



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA

ANÁLISIS BIOLÓGICO-PESQUERO DE
Oreochromis niloticus EN LA PRESA
EMILIANO ZAPATA, MOR. MÉXICO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

**MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
(BIOLOGIA AMBIENTAL)**

P R E S E N T A

LEONARDO SASTRÉ BÁEZ

DIRECTOR DE TESIS: DR. JOSE LUIS GÓMEZ MÁRQUEZ

PROYECTO APROVADO POR DGAPA-PAPIIT IN201105

MÉXICO, D.F.

AGOSTO, 2008



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.

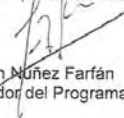
Dr. Isidro Ávila Martínez
Director General de Administración Escolar, UNAM
P r e s e n t e

Me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 9 de Junio de 2008, se aprobó el siguiente jurado para el examen de grado de MAESTRÍA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS (BIOLOGÍA AMBIENTAL) del alumno LEONARDO SASTRÉ BÁEZ con número de cuenta 94033414 con la tesis titulada "Análisis biológico-pesquero de *Oreochromis niloticus* en la Presa Emiliano Zapata, Mor., México", realizada bajo la dirección del DR. JOSÉ LUIS GÓMEZ MÁRQUEZ.

Presidente: DR. JOSÉ LUIS ARREDONDO FIGUEROA
Vocal: DRA. BERTHA PEÑA MENDOZA
Secretario: DR. JOSÉ LUIS GÓMEZ MÁRQUEZ
Suplente: DR. MANUEL GALLARDO CABELLO
Suplente: DR. ISAÍAS HAZARMABETH SALGADO UGARTE

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, D.F., a 28 de Julio de 2008.


Dr. Juan Núñez Farfán
Coordinador del Programa

c.c.p. Expediente del interesado.

RECONOCIMIENTOS

Al CONACYT por su apoyo como becario (198215) dentro del Posgrado en Ciencias Biológicas (Biología Ambiental)

A la D.G.A.P.A., UNAM. por el apoyo PAPIIT IN201105-3 para la realización de esta investigación.

De manera especial le agradezco al Dr. José Luis Gómez Márquez por aceptarme como alumno, por su disposición permanente e incondicional para aclarar mis dudas y por sus sustanciales sugerencias para la realización de esta Tesis, así como su apoyo brindado a lo largo de todo el trabajo y sobre todo por su amistad.

Al Dr. Isaías Hazarmabeth Salgado Ugarte, por su apoyo, guía y asesoría a lo largo de mi formación académica así como por su valiosa colaboración y buena voluntad en sus observaciones críticas en la redacción de este trabajo.

A la Dra. Bertha Peña Mendoza y al Dr. José Luis Arredondo Figueroa

Por sus comentarios, tiempo y valiosas sugerencias para la mejora de este trabajo.

Al Dr. Manuel Gallardo Cabello, por aceptar ser miembro del comité tutorial.

AGRADECIMIENTOS

Estos últimos años han sido para mí, los más importantes y fascinantes de mi trayectoria profesional. En este tiempo he tenido la enorme suerte y satisfacción de conocer y de trabajar con personas que me han ayudado de una forma u otra en la culminación de este trabajo, personas a las que les estoy muy agradecido.

A mis Padres:

Deseo agradecer profundamente a mis padres por todo su apoyo, paciencia, comprensión y valores inculcados en mí. Es difícil imaginar cómo sería el andar cotidiano sin recordar su comprensión, y su inmenso amor. Por darme aliento para la ardua tarea de caminar hacia la perspectiva de un nuevo día.

A mi padre por fomentar en mí el deseo de saber, de conocer y abrirme las puertas al mundo ante mi curiosidad insaciable y sobre todo por su cariño y apoyo que siempre han sido todo para mí.

A mi madre, por su alegría, paciencia, dedicación y enorme cariño, por estar a mi lado en todo momento.

A Yare quien tuvo la paciencia suficiente para apoyarme profundamente, para darme su comprensión, su cariño y su amor y sobre todo su absoluta confianza en mí, Gracias por hacer de esos momentos un verdadero vivir.

Gracias a Pablo, Mauricio, Cesar, Erick y René (mis queridos Padawans) todos mis excelentes amigos, que siempre están conmigo en todo momento brindándome su cariño y soporte.

A toda mi familia por su amor y ayuda en todo momento.

Y a todas aquellas personas que han estado conmigo en todo momento, a quienes colaboraron o participaron en la realización de esta investigación, hago extensivo mi más sincero agradecimiento.

I. Resumen	-----1
II. Abstract	-----3
III. Introducción	-----5
IV. Antecedentes	-----8
V. Especie de estudio	-----21
▪ Familia Cichlidae	-----21
▪ Diagnósis de <i>Oreochromis niloticus</i>	-----22
VI. Posición Taxonómica	-----23
▪ Importancia	-----23
VII. Hipótesis	-----24
▪ Objetivo general	-----24
▪ Objetivo específico	-----24
VIII. Área de Estudio	-----25
IX. Material y Método	-----27
X. Resultados	-----34
▪ Proporción sexual	-----34
▪ Relación peso-longitud	-----38
▪ Factor de condición	-----54
▪ Índice gonadosomático (IGS) y Índice Hepatosomático (IHS)	-----60
▪ Madurez gonádica	-----73
▪ Talla de primera madurez	-----78
▪ Análisis multivariado de covarianza	-----80
▪ Distribución de frecuencia de tallas	-----85
▪ Prueba de multimodalidad de Silverman	-----86
▪ Edad y crecimiento	-----90
▪ Parámetros fisicoquímicos	-----97

XI. Discusión	-----	99
▪ Proporción sexual	-----	99
▪ Relación peso-longitud	-----	101
▪ Factor de condición	-----	102
▪ Índice gonadosomático (IGS) y Índice Hepatosomático (IHS)	-----	104
▪ Madurez gonádica	-----	107
▪ Talla de primera madurez	-----	108
▪ Análisis multivariado de covarianza	-----	110
▪ Distribución de frecuencia de tallas	-----	112
▪ Prueba de multimodalidad de Silverman	-----	113
▪ Edad y crecimiento	-----	115
▪ Parámetros fisicoquímicos	-----	120
XII. Conclusiones	-----	123
XIII. Referencias	-----	125

INTRODUCCIÓN

México es un país con importantes recursos pesqueros tanto por sus litorales como por sus lagos, ríos y embalses. El acentuado déficit nutricional que ha presentado la población del país y que se ha visto incrementada en los últimos años, ha propiciado que la pesca en aguas epicontinentales tenga una gran importancia debido a la producción de alimentos de alto contenido proteico, básicos para la dieta popular que se generan en estos. La producción pesquera ha sido útil no solo en el aspecto nutricional, sino también en el aspecto de la creación de empleos y mejora de los niveles de vida de algunos sectores rurales de la población (Sepesca, 1991).

En las últimas décadas la pesca en aguas epicontinentales se ha incrementado debido a la construcción de embalses artificiales (Presas) que además de ser útiles para la agricultura y generar energía eléctrica, también han servido para que se desarrollen diversas pesquerías con especies icticas de interés comercial. En los países del Tercer Mundo es necesario contar con alimentos baratos y en cantidades suficientes para resolver sus necesidades y evitar que su población siga presentando una alimentación deficiente, lo que ha venido ocurriendo desde hace muchos años (Cifuentes, *et al.* 1990).

Las especies con mayores volúmenes de captura en México en aguas interiores son la tilapia y carpa, las que desde la década de 1970 han superado la captura de las especies nativas. La tilapia en pocos años, a partir de su introducción, superó tanto la captura de carpa como su preferencia en el mercado urbano, llegando a ocupar el primer lugar en la producción pesquera de las aguas epicontinentales mexicanas con más de 70 000 toneladas anuales en promedio (Sugunan, 1997; Anónimo, 2004).

La tilapia constituye un grupo de peces nativos de África, que se ha introducido en diversos países. *Oreochromis niloticus* o tilapia del Nilo (Linnaeus, 1757) es un pez que presenta una distribución muy extensa e importante dentro de la acuicultura de agua dulce, ya que hay un consenso cada vez mayor que las tilapias pueden convertirse en uno de los peces más cultivados e importantes del mundo. En el estado de Morelos, esta especie ocupa el primer lugar en volumen de captura en peso vivo, lo que representó en el 94 % en comparación con las demás especies del estado (Anónimo, 2004)

Desde que se inicio la pesquería en México hasta la fecha, las medidas de regulación que se han seguido en los embalses, están sustentadas en escasos estudios específicos, puntuales y poco estrictos. Las evaluaciones que en algunos embalses se han realizado, no van a la par con las necesidades, de manera tal, que las decisiones que se tienen que tomar carecen de un fundamento científico (Jiménez, 1999).

Durante algunos años, en las diferentes regiones donde se cultivo la tilapia, se cumplió la expectativa de producir alimento nutritivo a bajo costo y generar empleos directos, dando lugar a notables cambios socioeconómicos.

Sin embargo, lo que parecía en un principio ser una excelente alternativa en la generación de alimento a bajo costo, se ha convertido en un problema, al generar una pesquería poco exitosa que no logra satisfacer la demanda, al menos de las comunidades ribereñas que dependen de ella, por su continua caída en su producción.

Por otra parte, el incremento demográfico ha generado un mayor impacto humano sobre los cuerpos de agua, de tal manera, que las descargas de aguas residuales, industriales y domésticas que se vierten directamente a las presas y lagos, junto con el proceso de deterioro de las cuencas hidrográficas que por lavado y escurrimiento de su superficie acarrearán mayores aportes, ha provocado que estos sistemas se encuentren en un proceso acelerado de envejecimiento lo que repercute en el desarrollo de los organismos, sobre los que estos cambios representan una fuente de presión que se refleja en su rendimiento (Sugunan, 1997; Jiménez, 1999).

Esta problemática que enfrenta la producción de tilapia en los diversos embalses de México e incluso a nivel mundial, hace suponer que las poblaciones de tilapia introducidas en sistemas pesqueros artificiales, han sufrido un deterioro en su estructura poblacional a causa de las presiones ambientales y pesqueras a que han estado sometidas (Jiménez, 2004), situación que se pretende mostrar en la presente investigación.

