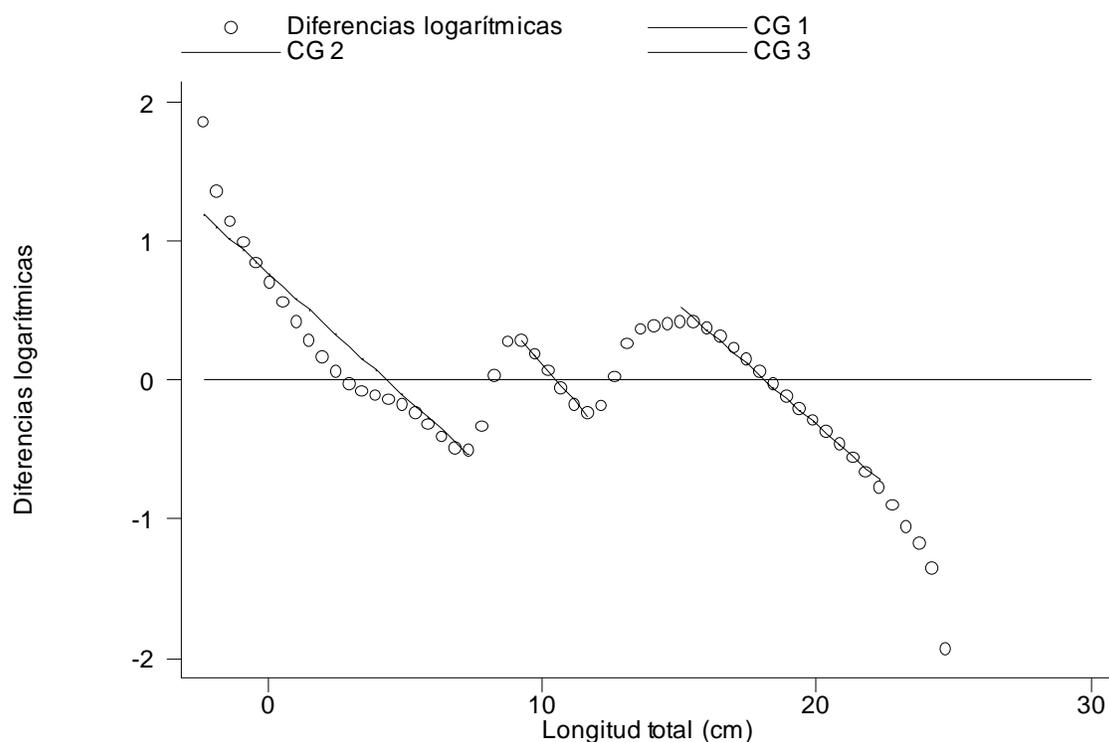


Figura 136. Componentes gaussianos delimitados en el gráfico de diferencias logarítmicas, correspondiente a machos e indeterminados capturados en el muestreo de mayo de 2004.

Caracterizados los componentes gaussianos, se les asignó una edad, ello en base a la distribución de tallas de diciembre, obteniéndose edades de 0, 1 y 3 años. Con estos datos, se estimaron mediante regresión no lineal los parámetros correspondientes a los modelos de crecimiento de von Bertalanffy, Gompertz y Logístico (Tabla 115) y se trazaron los valores esperados por los correspondientes modelos (Figura 139).

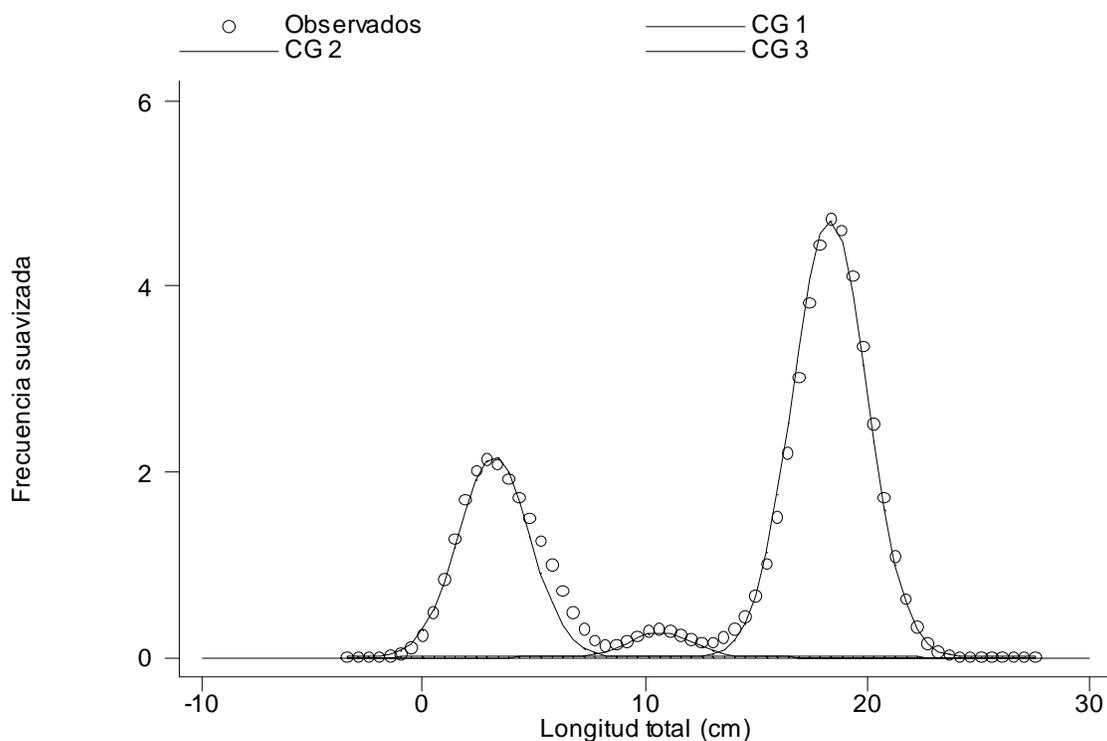


Figura 137. Componentes gaussianos delimitados dentro del estimador de densidad por kernel gaussiano correspondiente al muestreo de mayo de 2004 para machos e indeterminados