El crecimiento y reproducción, como parámetros poblacionales son de gran interés en el análisis de las pesquerías, ya que al conocer las características de una población en un momento dado y junto con otros factores como fecundidad, reclutamiento, vulnerabilidad, captura, etc; permiten integrar modelos predictivos, sobre un recurso pesquero determinado (Galicia, 1976).

El crecimiento se expresa fundamentalmente, como la variación de una dimensión cualquiera del individuo o de la población, en función del tiempo. Dicha función puede expresarse como una curva asintótica, por lo cual es una magnitud susceptible de aumentar gradualmente cada vez con una mayor lentitud, hasta aproximarse a su máximo, el crecimiento se suele presentar por una curva que corresponde a dimensiones medidas en tiempos sucesivos sobre una muestra de la población, es por eso que la curva de crecimiento es una característica del individuo y lo es de la población (Gómez-Márquez, 1994; Salgado *et al.* 2005).

El análisis de la edad de los peces se considera básico en las investigaciones acerca de la dinámica de poblaciones, pues permite calcular de manera más precisa el crecimiento y la mortalidad. Estos parámetros resultan muy importantes en el conocimiento integral de las primeras etapas de vida de los peces, cuya sobrevivencia determinará en gran medida la abundancia de adultos de las generaciones siguientes.

El estudio de los ciclos reproductivos y las historias de vida son una práctica común en ecología. Estos estudios se basan principalmente en los caracteres morfométricos (Ej. peso total, peso de las gónadas y longitud etc.). Todas estas variables usualmente se incrementan con el tamaño o peso de los individuos y estas proporcionan medidas para estimar otros procesos.

En la tilapia se ha observado que esta especie se reproduce hasta 10 veces al año, lo que va a depender de diversos factores ambientales. Entre los diferentes factores que influyen en la reproducción se encuentra la edad, el crecimiento, la talla y la alimentación (Morales, 1991).

El entendimiento de las fluctuaciones poblacionales y la comprensión de los factores que afectan la conservación y el futuro de las especies, requieren del análisis y comprensión entre procesos y de las características del hábitat ocupado por las mismas (Balirwa, 2006).

Por lo tanto, en el presente estudio se planteó realizar el análisis de algunos aspectos poblacionales y pesqueros que permitan evaluar el estado actual de la producción de tilapia, para tener un panorama más amplio acerca de esta pesquería, con lo que se podrán hacer sugerencias y dar alternativas, para regular y realizar un manejo adecuado de esta pesquería, con la finalidad de contribuir al desarrollo de las comunidades ribereñas.

RESUMEN

La tilapia (*Oreochromis niloticus*) es una especie que se explota en la presa Emiliano Zapata, en el estado de Morelos, México, la cual representa una fuente alternativa de alimento para la gente del poblado. Para el estado, esta especie ocupa el primer lugar en volumen de captura en peso vivo, lo que representó en el 2004 el 94 % de la captura total en comparación con las otras especies que se explotan. Se estimaron algunos parámetros poblacionales como proporción sexual, relación peso-longitud, factor de condición, talla de primera madurez sexual, temporada de reproducción, edad, crecimiento y longevidad. Con base en los resultados, las tallas obtenidas fluctuaron entre 5.1 a 28.5 cm de longitud total y de 8.1 a 300 g de peso total. La proporción sexual macho: hembra para el año 05-06 fue de 8.77:1 ($\chi^2 = 501.136$; $p < 0.05$). Las poblaciones estuvieron representadas por organismos que alcanzan la madurez sexual para todos los periodos.

En general el número de machos en cada muestreo fue superior al de las hembras y la proporción sexual para la especie fluctúa entre 4 y 10 machos por cada hembra. Los valores de la relación peso-longitud se determinaron por sexo (ANDECOVA, $F = 5.73$; $p < 0.05$) y para toda la población. Se obtuvo que el tipo de crecimiento para esta especie es alométrico negativo ($B < 3$), apoyado por la aplicación de la prueba *t*-student ($t = 5.32$, $p < 0.05$) y se encontró que el peso incrementa alométricamente con la talla. Los valores del factor de condición de Fulton mostraron una variabilidad adecuada de condición para machos y hembras, así como para la población en general durante época de secas y baja en la condición durante la época de lluvias. Respecto al índice gonadosomático (IGS) y hepatosomático (IHS) se encontró que la especie se reproduce en dos épocas del año: julio y septiembre y de enero y marzo. La longitud de primera madurez sexual para los machos osciló entre 15.07 y 17.9 cm y para las hembras de 16.6 a 17.9 cm. Debido a que los indicadores de la reproducción no cumplen con todos los supuestos, se realizó la aplicación del Análisis Multivariado de Covarianza (ANAMUCOVA), por medio de las comparaciones de las medias ajustadas del peso de la gónada, hígado y peso eviscerado (como variables dependientes), sexo y tiempo (como factores) y como covariada la longitud patrón, de acuerdo al criterio de García-Berthou y Moreno-Amich (1993). Este análisis se utilizó para reforzar los índices gonadosomático y hepatosomático. A partir de los datos obtenidos se calculó la frecuencia porcentual de las fases de madurez gonádica para hembras y machos de manera mensual, para analizar su comportamiento temporal.

Respecto a la composición de tallas de los periodos analizados por medio de los estimadores de densidad por kernel, estos sugirieron distribuciones multimodales en la mayoría de los años analizados, con un mínimo de 4 modas por año. Asimismo, para entender mejor el comportamiento bimodal de los datos se realizó la prueba de multimodalidad de Silverman para la estimación de la amplitud de banda óptima.

Una vez que se obtuvieron el número de modas correctas para cada periodo por medio de la prueba de Silverman, se analizaron los componentes gaussianos mediante el método de Bhattacharya, los cuales mostraron varias cohortes que determinaron la existencia de 6 clases de talla correspondientes a los periodos 1999, 2002 y 2004, y cinco para los años 2000, 20003 y 2005-06.

Una vez identificados los componentes gaussianos por año se procedió a estimar el crecimiento de los organismos. Las constantes de la función de crecimiento de von Bertalanffy (FCVB), se estimaron mediante los métodos tradicionales de Ford-Walford (1949), Gulland (1969), Gulland-Holt (1959), Beverton-Holt (1957), así como por el método de regresión no lineal, del paquete estadístico Stata (1999) y por las rutinas de Salgado-Ugarte *et al.* (2000, 2005). A partir de los valores de los parámetros de la FCVB obtenidos por la técnica de regresión no lineal, se generaron las curvas de crecimiento para cada año con el modelo y los valores determinados por grupo de edad, las cuales en longitud total (L_t) son:

1999	$L_t = 29.5589 [1 - \exp^{-0.4170(t + 0.8682)}]$
2000	$L_t = 32.1200 [1 - \exp^{-0.1925(t + 1.5388)}]$
2002	$L_t = 26.8791 [1 - \exp^{-0.5133(t + 0.1828)}]$
2003	$L_t = 21.0110 [1 - \exp^{-0.6011(t + 0.5370)}]$
2004	$L_t = 25.1984 [1 - \exp^{-0.4836(t + 0.4307)}]$
2005-06	$L_t = 21.8871 [1 - \exp^{-0.8362(t + 0.1277)}]$

Las ecuaciones de los modelos de crecimiento en peso (W_t) resultantes son:

1999	$W_t = 315.65 [1 - \exp^{-0.4170(t + 0.8682)}]^{2.659}$
2000	$W_t = 219.35 [1 - \exp^{-0.1925(t + 1.5388)}]^{2.767}$
2002	$W_t = 299.44 [1 - \exp^{-0.5133(t + 0.1828)}]^{2.846}$
2003	$W_t = 152.57 [1 - \exp^{-0.6011(t + 0.5370)}]^{2.817}$
2004	$W_t = 246.29 [1 - \exp^{-0.4836(t + 0.4307)}]^{2.823}$
2005-06	$W_t = 176.34 [1 - \exp^{-0.8362(t + 0.1277)}]^{2.962}$

También se aplicó la prueba multivariada de Hotelling (T^2) para analizar el crecimiento entre las hembras y los machos de *O. niloticus*, así como índice de interpretación del crecimiento (ϕ') el cual muestra una comparación entre el crecimiento de la especie de este trabajo con el de otros autores y finalmente se obtuvo la longevidad de la especie ($A_{0.95}$) en los diferentes años de estudio.

Al finalizar este estudio se pudo apreciar que existe una disminución año con año en los parámetros de crecimiento estos contrastes en la longitud y el peso se deben a la reducción de tallas en la presa ocasionados por la presión por pesca a la que son sometidos los organismos, abertura de luz de malla y a la endogamia existente en el lugar. Sin embargo, existen otros factores que pueden afectar el crecimiento y desarrollo de la especie, la dinámica poblacional de los recursos y la adaptación que pueda adquirir contra sus depredadores en las diferentes etapas del desarrollo.

ABSTRACT

The tilapia (*Oreochromis niloticus*) is a specie that is exploited in Emiliano Zapata dam, Morelos State, Mexico, which represents an alternative source of food for the people of the village. For the state, this species ranks first in volume of catch in live weight, which in 2004 accounted 94% of the total catch in comparison with other species that are exploited. There were estimated population parameters such as sex ratio, length–weight relationship, condition factor, size at first sexual maturity, breeding season, age, growth and longevity. Based on the results, the obtained sizes ranged from 5.1 to 28.5 cm in total length and 8.1 to 300 g of total weight. The sex ratio (male: female) for the year 05-06 was 8.77:1 ($\chi^2 = 501.136$; $p < 0.05$). Stocks were represented by organisms that reach sexual maturity for all periods.

In general the number of males in each sample was higher than females and the sex ratio for the species fluctuates between 4 and 10 males per female. The values for length-weight relationship were determined by sex (ANCOVA, $F = 5.73$; $p < 0.05$) and for the entire population. As a result, the growth rate for this species is negative allometric ($B < 3$), supported by the implementation of the *t*-Student test ($t = 5.32$, $p < 0.05$) and found that weight increases with the allometry size. The Fulton's condition factor values showed a proper variability condition for males and females as well as for the general population during times of dry and low in status during the rainy season.

The length of first sexual maturity for males ranged between 15.07 and 17.9 cm and for females from 16.6 to 17.9 cm. Respect to gonadosomatic (GSI) and hepatosomatic (HSI) index was found that the species reproduced in two seasons: July and September and January and March. Due that the reproduction indicators of are not in compliance with all cases, the application was made with multivariate analysis of covariance (MANCOVA) through comparisons of adjusted average weight of the gonad, liver and gutted weight (as dependent variables), sex and time (as factors) and covariance as the pattern length, according to the García-Berthou y Moreno-Amich (1993) criteria. This analysis was used to reinforce the gonadosomatic hepatosomatic indexes. From the obtained data was calculated the frequency percentage of the gonadic maturity stages for females and males monthly, to analyze their temporary variation.

About the sizes composition for the analyzed periods the density per kernel estimators, these suggested multimodal distributions in most of the analyzed years with a minimum of four modes a year. Likewise, for a better understanding of the data bimodal variation, the Silverman multimodal test was conducted to estimate the optimal band wide.

Once the correct number of means was obtained for each period of the Silverman test, Gaussian components were analyzed by the Bhattacharya method, which showed several cohorts and determined the existence of six class sizes for the 1999, 2002 and 2004 periods, and five for 2000, 2003 and 2005-06.

When the Gaussian components per year were identified, was estimated the growth of the organisms. The constants of the von Bertalanffy growth function (VBGF) were estimated using traditional Ford-Walford (1949), Gulland (1969), Gulland-Holt (1959), Beverton-Holt (1957) methods, as well as the non-linear regression method, the statistical package Stata (1999) and Salgado-Ugarte *et al.* (2000, 2005) procedures. Based on the VBGF parameters obtained by the non-linear regression technique, were generated growth curves for each year with the model and values determined by age group, which in total length (L_t) are :

$$\begin{array}{ll}
 1999 & L_t = 29.5589 [1 - \exp^{-0.4170 (t + 0.8682)}] \\
 2000 & L_t = 32.1200 [1 - \exp^{-0.1925 (t + 1.5388)}] \\
 2002 & L_t = 26.8791 [1 - \exp^{-0.5133 (t + 0.1828)}] \\
 2003 & L_t = 21.0110 [1 - \exp^{-0.6011 (t + 0.5370)}] \\
 2004 & L_t = 25.1984 [1 - \exp^{-0.4836 (t + 0.4307)}] \\
 2005-06 & L_t = 21.8871 [1 - \exp^{-0.8362 (t + 0.1277)}]
 \end{array}$$

The equations of the models of growth in weight (W_t) resulting are:

$$\begin{array}{ll}
 1999 & W_t = 315.65 [1 - \exp^{-0.4170 (t + 0.8682)}]^{2.659} \\
 2000 & W_t = 219.35 [1 - \exp^{-0.1925 (t + 1.5388)}]^{2.767} \\
 2002 & W_t = 299.44 [1 - \exp^{-0.5133 (t + 0.1828)}]^{2.846} \\
 2003 & W_t = 152.57 [1 - \exp^{-0.6011 (t + 0.5370)}]^{2.817} \\
 2004 & W_t = 246.29 [1 - \exp^{-0.4836 (t + 0.4307)}]^{2.823} \\
 2005-06 & W_t = 176.34 [1 - \exp^{-0.8362 (t + 0.1277)}]^{2.962}
 \end{array}$$

It was also applied the Hotelling multivariate test (T^2) to analyze growth between females and males of *O. niloticus*, as well shows a comparison between the species growth rate (ϕ') in this job and the ones from other authors and finally obtained the longevity of the species ($A_{0.95}$) in different years of study .

At the conclusion of this study it could be appreciated that there is a decrease each year in growth parameters, such contrasts in the length and weight of individuals are due to the reduction in area and volumen of the dam caused by the fishing pressure organisms are put under, mesh size and the endogamic existing in the place. However, there are other factors that may affect the growth and development of the species, the resources population dynamics and adaptation that the species could acquire against its predators at different stages of development.

ANTECEDENTES

La tilapia fue introducida a México en 1964, desde entonces ha sido muy apreciada en la piscicultura por su resistencia a las enfermedades, su tolerancia a una amplia variación de la temperatura, aceptación de una amplia gama de alimentos, tolerancia a aguas de baja calidad, tanto dulces como salobres e incluso marinas. Estas características bastante atractivas, impulsaron a los gobiernos a realizar su diseminación en diversos embalses alrededor del mundo por la facilidad de su reproducción y el deseo de obtener altos rendimientos a bajo costo. Asimismo, su siembra en varios embalses mexicanos ha generado fuentes de alimentación y empleo en sitios en donde no existía una actividad pesquera importante. La introducción de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) se realizó en 1976 y aproximadamente en 1979 se estableció la captura de la especie (Basurto, 1995).

En 1979 llegaron a México los primeros ejemplares de *Tilapia nilotica* (*Oreochromis niloticus*) procedentes de Panamá y fueron depositados en el Centro Acuícola de Tezontepec de Aldama, Hidalgo, de donde se enviaron al Centro Acuícola de Temascal, Oaxaca. A principios de 1981, la Secretaría de Pesca importó de Palmeto, Florida, EE.UU. dos especies: *Oreochromis urolepis hornorum* y *Oreochromis mossambicus*, ésta última especie de una línea genética roja, siendo depositadas en el Centro Acuícola el Rodeo, Morelos, las que al igual que las especies anteriores fueron distribuidas en todo el territorio nacional. El potencial biológico que presentan las especies del género *Oreochromis* les ha permitido una gran adaptabilidad a diversos ambientes a donde se les ha trasladado ya sea con fines pesqueros o bien de cultivo, especialmente en climas cálidos lo que ha propiciado una gran dispersión fuera de su área natural y hoy en día, con la excepción de la carpa común (*Cyprinus carpio*), ninguna otra especie es tan cultivada en el mundo (Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo, 1986).

Alejo *et al.* (1989) realizaron un estudio durante el periodo comprendido entre diciembre de 1986 a noviembre de 1987, en la laguna El Rodeo, estado de Morelos y analizaron algunos aspectos ecológicos, reproductivos y poblacionales de *Oreochromis mossambicus*. Obtuvieron una proporción sexual hembra-macho de 5:4, se observó un comportamiento multimodal en las tallas de ambos sexos, con dos periodos reproductivos, en diciembre y septiembre respectivamente. La fecundidad estuvo más relacionada con el peso total de los organismos y el crecimiento fue de tipo alométrico negativo.

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. 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.

Alvarado *et al.* (1990) trabajaron en la laguna El Rodeo, Morelos, sobre algunos aspectos reproductivos de la mojarra *Oreochromis mossambicus* (Peters, 1852) y establecieron que la proporción de sexos de la población fue de 1:1, la longitud patrón mínima de madurez gonádica fue de 6.4 cm en hembras y 6.8 cm en machos. La fecundidad de las hembras se vio influenciada por la longitud (86.1%) y no por el peso (75.6%), siendo menor de 500 óvulos por desove. También analizaron el comportamiento del coeficiente de madurez, factor de condición, frecuencia de longitudes y así mismo, determinaron la existencia de tres épocas reproductivas en la laguna (primavera, verano e invierno) con mayor intensidad reproductiva en verano (julio).

Yamaguchi *et al.* (1990) determinaron la 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) describe algunos estudios biológicos y la historia de las diferentes especies de tilapias que han sido realizados a escala mundial y en México, principalmente en el estado de Oaxaca, lugar en donde se inicio la siembra de tilapia en 1964 y las especies que fueron incluidas en esta introducción fueron: *T. aurea* (= *Oreochromis aureus*), *T. melanopleura* (= *Tilapia zili*) y *T. mossambica* (= *Oreochromis mosambicus*). Por su alto potencial biológico y capacidad de adaptación a diferentes ambientes fueron distribuidas a una gran cantidad de cuerpos acuáticos, hoy en día se cultivan en los estados de Jalisco, Michoacán, Oaxaca, Chiapas, Veracruz, Tamaulipas, Guerrero, Tabasco, Morelos y Sinaloa.

Jaramillo–Salazar y Sánchez–Vázquez (1991) por su parte evaluaron el crecimiento de la carpa (*Cyprinus carpio rubrofruscus*) 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 que las constantes de la función de crecimiento de von Bertalanffy fueron: $L_{\infty} = 148$ mm, $K = 0.4471$ y $t_0 = -0.3201$.

Siddiqui *et al.* (1991) estudiaron el efecto que puede llegar a tener la temperatura en cuanto al crecimiento en peso de *Oreochromis niloticus* en estanques de concreto. Controlaron la temperatura durante 98 días y reportaron organismos con pesos mayores de 122.4 g.

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 revelan 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 para *O. lidole* de $L_{\infty} = 43.2$ cm longitud total, $K = 0.18$ y $t_0 = -1.29$; *O. squamipinnis* $L_{\infty} = 37.7$ cm longitud total, $K = 0.24$ y $t_0 = -0.97$; *O. karongae* $L_{\infty} = 41.3$ cm longitud total, $K = 0.18$ y $t_0 = -1.34$.

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

Zhang y Runham (1992) estudiaron la microestructura de los otolitos en jóvenes y adultos de *O. niloticus* (L.), los cuales fueron preparados histológicamente excepto en aquellos peces recién eclosionados. Ellos descubrieron que durante la eclosión no se da la formación de los otolitos, sino hasta un día después del nacimiento; así mismo. los incrementos fueron depositados ese mismo día, en las zonas laterales, pero mostraron zonas discontinuas en las zonas medias y esto fue registrado para adultos y juveniles.

Garduño *et al.* (1993) determinaron el crecimiento para *Oreochromis mossambicus* a través del método de Bhattacharya (1967) y el uso de estructuras óseas (escamas) donde se obtuvieron seis clases de edad y una longitud máxima de 233.4 mm, mientras que con la lectura directa de anillos en las escamas se obtuvieron 6 anillos de crecimiento y el valor de $L_{\infty} = 197.3$ mm.