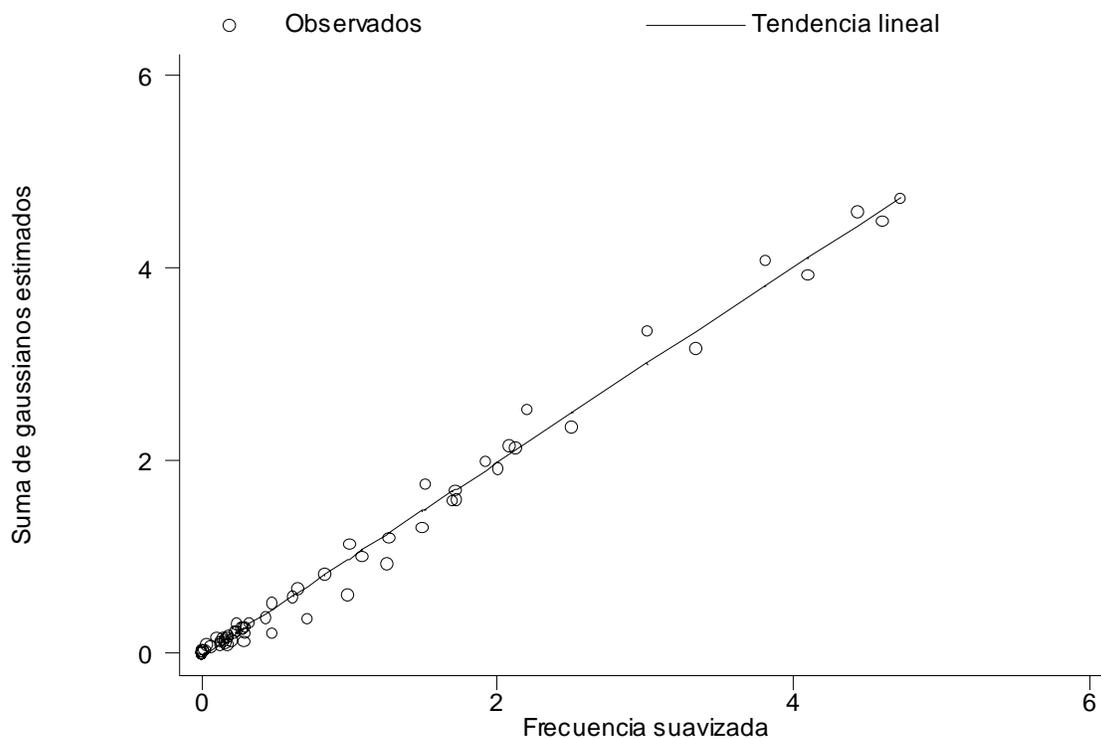


Figura 138. Relación entre suma de gaussianos y frecuencia observada; el valor del índice de correlación es 0.9948 y $P = 0.0000$ correspondiente al muestreo de mayo de 2004 para machos e indeterminados.

Tabla 115. Valores correspondientes a los parámetros de los modelos de crecimiento de von Bertalanffy, Gompertz y Logístico estimados mediante regresión no lineal para machos e indeterminados capturados en el muestreo de mayo de 2004.

Modelo de crecimiento	L_{∞}	K ó g	t_0	r^2
von Bertalanffy	23.5010	0.4570	- 0.3220	1.0000
Gompertz	19.6915	1.0822	0.5493	1.0000
Logístico	18.6907	1.8540	0.8476	1.0000

* Los parámetros de las funciones de crecimiento no son exactamente equivalentes entre sí, por lo cual, no representan lo mismo (Moreau, 1987; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005); los parámetros de von Bertalanffy son conocidos, por tanto son utilizados como referencia.

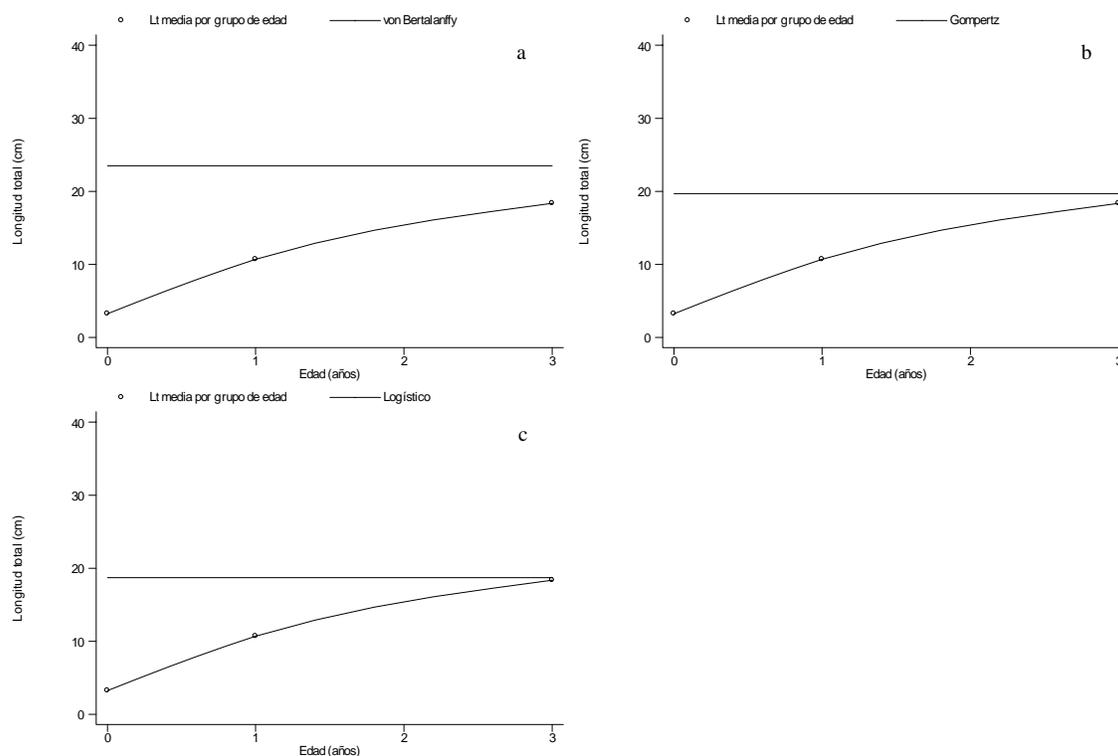


Figura 139. Valores medios de longitud total por grupo de edad y estimados conforme a los modelos de crecimiento de a). von Bertalanffy, b). Gompertz y c). Logístico correspondientes a machos e indeterminados capturados en el muestreo de mayo de 2004.

Los resultados indican que el ajuste entre los valores observados por grupo de edad y los estimados por los tres modelos es bueno ($r^2 = 1.00$), por tanto, para la descripción del crecimiento mostrado por machos e indeterminados pueden ser empleados cualquiera de los modelos.