Zhang (1993) registró para *O. niloticus* que los incrementos en los otolitos se componen de una zona de incremento y de una zona discontinua. Esto revela que las fibras orgánicas están concentradas en la zona discontinua y son relativamente escasas en la zona de incremento. Por otra parte, los cristales de carbonato de calcio se embanan principalmente en la zona incremental y son menos densos en la zona discontinua. Las fibras y los cristales son perpendiculares orientados a los incrementos del crecimiento. Esto se puede entender en términos del incremento en el crecimiento y del ciclo diario de la deposición.

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. Por medio del método de Bhattacharya incluido en el programa ELEFAN, encontró cinco grupos de edad en ambos estanques y los valores correspondientes a los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy fueron: $L_{\infty} = 20.76$ 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 organismos en estanques con fertilización inorgánica y orgánica respectivamente. Encontró diferencias significativas entre el crecimiento en los estanques, así como entre el grado de bienestar, siendo en ambos casos mayor el valor para el estanque inorgánico.

Faltas y Bakhoum (1994) explicaron la 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 y los valores de la función de crecimiento de von Bertalanffy que reportan son: $L_{\infty} = 33.29$ cm de longitud total, $K = 0.2389$, $t_0 = -0.1847$ y $W_{\infty} = 677.65$ g peso total.

Córdova (1994) determinó el crecimiento de *Oreochromis niloticus* en acuarios, bajo condiciones controladas de densidad, temperatura y fotoperiodo. Encontró que no hay diferencias significativas en el crecimiento a diferentes densidades (4, 6 y 8 peces por pecera de 30 litros de agua) con temperatura de 30 °C y luz (12 hrs. luz por 12 hrs. oscuridad) y que la longitud como el peso son afectados en forma positiva, acelerando el crecimiento a edades tempranas.

Guzmán (1994), estimó la 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 y los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy fueron los siguientes: $L_{\infty} = 406.41$ mm, $K = 0.111$ y $t_0 = -1.121$.

Oliveira y Almada (1995) analizaron el dimorfismo sexual en el crecimiento como una característica morfométrica en adultos y juveniles de *O. mossambicus* mediante un conjunto de tratamientos asociados al crecimiento, estos tratamientos correspondían a complejos morfológicos diferentes como el ancho de la mandíbula y estructura de aletas anales y dorsales, el cual fue alométrico positivo en los machos. Estos descubrimientos pueden ser explicados en términos de selección intra e inter-sexual, actuando conjuntamente y favoreciendo a los machos con grandes y fuertes estructuras para defensa y pelea así como para construcción de nidos.

Ramos-Cruz (1995) efectuó un estudio de reproducción y crecimiento en *Oreochromis aureus*. La estimación de las clases de talla se obtuvo con los datos de distribución de frecuencia de longitud así como el método de Bhattacharya. El crecimiento en tiempo se determinó a través del modelo de von Bertalanffy. Las constantes para el modelo de crecimiento fueron las siguientes: $L_{\infty} = 296$ mm; $K = 0.218$; $t_0 = -0.904$ y $W_{\infty} = 500$ g.

Palacios (1995) realizó el estudio biológico-pesquero de la tilapia *O. aureus* en la Presa Adolfo López Mateos (El Infiernillo), Michoacán-Guerrero, 6000 organismos fueron analizados de los cuales el 56.3% eran hembras y el 43.7% machos; de acuerdo a la autora la tilapia es una especie asincrónica que presenta diferentes estadios de madurez gonádica antes y después del desove, también presentó dos picos reproductivos, el más evidente en los meses de abril a junio y el otro en los meses de octubre a diciembre. Así mismo mediante el análisis de frecuencia de tallas de Petersen, Cassie y Bhattacharya, determinó seis grupos de edad para cada sexo de *Oreochromis aureus* 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).

Basiao *et al.* (1996) manejaron experimentos para comparar el crecimiento y la compensación de este, en 10 grupos de *O. niloticus*. El análisis de ANCOVA fue la referencia usada y reveló efectos significativos del estrés sobre el crecimiento específico a través del experimento. La longitud en este caso fue la referencia y con esto se eliminó el azar entre la variación del error según lo demostrado por un aumento de la r^2 .

Si los peces de la referencia no hubieran sido utilizados, aproximadamente 450 individuos habrían sido necesitados para alcanzar la sensibilidad del experimento (una diferencia del 7% entre los tratamientos presentaron muestras significativas $P = 0.05$).

Booth y Merron (1996) llevaron a cabo estudios de edad y crecimiento de la tilapia *Oreochromis macrochir* de aguas subtropicales africanas. Señalaron que los anillos se forman en verano y que la formación de las marcas de crecimiento es anual, con una edad máxima de once años. El crecimiento se determinó por medio de la ecuación de von Bertalanffy, cuyos valores de las constantes fueron de: $L_{\infty} = 215$ mm; $K = 0.42$ y $t_0 = -0.08$.

Garduño y Avelar (1996) realizaron un estudio sobre edad y crecimiento de *Oreochromis niloticus* basándose en estructuras duras. Encontraron siete clases de edad para hembras y población total; mientras que para los machos encontraron cinco clases de edad, incluyendo dos periodos de depositación de anillos; uno para el mes de julio y el segundo para en el mes de diciembre. Las constantes del modelo de von Bertalanffy y los valores fueron $L_{\infty} = 27.81$ 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* fueron: $L_{\infty} = 42.02$ cm, $K = 0.1497$ y $t_0 = -0.1044$.

Gómez-Márquez (1998) realizó un estudio de edad y crecimiento de *Oreochromis niloticus* en el lago Coatetelco, Morelos y reporta valores de $L_{\infty} = 291.9$ mm y una $K = 0.07$. Observó que existe un periodo de depositación de un nuevo anillo en el mes de diciembre, además de reportar cuatro marcas de edad en escamas.

Bernal (1998) evaluó el crecimiento de *O. niloticus* sembrada a una densidad de carga de 6 org/m² de mayo a noviembre de 1995, en dos estanques de concreto con tres divisiones cada uno y dimensiones de 10 m de largo y 5 m de ancho y 1 m de profundidad. Uno fue fertilizado de manera orgánica (E2) y el otro con fertilizante químico (E1). El tipo de crecimiento que se registró para la tilapia en la división uno (E1D1) y división dos (E1D2) fue de tipo alométrico negativo, mientras que el resto de las divisiones de los dos estanques, se obtuvo un crecimiento alométrico positivo. La tasa de crecimiento, el porcentaje de ganancia, incremento diario en peso y longitud tuvieron tendencia a disminuir con respecto al tiempo. El comportamiento del crecimiento de los peces del estanque uno fue de $D2 > D3 > D1$ y para el estanque dos $D3 > D2 > D1$; la mayor mortalidad se registró en el E1.

Wudneh (1998) en su trabajo de biología y manejo de los peces del Lago Tana, en el Golfo Bahir Dar, Etiopía, estimó la edad, crecimiento y mortalidad entre otros parámetros para diversas especies dentro de las que destaca *Oreochromis niloticus*.

Dicha estimación la realizó mediante el programa ELEFAN y lectura de anillos de crecimiento diario y estacional 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 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 de Lt, $K = 0.074$ para machos y $L_{\infty} = 36.3$ cm de Lt, $K = 0.078$ para las 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 fueron: $L_{\infty} = 34.0$ cm de Lt y $K = 0.06$. La pesquería de esta especie está soportada por individuos de 2.3 años con una longitud de 24 cm.

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 mayor proporción de machos (1H:1.20M), tres periodos 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.

Chmylevskii (1998) investigó el crecimiento de *Oreochromis mossambicus* en una temperatura estable y una temperatura variable. Los peces experimentales habían sido registrados a la edad de 6-30 días y de 20-108 días en la temperatura estable (34-36°C); y los peces del control en 25-28°C. En la edad de 30-45 días, el peso de los peces experimentales sobrepasó el de los especímenes de control. En los peces experimentales, observaron la diferencia del peso entre los machos y hembras de una edad anterior. Así mismo comprobaron que había una tendencia a disminuir el peso de las hembras experimentales hasta 90 días de la edad.

Peña (1999) realizó el estudio sobre el análisis de los factores ambientales y neuroendocrinos que regulan el crecimiento y la maduración sexual de la tilapia *O. niloticus*. Observó que los machos tienen mejor crecimiento a menor densidad de carga, mientras que las hembras no influye el número de organismos por unidad de volumen, cuando menos hasta la edad de 120 días. El crecimiento tanto en peso total como longitud, no se vio afectado por las diferentes condiciones de fotoperíodo el cual fueron sometidos los machos. Sin embargo, en las hembras dicho crecimiento fue mayor al exponerlas a condiciones de oscuridad total.

Suresh (1999) mostró que los reproductores más jóvenes (1-2 años) y la razón hembras:machos de 2:1 o 3:1 son más productivas que los reproductores más viejos y razones más elevadas, respectivamente. Aunque esta proporción se ha puesto de manifiesto a pesar de que la nutrición juega un importante papel en el rendimiento de los reproductores de tilapia. En conclusión, se han realizado numerosos avances tecnológicos en la reproducción de tilapia en los últimos 10 años. Sin embargo, estos avances pueden aplicarse en la acuicultura práctica dependiendo de la viabilidad económica de las soluciones derivadas de dichos avances.

Los sistemas tradicionales de producción de semilla de tilapia presentan problemas de productividad que están asociados con particularidades reproductivas de la tilapia, como su temprana madurez, su alta frecuencia de desove, su baja fecundidad y su elevada dedicación a los cuidados parentales.

Barbieri *et al.* (2000) investigaron aspectos de reproducción de *O. niloticus* a través de ejemplares colectados en la presa Guarapiranga (Sao Paulo), en el periodo de agosto de 1996 a julio de 1997. El periodo reproductivo se extiende de septiembre a diciembre y el desove fue de tipo fraccionado. El tamaño de la primera maduración gonadal fue estimado en 76mm, lo que corresponde al primer año de maduración.