12.2.3. Estimación del crecimiento en peso (mayo 2004)

Considerando las relaciones entre peso total – longitud total y peso eviscerado – longitud total, además del valor de la longitud asintótica, se calcularon los correspondientes al peso asintótico o infinito para el peso total (P_t) y eviscerado (P_e). De tal suerte a continuación se presentan las ecuaciones del modelo de von Bertalanffy en longitud (L_t) y peso del análisis de frecuencia de tallas de mayo para machos e indeterminados.

$$L_t = 23.5010(1 - [\exp\{-0.4570(t + 0.3220)\}])$$

$$P_t = 195.7360(1 - [\exp\{-0.4570(t + 0.3220)\}])^{2.6958}$$

$$P_e = 180.5309(1 - [\exp\{-0.4570(t + 0.3220)\}])^{2.8695}$$

De los modelos de von Bertalanffy en peso, se obtuvieron los valores respectivos por grupo de edad, determinados por el análisis de frecuencia de tallas de mayo para machos e indeterminados (Tabla 116).

Tabla 116. Valores estimados para longitud total, peso total y eviscerado por edad, determinados por el análisis de frecuencia de tallas de mayo de 2004 en machos e indeterminados.			
Edad (años)	Longitud total (cm)	Peso total (g)	Peso eviscerado (g)
0	3.2155	0.9182	0.5995
1	10.6564	23.2129	18.6615
3	18.3512	100.4808	88.7778

12.3. Hembras e indeterminados

Tomando únicamente a las hembras e indeterminados de los muestreos de enero y mayo de 2004, para realizar el análisis de frecuencia de tallas se determinaron primeramente las amplitudes de banda sugeridas por la prueba de multimodalidad de Silverman, bootstrap suavizado, (Tabla 117) para trazar los estimadores de densidad correspondientes (Figuras 140 y 141).

Tabla 117. Amplitudes de banda sugeridas por la prueba de multimodalidad de Silverman (bootstrap suavizado) estimados para longitud total de hembras e indeterminados capturados en enero, mayo y diciembre de 2004		
Mes	Amplitud sugerida	Tamaño de la muestra
Ene 2004	1.02	39
May	0.31	22

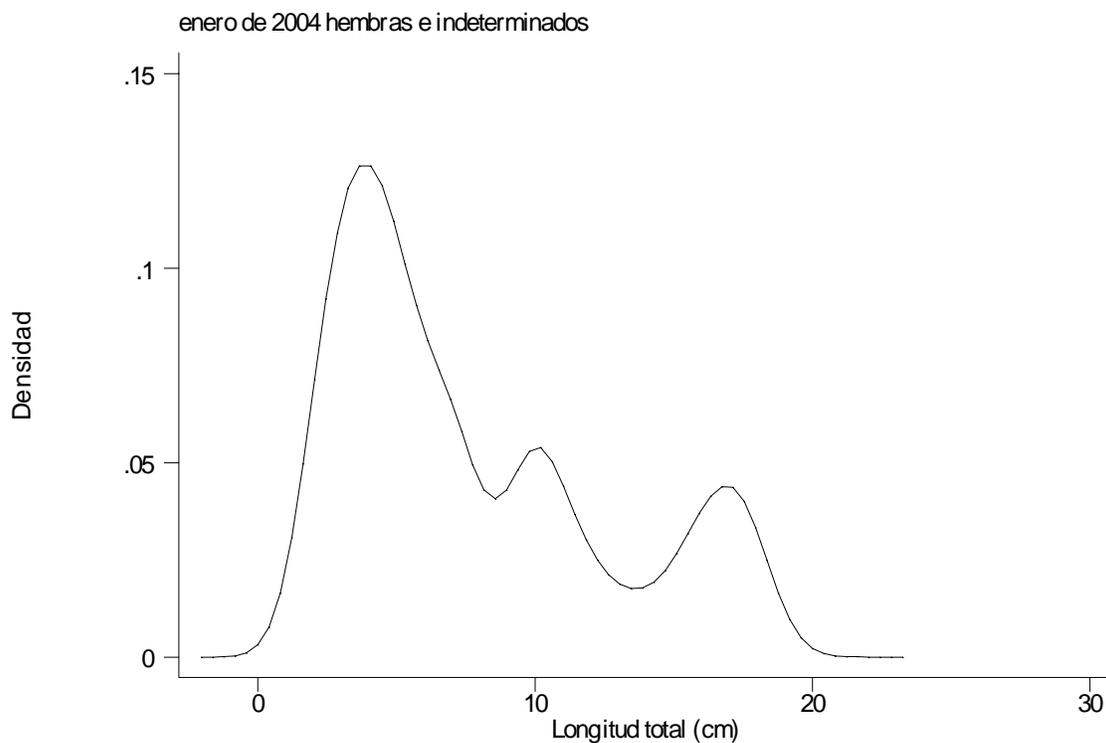


Figura 140. Estimador de densidad por kernel gaussiano con amplitud de banda de 1.02 sugerida por la prueba de Silverman para longitud total correspondiente a hembras e indeterminados del mes de enero de 2004.

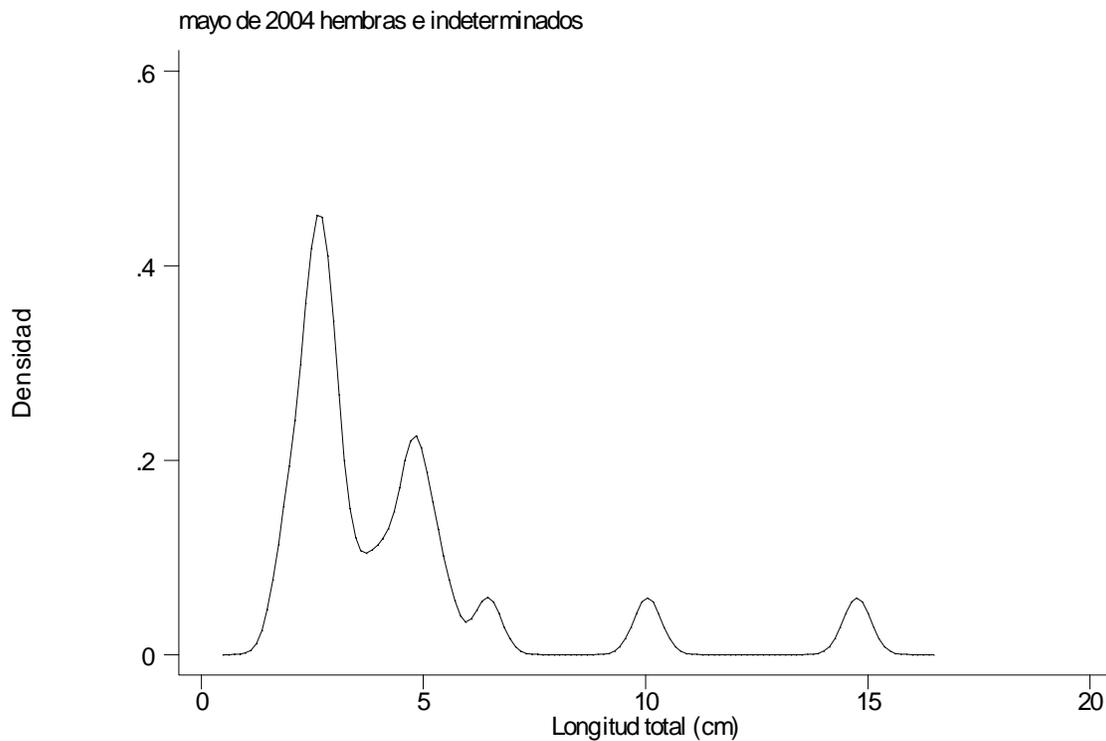


Figura 141. Estimador de densidad por kernel gaussiano con amplitud de banda de 0.31 sugerida por la prueba de Silverman para longitud total correspondiente a hembras e indeterminados capturados en mayo de 2004.

12.3.1. enero de 2004

Los valores que caracterizan a los tres componentes encontrados en enero se presentan en la Tabla 118; delimitándose dentro del gráfico de diferencias logarítmicas (Figura 142) y dentro del estimador de densidad (Figura 143). En la figura 144 se presenta la relación existente entre suma de gaussianos y frecuencia observada, en la cual se aprecia que los valores se encuentran dispersos a lo largo de una tendencia lineal, con un valor para el índice de correlación de 0.8451 ($P = 0.0000$), por lo que no puede rechazarse que ambas distribuciones sean iguales.

Componente	Media	Desviación estándar	Tamaño	r^2	Intervalo
1	3.8980	1.7883	22	0.9905	12/16
2	10.0759	1.4741	8	0.9989	29/32
3	16.6128	1.6804	7	0.9277	42/50

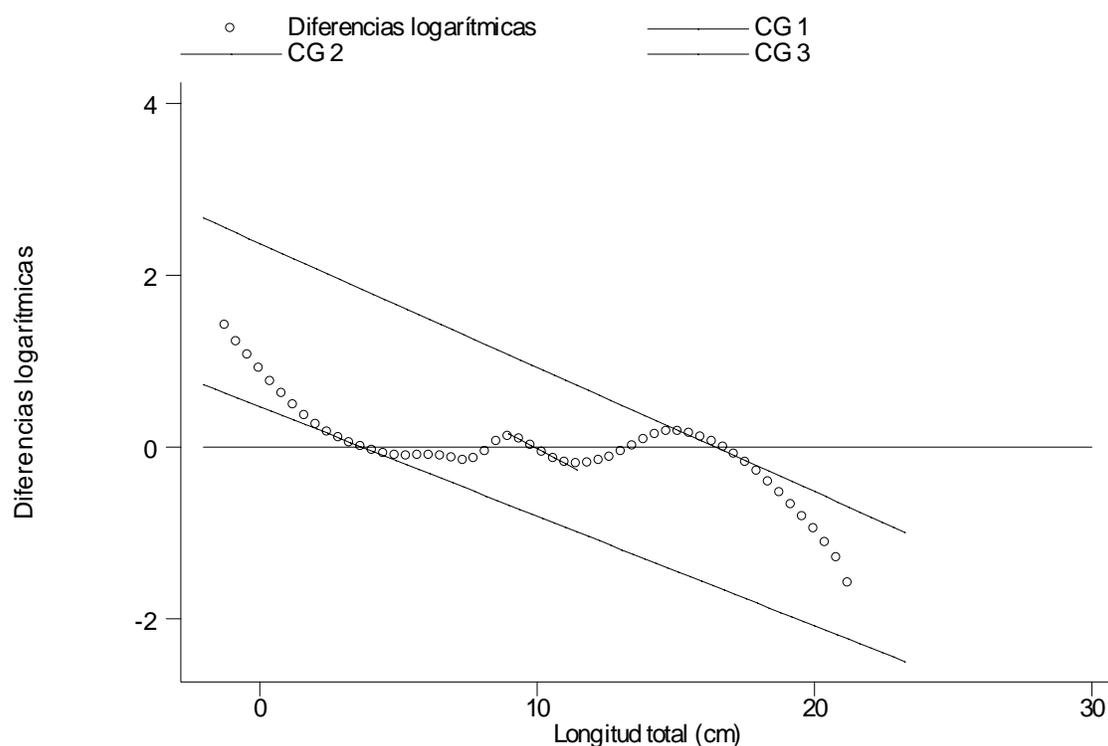


Figura 142. Componentes gaussianos delimitados en el gráfico de diferencias logarítmicas, correspondiente a hembras e indeterminados capturados en el muestreo de enero de 2004.

Con los valores que caracterizan a los tres componentes gaussianos y la edad aproximada de 0, 1 y 3 años se estimaron mediante regresión no lineal los parámetros de los modelos de crecimiento de von Bertalanffy, Gompertz y Logístico (Tabla 119). También los valores medios de longitud total por grupo de edad fueron comparados con los esperados por los modelos (Figura 145)