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 y 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 fotoperiodo. 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 mm).

Admassu y Ahlgren (2000) estudiaron el crecimiento de *O. niloticus* en los lagos Zwai, Lnageño y Chamo mediante microincrementos en los otolitos. El crecimiento por microincrementos fue descrito de mejor manera por el modelo de Gompertz. De igual forma el retrocálculo en los incrementos en los anchos de los otolitos dieron tasas de crecimiento de 0.28 a 0.43 mm día⁻¹, 0.15 a 0.32 mm día⁻¹ y 0.11 a 0.28 mm día⁻¹ para los peces de los lagos Chamo, Zwai y Langeno respectivamente. El rápido crecimiento de *O. niloticus* fue atribuido a la temperatura así como a la mejor calidad de alimento predominante en el lago Chamo. De igual forma analizaron el factor de condición de Fulton, para los diferentes lagos resultando el mayor factor en el lago Chamo y el menor se registro en el lago Langeno.

Panfili y Tomas (2001) realizaron un experimento con dos especies de tilapia *Sarotherodon melanotheron* y *Oreochromis niloticus* las cuales fueron marcadas con tetraciclina bajo condiciones intensivas (peces alimentados) y extensivas (peces no alimentados). Los otolitos de los juveniles y de los adultos de las dos especies fueron examinados y cortados en secciones finas transversales (10 a 40 μm), y los microincrementos de los otolitos fueron contados desde el surco a lo largo del eje ventral.

Los resultados para ambas especies mostraron que los microincrementos están registrados diariamente. El número de días del crecimiento refleja el número de los microincrementos originados por las condiciones en las que se cultivaron ambas especies.

Arellano-Torres y Hernández-Montaño (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 Jackknife indica variabilidad en los parámetros individuales de crecimiento estimados por los tres métodos. Concluyen que el uso de 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.

Gómez-Márquez (2002) en su estudio limnológico-pesquero del lago de Coatetelco, Morelos obtuvo una proporción de sexos para la tilapia de 1:1 ($\chi^2 = 0.07$; $P > 0.05$). Como talla de primera madurez reporta 14.5 cm de longitud total y 50 g de peso total. Observó que la fecundidad esta en mayor asociación en la longitud total ($r^2 = 0.08083$) que con el peso total. El número de óvulos de las gónadas osciló entre 104 y 750 con diámetros de 1000 a 3000 μm lo que resultó en una baja fecundidad. Los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy para la muestra conforme al análisis de frecuencia de tallas se obtuvo de la siguiente forma; $L_\infty = 27.8$ 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%.

Pérez y Patlani y (2002) realizaron un estudio sobre edad y crecimiento de *Oreochromis niloticus* en la Presa Emiliano Zapata, Morelos y reportaron cinco anillos de crecimiento en escamas. Las constantes obtenidas para el modelo de crecimiento de la población total fueron $L_\infty = 288.28$ mm; $W_\infty = 392.46$ g; $K = 0.1363$ y $t_0 = -0.1295$.

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 y los valores estimados de los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy fueron $L_\infty = 55.59$ cm de longitud total y $K = 0.39$.

Khallfi *et al.* (2003) analizaron la relación peso-longitud, factor de condición, edad, crecimiento, mortalidad, índice gonadosomático y fecundidad de *Oreochromis niloticus*. Así mismo realizaron una comparación de los parámetros de *O. niloticus* con aquellos de otros autores en diferentes lugares y épocas de Egipto, los cuales revelaron diferencias significativas año tras año y geográficamente en relación con variaciones en peso, longitud, factor de condición, fecundidad, crecimiento y tasas de mortalidad.

Estas diferencias fueron discutidas y se encontró que se atribuyen al efecto de la eutrofización y contaminación en el crecimiento, edad y otros aspectos biológicos de *Oreochromis niloticus*. Los análisis múltiples de regresión mostraron que solo el IGS de hembras se correlaciona negativamente con pesticidas y contaminación de metales pesados.

Bwanika *et al.* (2004) estudiaron la dieta, los caracteres de la historia de vida y la abundancia de *Oreochromis niloticus* entre dos lagos del cráter en Uganda occidental (lago Nyamusingiri y lago Kyasanduka) que difieren en su historia por la presión de pesca de *O. niloticus*. En ambos lagos, el tamaño máximo y el tamaño en la madurez eran pequeños en relación a otros cuerpos más grandes del agua en la región. En ambos lagos la dieta de *O. niloticus* era sobre todo herbívora; con el fitoplancton dominando en la dieta.

Duphonchelle y Panfili (2004) analizaron las características reproductivas de hembras de *Oreochromis niloticus* las cuales fueron estudiadas en dos grandes presas hidroeléctricas y seis pequeñas reservas agro-pastorales en Costa de Marfil, seleccionados por su diversidad en condiciones ambientales y tamaños. Los análisis comparativos de edad y talla al madurar revelaron grandes diferencias entre las poblaciones en madurez temprana, madurez tardía y situaciones intermedias. La edad y el tamaño al llegar a la madurez fueron positivamente correlacionadas con su área de reserva. El intervalo de variación en edad y madurez entre poblaciones fue por mucho mayor que en tamaño y madurez. Sus conclusiones sugieren que las variaciones observadas podrían ser explicadas por las diferencias en variables ambientales (plasticidad fenotípica) más que deberse a diferencias genéticas.

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 alométrica negativa. El análisis de borde e incremento marginal en otolitos mostraron dos períodos de formación: el primero de diciembre a febrero y el segundo de noviembre a enero. En cuanto a grupos de edad en machos se encontraron 4 y en hembras 5.

Peterson *et al.* (2004) en su investigación revisaron aspectos de la biología y del reclutamiento reproductivo de *Oreochromis niloticus* recolectados en la línea divisoria de las aguas del río de Pascagoula y del bayou de Simmons, un sistema de marea pequeño de la bahía de Biloxi, Mississippi. El índice gonadosomático (IGS) para los machos y hembras indicó la reproducción a lo largo de todo el año con una intensidad creciente de marzo a mayo y en el verano tardío de agosto a septiembre. La fecundidad baja es compensada más a fondo por la capacidad adaptativa de las crías a través de su estación reproductiva a lo largo de todo el año.

Booth *et al.*, (2005) utilizaron otolitos para determinar la edad y crecimiento en *Oreochromis andersonii* en el Delta de Okavango, Botswana, el crecimiento fue descrito como $L_{\infty} = 285.27$ mm longitud estándar, $K = 0.25$, $t_0 = -2.02$; y por medio de los otolitos obtuvieron para la misma ecuación $L_{\infty} = 267.48$ mm longitud estándar, $K = 0.25$, $t_0 = -2.18$. La máxima edad fue estimada para 10 años utilizando escamas y 13 años con el uso de los otolitos con lo que se crearon las curvas de crecimiento, las cuales fueron significativamente diferentes ($p < 0.01$).

De Graaf y Prein (2005) integraron a sus aproximaciones el análisis multivariado en el crecimiento en peces en experimentos de acuicultura, basados en la curva del crecimiento de von Bertalanffy para organismos de *O. niloticus*. Su aproximación principal es alargar el gráfico de Gullant-Holt (GH) forzándolo mediante una regresión múltiple vs el parámetro de crecimiento (k). Con esto generaron tres modelos los cuales proporcionaron el valor dentro de los factores ambientales que tienen influencia directa en el crecimiento, con lo cual explicaron cerca del 28-46% de las variaciones observadas tales como L_{∞} , así como las influencias en las variaciones de las variables de la ecuación de von Bertalanffy.

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 la población ; $L_{\infty} = 19.51$ cm longitud total, $K = 0.463$, $t_0 = -0.973$, $W_{\infty} = 105.48$ g peso total, para hembras y $L_{\infty} = 20.32$ cm longitud total, $K = 0.627$, $t_0 = -0.363$, $W_{\infty} = 112.54$ g peso total, para machos.

Figueredo y Guiani (2005) estudiaron que las especies invasoras modifican las redes naturales de las cadenas tróficas de una manera difícil, con frecuencia imposible de predecir. En varios ambientes acuáticos de Brasil la introducción *Oreochromis niloticus* fue seguida por cambios en la calidad el agua. Para medir los efectos de la tilapia sobre la comunidad de fitoplancton, se realizaron experimentos *in situ* usando tres controles de tilapia. Los parámetros bióticos y abióticos fueron medidos en 4 intervalos durante el día por 28 días. Con esto llegaron a la conclusión de que *O. niloticus* puede contribuir a la eutrofización de un cuerpo de agua gracias a las fuerzas bottom-up (ascendentes). En detalle, la cantidad considerable de alimentos que consume la tilapia promueve el aumento de algas. Por lo tanto, *O. niloticus* se debe utilizar cautelosamente en acuicultura para evitar la degradación ambiental inesperada.

Tovar (2005) efectuó un estudio con *O. niloticus* en la presa Emiliano Zapata para determinar el crecimiento. Sus resultados muestran una proporción sexual 1:16.6 (hembra:macho, $\chi^2 = 186.99$, $P < 0.05$). En el análisis de lectura de escamas y otolitos registró 4 anillos de crecimiento, obteniendo mediante métodos lineales, los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy para la población en general, respecto a la lectura de escamas $L_\infty = 230.74$ mm longitud total, $K = 0.64$, $t_0 = -0.168$, $W_\infty = 200.2$ g peso total y de otolitos $L_\infty = 203.07$ mm longitud total, $K = 0.59$, $t_0 = -1.01$, $W_\infty = 135.1$ g peso total.

Balirwa (2006) analizó que el ecosistema del Lago Victoria, ha experimentado cambios asociados con los niveles de pesca, introducción de peces, actividades humanas y una elevación en los niveles del lago desde los años 60. Él siguió la introducción de *Oreochromis niloticus* y generó información biológica necesaria para conocer la adaptación y manejo de la pesquería de esta especie en el Lago Victoria; además observó como se volvió esta la especie mas abundante e importante comercialmente entre las diversas especies de este lago, así como la única especie que el ha manejado y puede coexistir con la perca del Nilo en los Lagos Victoria y Kyoga.

Britton y Harper (2006) reportaron el comportamiento de la constante b en la relación peso–longitud $W = a L^b$ para 10 especies de peces encontrados en dos lagos en el valle de Kenya, en uno de los lagos se encontraban dos especies introducidas al este de África (*Micropterus salmoides*, *Cyprinus carpio*) y tres especies nativas de África (*Tilapia zillii*, *Oreochromis leucostictus*, *Barbus paludinosus*) y en el otro lago todas las especies eran nativas (*Oreochromis niloticus*, *Labeo cylindricus*, *Barbus intermedius australis*, *Barbus lineomaculatus*, *Clarias gariepinus*) y llegaron a la conclusión que los valores de b para todas las especies están entre 2.90 y 3.22.

Bwanika *et al.* (2006) exploraron la hipótesis que *O. niloticus* exhibe un incremento en su omnivoría en respuesta a una declinación en la abundancia de cíclidos y percas del Nilo. Primero, cuantificaron la variación en el uso del hábitat y la dieta de *O. niloticus* en el lago Nabugabo, Uganda. En segundo lugar, compararon la dieta de *O. niloticus* en los lagos Nabugabo y Victoria. Una dieta omnívora dominada por detritus y los invertebrados fueron registrados para *O. niloticus* en los lagos Nabugabo y Victoria, mientras que una dieta predominante herbívora era característica de *O. niloticus* en los lagos sin la perca del Nilo.

Dache (2006) revisó que *Oreochromis niloticus* forma la tercera industria pesquera comercial de importancia en el lago Victoria después de *Lates niloticus* y de *Rastrineobola argentea*. Debido a su importancia comercial como fuente barata de proteína animal, un estudio de su manejo así como las cuotas del crecimiento y de la mortalidad fueron conducidos para determinar el estado de su acción en el lago y para recomendar las pautas para su explotación y gerencia. Los resultados de la longitud demuestran que *O. niloticus* es un pez con un crecimiento lento el cual logra una $L_\infty = 61.3$ cm, y una $K = 0.35$. Se concluye de estos estudios que *O. niloticus* tiene un alto índice de crecimiento, y que su industria pesquera puede prosperar y sostener la fuente de la proteína a la gente que vive alrededor del lago.

Granados-Flores (2006) determinó que la tilapia, presente en la presa Zimapán, 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.

Kaliba *et al.* (2006) estudiaron un modelo en Tanzania, donde el cultivo de la tilapia del Nilo es una empresa prometedora de la acuicultura. La información sobre los costes de producción podía asistir a granjas acuícolas en el desarrollo económico y financiero. Se analizó el beneficio en cuanto a lo económico de la producción a pequeña escala de la tilapia del Nilo en Tanzania, usando un modelo que simula el crecimiento individual de los peces y considera la dinámica de la población de los peces en estanques.

Njiru *et al.*, (2006) compararon las características poblacionales así como las estrategias de manejo de las pesquerías entre la perca del Nilo, *Lates niloticus* y la tilapia del Nilo, *Oreochromis niloticus* en el lago Victoria. Los parámetros analizados para este estudio fueron: talla de primera madurez (L_{m50}), longitud asintótica (L_{∞}) y edad máxima (t_{max}). En el cual cerca del 98% de *L. niloticus* y 60% de *O. niloticus* se obtuvieron de capturas comerciales y pertenecieron a individuos inmaduros, así también se pudo apreciar un declive en la captura de estas especies.

Además, observaron cambios en las características de la población, los cuales se atribuyeron a un incremento en la explotación de las especies en el lago. Con esto generaron el establecimiento de nuevas políticas pesqueras, las cuales podrían proveer y fortalecer las estructuras en el manejo y administración de las pesquerías en este lago.

Kolding (2006) observó los aspectos dinámicos de la población de la tilapia del Nilo alrededor del Golfo de Ferguson en el lago Turkana. Evaluó la temporalidad, las variaciones inter-anales en la abundancia y los cambios en el tamaño en la talla de primera madurez. Con esto se logró una comprensión clara de los mecanismos de regulación detrás de estas características, aunque los cambios estacionales en la hidrología de los refugios de *O. niloticus* parecen desempeñar un papel importante, ya que toman en cuenta también los impactos y las correlaciones de la productividad primaria y de los depredadores. Con esto se concluye que la mayoría de las observaciones respecto a la dinámica de *O. niloticus* se pueden explicar en cambios en las concentraciones de oxígeno y las presiones de tamaño así como de la mortalidad.

Bwanika *et al.*, (2007) determinaron la edad y el crecimiento de *O. niloticus* en el lago Nabugabo y Wamala usando otolitos *sagittae* seccionados en cruz. Mediante el análisis de borde y el de incremento marginal encontraron la formación de 2 anillos por un periodo de 12 meses. Encontraron que las zonas opacas asociadas a un rápido crecimiento son observadas en abril y junio y entre septiembre y diciembre coincidiendo con las dos temporadas de lluvia de la región. En ambos lagos los machos crecieron más que las hembras a la misma edad.

La tilapia del Nilo en el Lago Nabugabo tuvo tasas de crecimiento mayores que las tilapia del Nilo en el lago Wamala y los peces de 3 años de edad en el lago Nabugabo fueron más grandes que los del lago Wamala.

Getinet y Amrit (2007) caracterizaron la variabilidad en la reproducción de hembras de *O. niloticus* de una población de 68 individuos durante 12 meses en un estanque. Las hembras se agruparon de dos maneras; en un grupo de alta procreación (HSF) y de baja procreación (LSF), de esta manera ellos sugirieron que la actividad de procreación en las hembras es consistente dentro de las poblaciones donde predomina un ambiente común, así como además el peso corporal no influye en el número de huevos producidos por las hembras. El grupo (HSF) produjo un 68 % y 36 % más huevos por hembra/día a comparación del grupo (LSF). Con este estudio se llegó a la conclusión que la separación entre grupos podría ser una importante estrategia para improvisar la producción comercial de la tilapia.

Kaliba *et al.* (2007) revisaron el beneficio económico de la producción de tilapia del Nilo en Kenia, usando un modelo que simuló el crecimiento individual de los peces y tomó la dinámica de la población de los mismos. Los resultados sugieren que los conocimientos actualmente practicados en la tilapia, mezclando sexos es una práctica económicamente insostenible. Se sugiere que los esfuerzos de la investigación y de la extensión estén engranados hacia sistemas de producción de cultivos únicamente para un solo sexo (mono-sexo). Sin embargo, el éxito del mono-sexo dependerá de la disponibilidad y de la calidad de las alimentaciones baratas. Los resultados tienen un uso amplio en África-Saharan donde es común la siembra de la tilapia del Nilo utilizando un solo sexo.

Zengeya y Marshall (2007) en su trabajo analizaron la dieta de cuatro especies de cíclidos en el lago Chivero, Zimbabwe, esto para determinar el grado de sobrelape dietético y de competición interespecífica. Esto sugirió un alto grado de competencia entre las dos especies (*O. niloticus* y *O. macrochir*) y puede explicar el hecho de *O. niloticus* fue introducido en el lago en los años 80 ahora es la especie dominante. La competición interespecífica entre estas dos especies puede explicar el aumento en la abundancia de *T. sparrmanii* y una disminución de los números del *T. rendalli* durante las dos décadas pasadas.

ESPECIE DE ESTUDIO

FAMILIA CICHLIDAE

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.

Las investigaciones sobre tilapia, fueron iniciadas en África a principios del siglo pasado (1900), época en que Cunnington 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 alopátricas (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 Tejada-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 *Oreochromis niloticus*

Oreochromis niloticus pertenece a la familia Cichlidae, peces nativos de los ríos de África, América Central y del Sur, así como México y la porción occidental de los E.U.A y un género en Asia.

Las tilapias presentan un solo orificio nasal a cada lado de la cabeza, que sirve simultáneamente como entrada y salida de la cavidad nasal. El cuerpo es generalmente comprimido, a menudo discoidal, raramente alargado; en muchas especies la cabeza del macho es invariablemente más grande que la hembra; algunas veces con la edad y el desarrollo se presentan en el macho tejido graso en la región anterior dorsal de la cabeza.

Esta especie presenta de 19 a 22 branquiespinas en la rama inferior del primer arco branquial; aleta dorsal XVII–XVIII, 12–13; aleta anal III, 10 a 11 aleta pélvica 1,5; pectorales 15. De 30 a 32 escamas en una serie longitudinal. La coloración del cuerpo es rosada o morado oscuro, con el filo de la aleta dorsal de color negro, cabeza roja púrpura, el vientre es rojo o morado y la aleta dorsal presenta líneas negras verticales finales, el color de los ojos es rosado y el perfil frontal es convexo. Por lo que corresponde al hueso faríngeo, este presenta un área dentada con una densidad baja. En la parte superior presenta dientes bicúspides mientras que en el área inferior monocúspides, curvados hacia atrás (Arredondo-Figueroa y Lozano-García, 1996).

La boca protráctil generalmente ancha, a menudo bordeada por labios gruesos; la mandíbula presenta dientes cónicos y en algunas ocasiones incisivos. Pueden o no presentar un puente carnoso (freno) que se encuentra en el maxilar inferior, en la parte media, debajo del labio. Presentan membranas branquiales unidas por cinco o seis radios branquiostegos y un número variable de branquiespinas, según las diferentes especies. La parte anterior de la aleta dorsal y anal es corta siempre, y consta de varias espinas y la parte terminal de radios blandos, que en los machos suelen estar fuertemente pigmentados. La aleta caudal esta redondeada, trunca o más raramente escotada.

La línea lateral en los cíclidos esta interrumpida y se presenta generalmente dividida en dos partes; la porción superior se extiende desde el opérculo hasta los últimos radios de la aleta dorsal, mientras que la porción inferior, aparecen varias escamas por debajo de donde termina la línea lateral superior hasta el final de la aleta caudal. Presenta escamas tipo cicloideo. El número de vértebras aumenta con la edad y puede ser de 8 a 40.