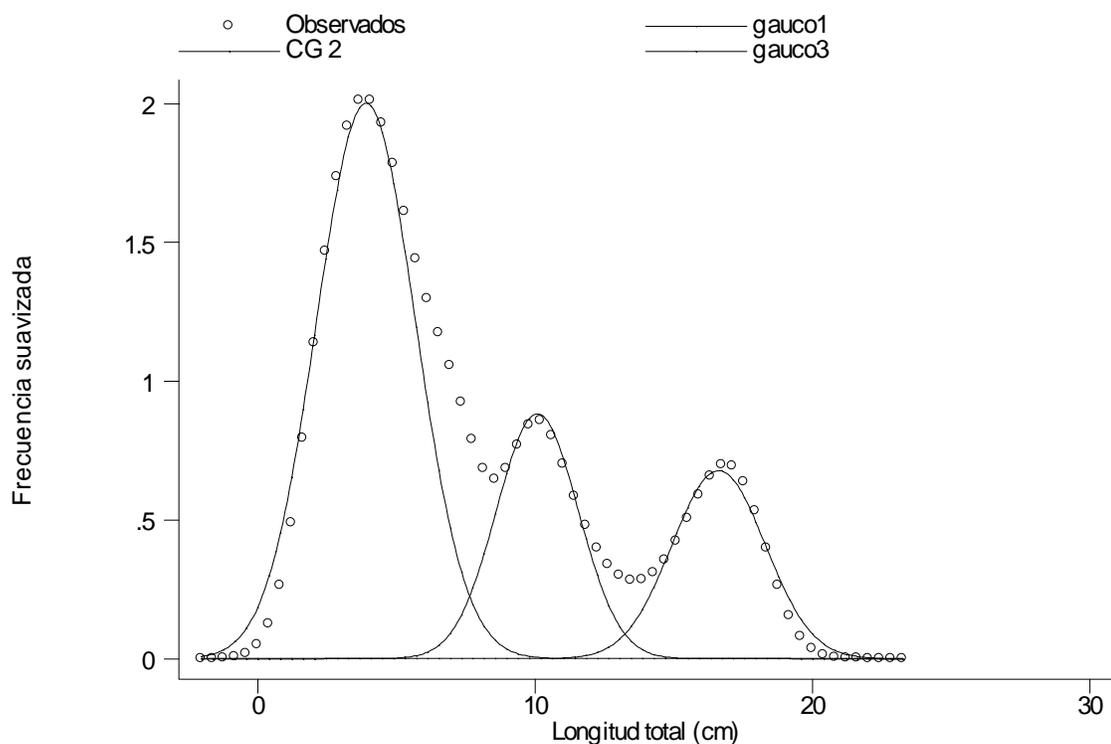


Figura 143. Componentes gaussianos delimitados dentro del estimador de densidad por kernel gaussiano correspondiente a hembras e indeterminados capturados en enero de 2004

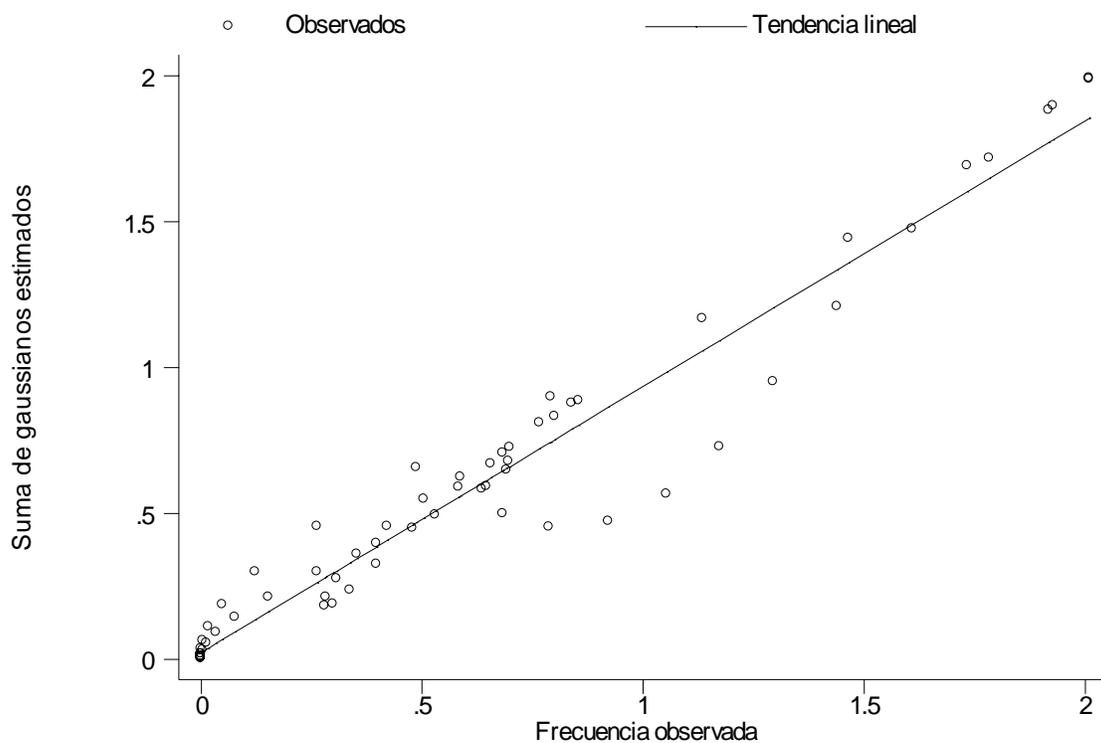


Figura 144. Relación entre suma de gaussianos y frecuencia observada, incluida la recta de regresión; el valor del índice de correlación es 0.9731 con $P < 0.0000$, hembras e indeterminados, enero de 2004.

Tabla 119. Valores correspondientes a los parámetros de los modelos de crecimiento de von Bertalanffy, Gompertz y Logístico, estimados mediante regresión no lineal para hembras e indeterminados capturados en el muestreo de enero de 2004.

Modelo de crecimiento	L_{∞}	K ó g	t_0	r^2
von Bertalanffy	21.2383	0.4405	- 0.4603	1.0000
Gompertz	18.0869	0.9644	0.4441	1.0000
Logístico	17.1040	1.5804	0.7721	1.0000

* Los parámetros de las funciones de crecimiento no son exactamente equivalentes entre sí, por lo cual, no representan lo mismo (Moreau, 1987; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005); los parámetros de von Bertalanffy son conocidos, por tanto son utilizados como referencia.