POSICIÓN TAXONÓMICA

Las tilapias que existen en México se clasifican de acuerdo con Berg modificado por Trewavas (1983) de la siguiente forma:

Phylum:	Chordata
Subphylum:	Vertebrata
Superclase:	Gnathostomata
Serie:	Pisces
Clase:	Actinopterygii
Orden:	Perciformes
Suborden:	Percoidei
Familia:	Cichlidae
Genero:	<i>Oreochromis</i>
Especie:	<i>niloticus</i>

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).

HIPÓTESIS

Dadas las características del sistema se espera que la reproducción de *Oreochromis niloticus* se presente de una forma continua, presentando un máximo en verano y durante los meses de lluvia. Igualmente se espera que en estos periodos se de el máximo crecimiento y que la edad que presente la especie no es superior a tres años

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la situación actual de la tilapia *Oreochromis niloticus* en la Presa Emiliano Zapata, Mor., a través del análisis biológico y pesquero con el fin de generar esquemas que permitan su adecuado manejo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la relación peso-longitud y las variaciones del factor de condición de manera temporal.
 - Reconocer la temporada reproductiva por medio de la variación en la proporción de fases de madurez a lo largo del estudio, así como las variaciones en los índices gonadosomático, hepatosomático y los valores medios obtenidos del Análisis Multivariado de Covarianza (ANAMUCOVA).
 - Determinar la primera talla de madurez sexual para ambos sexos.
 - Analizar la distribución de la frecuencia de tallas de las poblaciones de tilapia durante el periodo 1999-2005 por medio de los estimadores de densidad por kernel (EDKs).
 - Obtener los parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy (1938), con base en el análisis de distribución de frecuencias.
 - Aplicar el análisis multivariado de la T^2 de Hotelling para comparar el crecimiento entre machos y hembras.
-

ÁREA DE ESTUDIO

El estado de Morelos se encuentra situado en la parte central de México, en la vertiente Sur de la Serranía del Ajusco y dentro de la cuenca del Río Balsas. Colinda al norte con el Distrito Federal y el Edo. de México, al sur con Guerrero, al este con Puebla y al oeste con el Edo. de México y Guerrero.

La presa Emiliano Zapata se ubica en el ejido de Tilzapotla, perteneciente al municipio de Puente de Ixtla, en el extremo suroeste del estado de Morelos entre los 18° 30' 00" latitud Norte y 99° 16' 34" longitud Oeste, a una altitud de 890 m.s.n.m (Anónimo 1981).

La presa tiene una cortina de tipo gravedad de sección semitrapecial con capacidad de almacenamiento de 1, 560,000 m³, azolve de 10,000 m³ y capacidad útil para riego de 1, 550,000 m³. Sus principales afluentes son los arroyos El Grillo, La Piraña, La Joya y El Ranchito. El vaso tiene una pendiente media aproximadamente de 0.018 m (Anónimo 1981).

La Presa Emiliano Zapata ocupa un área de 13.2 hectáreas con un perímetro de 2,564.4 m, tiene una longitud máxima de 702 m y anchura máxima de 456 m. La profundidad es de 17 m y la profundidad media es de 3.8 m (González y López, 1997).

De acuerdo a la clasificación de Köepen modificada por García (2004), la zona de estudio presenta un clima Aw'' (w) (i') g, cálido subhúmedo con lluvias en verano con canícula, marcha tipo Ganges y lluvias invernales de 5 a 10.2 %. La temperatura media anual oscila entre 24-26 °C presentándose la más alta en mayo (32°C) y la más baja en diciembre y enero (20-21°C). La precipitación media anual fluctúa entre 923 mm y los meses más secos corresponden a enero febrero y marzo, con menos de 5mm.

Desde el punto de vista geológico se encuentra dentro de la provincia fisiográfica de la Sierra Madre del Sur, limitada por el eje Neovolcánico; Subprovincias Sierras y Valles Guerrerenses con dolinas. El vaso esta circundado desde el lado poniente hasta el sureste por formaciones de rocas sedimentarias que han originado suelos consistentes de areniscas y conglomerado; desde el extremo noroeste hacia el sureste se extienden formaciones de rocas ígneas extrusivas ácidas, pertenecientes a la edad Cenozoica del periodo Cuaternario.

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 y anual; pastizal inducido y potrero.

Con respecto a la vegetación circundante puede clasificarse como Selva Baja Subcaducifolia y las plantas que se presentan en la zona pertenecen al genero *Bursera sp.*, *Cassia sp.*, *Ipomea Sp.*, *Aristida sp.*, *Stevia sp.*, *Sporobolus sp.*, *Leucaena sp.* y matorrales de *Opuntia sp.* (Anónimo, 1981).

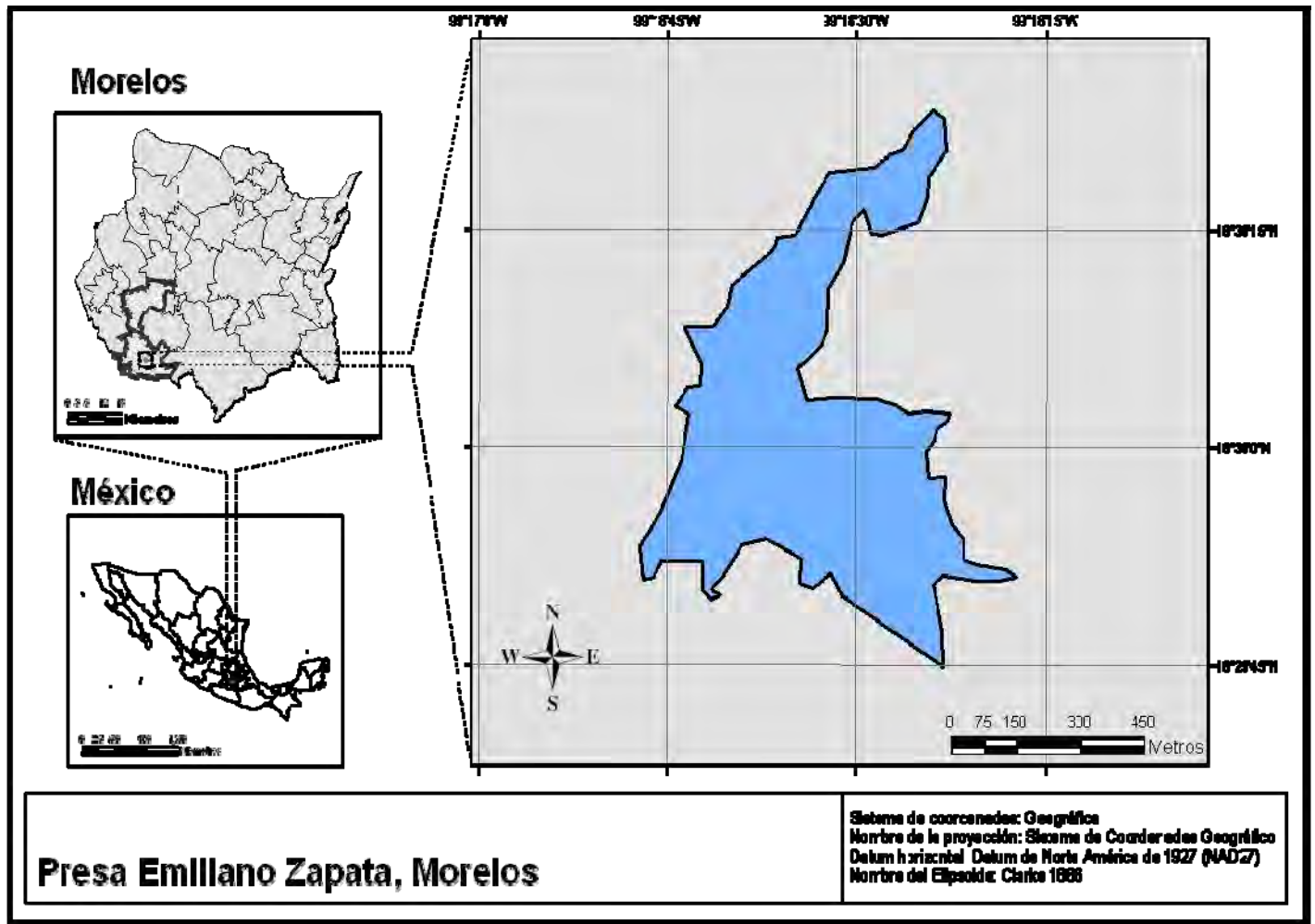


Fig.1. Ubicación geográfica, firma y orientación de la Presa Emiliano Zapata, Morelos, México.

MATERIAL Y MÉTODO

Se tomaron muestras de agua en la parte central de cada cuerpo de agua con una botella van Dorn de dos litros de capacidad para el registro de la temperatura ambiental y del agua (termómetro $\pm 1^\circ\text{C}$), oxígeno disuelto, conductividad, pH, alcalinidad total y dureza total de acuerdo a los métodos convencionales descritos en APHA, AWWA (1980) y SARH (1982).

Para el análisis de la población se realizaron muestreos mensuales de Septiembre del 2005 a Agosto de 2006; se tomó un tamaño de muestra de 100 organismos provenientes de la captura comercial con atarraya y red agallera de 6.5 cm, así como chinchorro playero de 30 m de largo y 0.01 m de luz de malla y se determinó la siguiente biometría: Longitud total (Lt) y patrón (Lp), altura (A) con un ictiómetro convencional y el peso total (Pt), peso eviscerado (Pe), peso del hígado (Ph) y peso de la gónada (Pg) con una balanza digital de 0.01g de precisión.

Para determinar el sexo y la madurez gonádica de los especímenes se realizó un corte ventral desde la abertura anal hasta la cintura escapular, para dejar al descubierto las gónadas y establecer las fases de desarrollo por inspección de gónadas según el criterio de Holden y Raitt (1975) las cuales se citan a continuación.