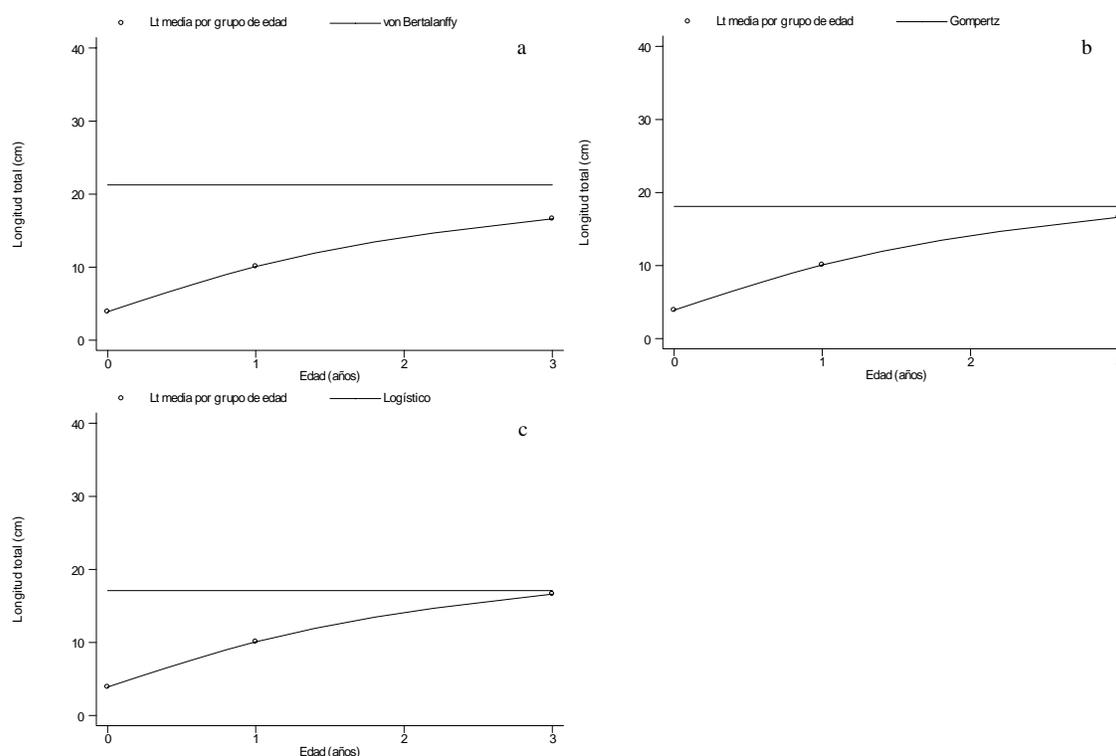


Figura 145. Valores medios de longitud total por grupo de edad y estimados por los modelos de crecimiento de a). von Bertalanffy, b). Gompertz y c). Logístico; correspondientes a hembras e indeterminados capturados en el muestreo de enero de 2004.

12.3.2. enero 2004

Conforme a las relaciones peso total – longitud total y peso eviscerado – longitud total, así como los valores correspondientes a los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy, fueron estimados tanto los valores del peso asintótico o infinito, los correspondientes a los grupos de edad (Tabla 120), como las ecuaciones que describen el crecimiento en longitud (L_t), peso total (P_t) y eviscerado (P_e), determinados por el análisis de frecuencia de tallas en enero para hembras e indeterminados.

$$L_t = 21.2383(1 - [\exp\{-0.4405(t + 0.4603)\}])$$

$$P_t = 145.8162(1 - [\exp\{-0.4405(t + 0.4603)\}])^{2.7370}$$

$$P_e = 129.8381(1 - [\exp\{-0.4405(t + 0.4603)\}])^{2.8567}$$

Tabla 120. Valores estimados para longitud total, peso total y eviscerado por edad, determinados por el análisis de frecuencia de tallas de enero de 2004 en hembras e indeterminados.

Edad (años)	Longitud total (cm)	Peso total (g)	Peso eviscerado (g)
0	3.8980	1.4080	1.0235
1	10.0759	18.9438	15.4277
3	16.6128	76.4442	64.3663

12.3.3. mayo de 2004

La caracterización de los cinco componentes determinados en el muestreo de mayo para hembras e indeterminados se muestra en la tabla 121 y la delimitación de los componentes en el gráfico de diferencias logarítmicas (Figura 146) y en el estimador de densidad por kernel gaussiano correspondiente (Figura 147). La relación entre suma de gaussianos y frecuencia observada (Figura 148) se encuentran distribuidos a lo largo de una tendencia lineal, con un valor del índice de correlación de 0.9948 y $P = 0.0000$; por tanto las distribuciones pueden ser iguales.

Tabla 121. Componentes gaussianos estimados para longitud total de hembras e indeterminados capturados en el muestreo de mayo de 2004.

Componente	Media	Desviación estándar	Tamaño	r^2	Intervalo
1	2.6033	0.4852	12	0.9515	6/23
2	4.7795	0.5776	7	0.9630	31/43
3	6.4082	0.3192	1	0.9945	46/57
4	10.0440	0.3100	1	1.0000	69/86
5	14.7560	0.3100	1	1.0000	107/124

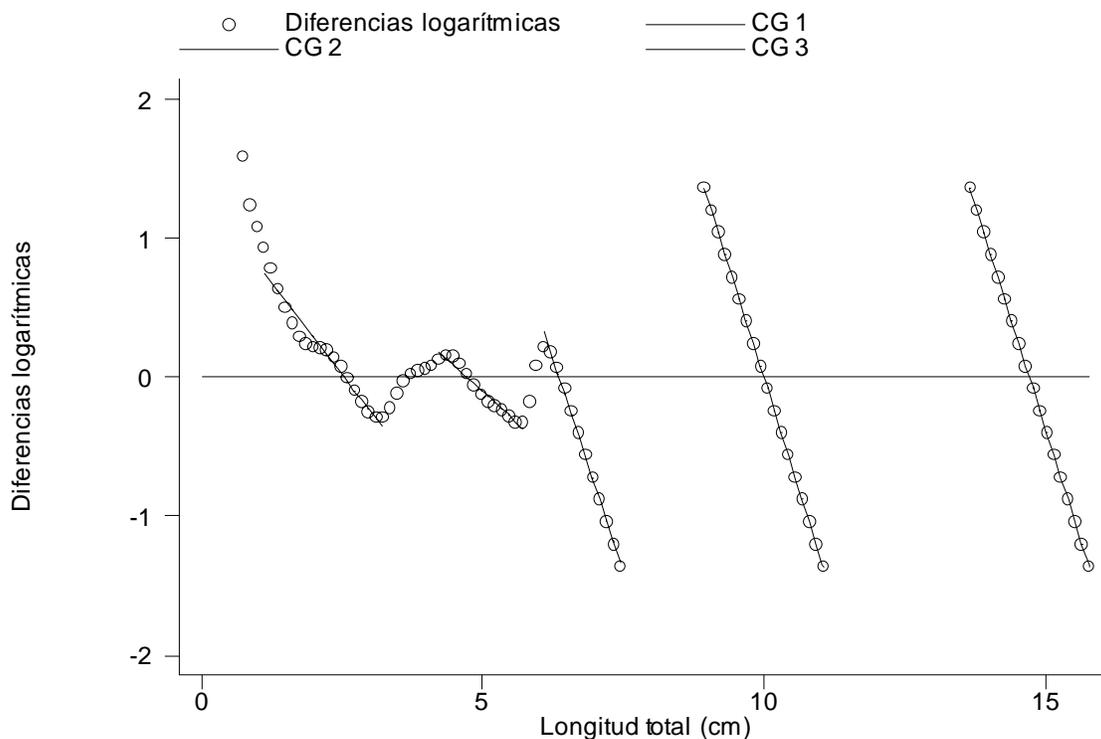


Figura 146. Componentes gaussianos delimitados en el gráfico de diferencias logarítmicas, correspondiente a hembras e indeterminados capturados en el muestreo de mayo de 2004.

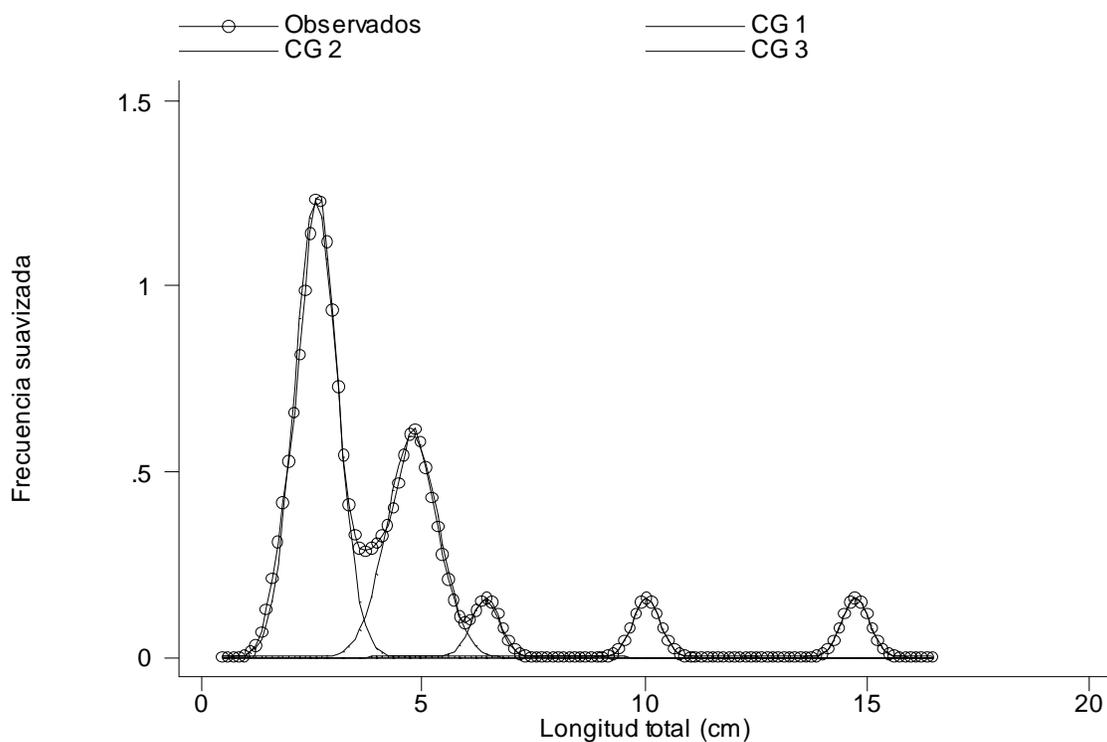


Figura 147. Componentes gaussianos delimitados dentro del estimador de densidad por kernel gaussiano correspondiente a hembras e indeterminados capturados en el muestreo de mayo de 2004.

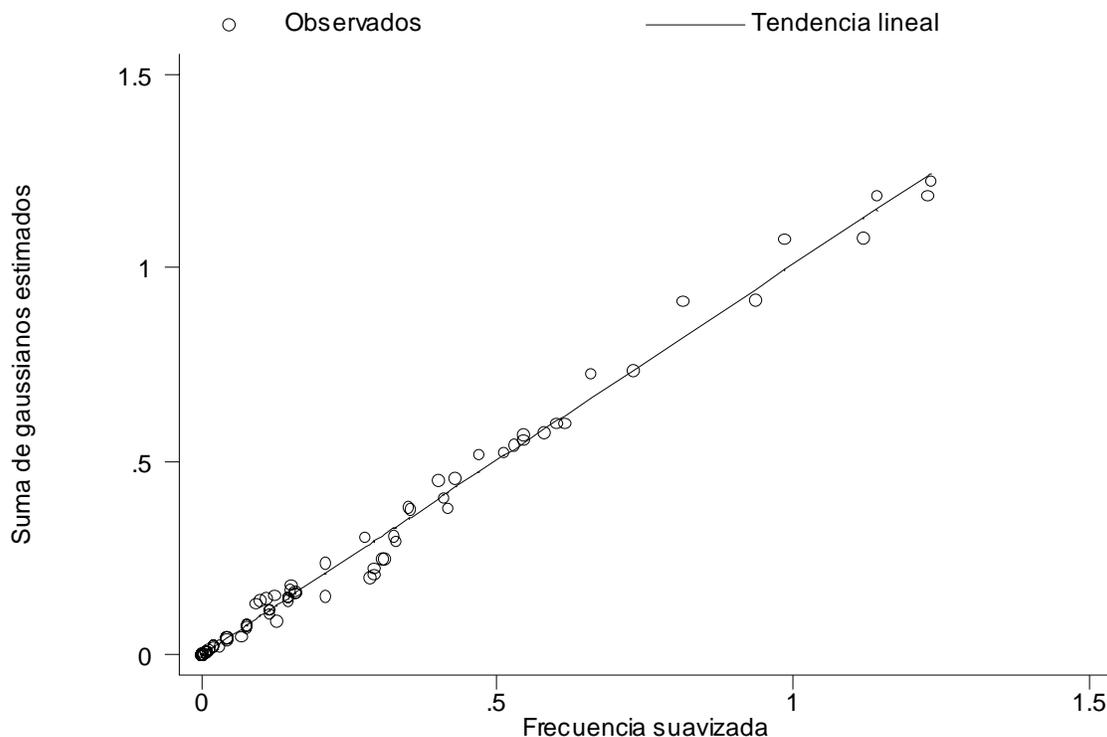


Figura 148. Relación entre suma de gaussianos y frecuencia observada; el índice de correlación es 0.9961 y $P < 0.0000$; correspondiente a hembras e indeterminados capturados en el muestreo de mayo de 2004

Con los valores que caracterizan a los componentes gaussianos y la edad determinada de 0.0, 0.5, 1.0, 1.5 y 2.5 se estimaron mediante regresión no lineal los parámetros de los modelos de von Bertalanffy, Gompertz y Logístico (Tabla 122), también se trazaron los valores esperados por los modelos y los calculados por grupo de edad para ver el comportamiento de ambos conjuntos de valores (Figura 149).

Tabla 122. Valores correspondientes a los parámetros de los modelos de crecimiento de von Bertalanffy, Gompertz y Logístico, estimados mediante regresión no lineal para hembras e indeterminados capturados en el muestreo de mayo de 2004.

Modelo de crecimiento	L_{∞} *	K ó g *	t_0 *	r^2
von Bertalanffy	38.5570	0.1409	- 0.4274	0.9970
Gompertz	18.3964	0.7432	0.9355	0.9980
Logístico	15.9971	1.3856	1.1852	0.9986

* Los parámetros de los modelos de crecimiento no son exactamente equivalentes entre sí, por lo cual, no representan lo mismo (Moreau, 1987; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005); los parámetros de von Bertalanffy son conocidos, por tanto son utilizados como referencia.

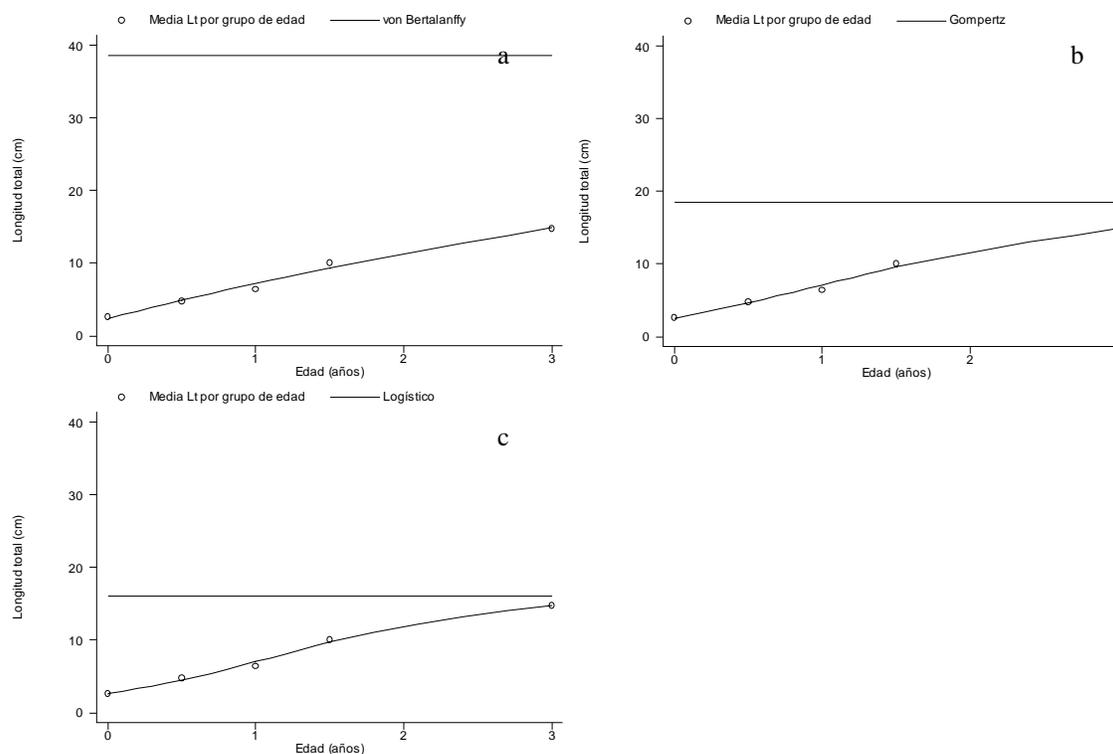


Figura 149. Valores medios de longitud total por grupo de edad y estimados por los modelos de crecimiento de a). von Bertalanffy, b). Gompertz y c). Logístico; correspondientes a hembras e indeterminados capturados en el muestreo de mayo de 2004.

Considerando los valores del coeficiente de determinación los tres modelos se ajustan adecuadamente ($r^2 = 0.99$) por lo tanto, pueden ser empleados para describir el crecimiento mostrado por hembras e indeterminados durante el mes de mayo de 2004, Gráficamente se aprecian diferencias entre los modelos, los dos primeros subestiman un poco la edad en el grupo 4, es decir cuneado los organismos presentan una edad aproximada de 1.5 años, mientras el Logístico, se aproxima un poco más al valor en este grupo, por lo cual, pudiese considerarse el más apropiado, ello se manifiesta también en el valor del coeficiente de determinación que es el mayor, aunque la diferencia es de solo 6 diezmilésimas con respecto a Gompertz y 16 con respecto a von Bertalanffy.

12.3.4. Estimación del crecimiento en peso (mayo 2004)

Dadas las relaciones peso total – longitud total y peso eviscerado –longitud total, además de los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy en longitud, se estimaron los valores para el peso asíntotico o infinito, los correspondientes a los grupos de edad encontrados y los modelos de crecimiento tanto en longitud (L_t) como peso total (P_t) y eviscerado (P_e) generados por el análisis de frecuencia de tallas de mayo en hembras e indeterminados.

Los modelos de crecimiento de von Bertalanffy en longitud y peso se transcriben a continuación.

$$L_t = 38.557(1 - [\exp\{-0.1409(t + 0.4274)\}])$$

$$P_t = 745.8362(1 - [\exp\{-0.1409(t + 0.4274)\}])^{2.7370}$$

$$P_e = 713.2477(1 - [\exp\{-0.1409(t + 0.4274)\}])^{2.8567}$$

En la tabla 123 se presentan los valores estimados por los modelos de crecimiento de von Bertalanffy en peso, generados por el análisis de frecuencia de tallas de mayo de 2004 en hembras e indeterminados.

Tabla 123. Valores estimados para longitud total, peso total y eviscerado por edad, determinados por el análisis de frecuencia de tallas de enero de 2004 en hembras e indeterminados.

Edad (años)	Longitud total (cm)	Peso total (g)	Peso eviscerado (g)
0.0	2.6033	0.4664	0.3230
0.5	4.7795	2.4601	1.8324
1.0	6.4082	5.4893	4.2347
1.5	10.0440	18.7801	15.2885
3.0	14.7560	53.8203	45.8788