Fase	Estadio	Descripción General
I	Inmaduro	Ovarios y testículos cerca de un tercio de la longitud de la cavidad abdominal, ovarios rosáceos, translucidos; testículos de color blancuzcos. Óvulos invisibles a simple vista.
II	Desarrollo	Ovarios y testículos cerca de la mitad de la longitud de la cavidad abdominal. Ovarios rosáceos translucidos, testículos de color blancuzco mas o menos simétricos. Óvulos visibles a simple vista.
III	Maduración	Ovarios y testículos cerca de dos tercios de la longitud de la cavidad abdominal. Ovarios de color rosáceo-amarillo con aspecto granular. Testículos de color blancuzco a crema. No hay óvulos transparentes o translucidos visibles.
IV	Reproductiva	Ovarios y testículos ocupan dos tercios a toda la longitud de la cavidad abdominal. Ovarios de color naranja-rosáceo con vasos sanguíneos superficiales visibles. Grandes óvulos maduros, transparentes. Testículos de color blancuzco crema, blandos.
V	Posdesove	Ovarios y testículos, cerca de la mitad de la longitud de la cavidad abdominal. Paredes flojas. Los ovarios pueden contener restos de los óvulos opacos maduros en desintegración, oscurecidos o translucidos. Testículos flácidos

Una vez realizada la biometría y establecidos las fases de maduración se procedió a determinar la proporción sexual de la especie de manera mensual y anual. Para verificar si la proporción es 1:1 (Nikolsky, 1963), se contó el número de machos y hembras y se aplicó una prueba de bondad de ajuste de chi-cuadrada (χ^2) con α de 0.05 (Daniel, 1997). Los pesos medidos se utilizaron para la siguiente información:

Índice gonadosomático (IGS). Este índice asume que el ovario incrementa en tamaño conforme avanza el desarrollo de los organismos y se compara la masa de la gónada (MG) con la masa del animal eviscerado (MAE).

$$\text{IGS} = 100 \times (\text{MG}/\text{MAE})$$

Índice hepatosomático (IHS). De igual forma que el anterior, se comparó el peso total del hígado (MH) con la masa corporal del individuo.

$$\text{IHS} = 100 \times (\text{MH}/\text{MAE})$$

A partir de la aplicación del método logístico, se estimó la longitud media de madurez sexual ó gonádica (L_m), que representa la longitud a la cual el 50% de los organismos se encuentra maduro y el modelo es:

$$P = \frac{1}{1 + \exp^{-r(L_t - L_m)}}$$

Donde:

P = Proporción de individuos maduros a la longitud L_t

r = Pendiente de la curva

L_t = Longitud del organismo en el tiempo t

L_m = Longitud media de madurez sexual ó gonádica

(King, 1995).

A partir de los datos obtenidos se calculó la frecuencia porcentual de las fases de madurez gonádica para hembras y machos de manera mensual para analizar su comportamiento temporal.

Se obtuvo la relación peso-longitud para determinar el tipo de crecimiento que presenta la población en el cuerpo de agua (Ricker, 1975). La relación entre la longitud y el peso del pez se puede expresarse generalmente por la siguiente ecuación (Pauly, 1984):

$$P = a L^b$$

Donde:

P = peso total

L = longitud patrón

a y b = Constantes empíricas

La transformación logarítmica de esta expresión resulta ser una función lineal:

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

La obtención del intercepto ($\log a$) y de la pendiente (b) se obtuvo aplicando el método de regresión lineal por medio de los mínimos cuadrados. De esta forma se generaron las ecuaciones de la relación peso-longitud para el total de la población, machos, hembras e indeterminados.

Al valor de la pendiente obtenido se le aplicó una prueba de t -Student para determinar si el valor representa alometría ($B \neq 3$) o isometría ($B = 3$) (B es el valor paramétrico desconocido del estimador b). Antes de obtener la relación peso-longitud se aplicó el análisis de Covarianza (ANDECOVA) para determinar si existen diferencias entre las pendientes de los sexos.

Con respecto al factor de condición el cual fue expresado matemáticamente por Fulton (1902) (Weatherley y Gill, 1987) se utilizaron los valores promedios mensuales de longitud patrón y peso total, el valor de la pendiente que se utilizó fue el obtenido en la relación Peso-Longitud.

$$K = (P/L^b) \times 100$$

Donde P , es el peso del pez, y L la longitud patrón.

Por medio de este coeficiente es posible definir los cambios de condición de los peces en relación a la edad, sexo y ciclo estacional y puede emplearse como un índice de productividad de las masas de agua (Weatherley y Gill, 1987).

En el cálculo del índice de condición propuesto por Fulton (1902), se emplea el peso total del pez, lo que puede producir ciertas desviaciones de los resultados deseados debido al peso de las gónadas y del estómago, por lo que Clark (1928) sugirió el cálculo del factor de condición a partir del peso desviscerado. Algunos autores consideran que este método excluye también las grasas acumuladas en algunos órganos, las cuales están estrechamente relacionadas con la condición del pez y que son significativamente importantes en el estudio de la nutrición, siendo lo mejor el empleo de ambas técnicas. Se obtuvo el factor de condición para conocer su variación temporal.

El análisis reproductivo se analizó mediante la aplicación del Análisis Multivariado de Covarianza (ANAMUCOVA), en el cual los índices morfométricos (hepatosomático y gonadosomático, etc.) en general están correlacionados con el tamaño de los organismos (largo del cuerpo) y son estimados para usar otros procesos. En este sentido García-Berthou y Moreno-Amich (1993) sugirieron aplicar el análisis multivariado de covarianza (ANAMUCOVA), para analizar dichas relaciones, el cual consiste en hacer comparaciones de medias ajustadas, para ello este método utiliza valores de peso de órganos como variables dependientes, las cuales se hacen covariar con una variable establecida como por ejemplo la longitud del cuerpo de los organismos.

Para llevar a cabo el análisis es conveniente transformar en un paso previo a escalas logarítmicas estas variables, lo cual promueve linealidad y homocedasticidad, requerimientos necesarios en la aplicación del ANAMUCOVA. Los factores en este método pueden ser la fecha del muestreo o el sexo y se pueden incluir las interacciones entre si y con la covariada. Así el ANAMUCOVA facilita la interpretación simultánea de las medias ajustadas y la significancia de sus diferencias (Salgado-Ugarte, 1995). Dicho análisis se llevó a cabo con el programa estadístico SPSS 15.0 para Windows (SPSS inc., 1989). Lo anterior fue reforzado por el análisis de los índices gonadosomático y hepatosomático (de Vleaming *et al*, 1982).

Con la finalidad de obtener grupos modales que indicaran las clases de edad, se aplicó el método de distribución de frecuencias de tallas para obtener los valores promedio de cada grupo. Para determinar la edad en los peces existen varios métodos, entre los que se encuentran métodos indirectos dentro de los cuales destaca el estudio de la frecuencia de tallas. En algunos casos cuando se analiza la distribución de la frecuencia de tallas resulta claro un comportamiento multimodal que permite asumir la existencia de varios componentes gaussianos mezclados.

Es bien conocido el carácter polimodal de los datos de frecuencia de tallas en biología pesquera y en ecología. Esto indica por lo general varias distribuciones unimodales mezcladas; a este respecto las estimaciones de densidad por kernel proporcionan varias formas para probar y evaluar la multimodalidad (Salgado-Ugarte, 1992).

Los estimadores de densidad por Kernel (EDKs) respecto a los histogramas eliminan la discontinuidad y el problema del origen. Estos métodos producen estimaciones de frecuencia suaves que permiten comparar distribuciones. Existen varias guías para determinar el ancho de banda (intervalo) mas adecuado para la representación de la distribución de frecuencias (Salgado-Ugarte, 2002).

La expresión que define a los estimadores de densidad por kernel (EDKs) es (Rosenblatt, 1956):

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

Donde: $f(x)$ es la estimación de la densidad de la variable x ; n , es el número de observaciones; h es la amplitud de banda o parámetro de suavización y; $K(x-X_i/h)$, la función de kernel, es una densidad de probabilidad suave, simétrica y que integra a la unidad.

En este estudio se utilizó el kernel Gaussiano, fundamentalmente para hacer compatibles los resultados de las pruebas realizadas. Silverman (1981) aplica su prueba en esta función de kernel.

Para calcular los estimadores de densidad por kernel se usaron las rutinas de Salgado-Ugarte *et al.* (1993, 1995a, 1997) insertadas en Stata (Stata Corporation, 1999) y el programa EDK2000 (Salgado-Ugarte *et al.* 2000a).

Silverman (1986) discute varias reglas para elegir h cuando se trabaja con EDK. Para la elección preliminar de h en el análisis de la densidad por kernel se usaron las siguientes reglas prácticas.

- Expresión de Silverman (1986) optima-gaussiana

$$h = 0.79 (RIC)n^{-1/5}$$

Donde h = amplitud de banda estimada; n = número de observaciones y RIC = recorrido intercuartílico.

- Expresión de Härdle (1991) optima-gaussiana

$$h = 0.9A n^{-1/5}$$

Donde $A = \min(\sigma, RIC / 1.349)$

h , n , RIC = ya definidos y σ = estimación de la desviación estándar de los datos.

- Expresión de Scott (1992) sobré suavizada-gaussiana

$$f(x; X) = \frac{1}{nh} \sum_{|i| < M} w_M(i) \nu_{K+1} \quad \text{Para } x \in B_K$$

Donde: n ya definida; $R(K)$ es la rugosidad del kernel; σ_k^4 es la varianza cuadrada del kernel. Estas medidas son constantes y características de cada kernel.

Para calcular estas reglas prácticas se utilizó el programa descrito en Salgado-Ugarte *et al.* (1995a) implementado para el paquete Stata (Stata Corporation, 1999).

Como se mencionó anteriormente este programa despliega como resultado una tabla con los estimados de las reglas arriba citadas, los cuales se usaron para la estimación de la densidad por kernel para cada ciclo anual.

Silverman combinó la estimación de densidad por kernel con un procedimiento de prueba jerárquica de muestreo repetitivo con remplazamiento (bootstrap); estos dos últimos métodos no son paramétricos. La frecuencia multimodal de los tamaños de peces puede indicar la presencia de grupos de peces con edad semejante y por tanto contiene información importante para entender el crecimiento.

La prueba de Silverman utiliza el EDK Gaussiano de acuerdo a los siguientes pasos (Salgado-Ugarte *et al.* 1997):

- a) Identificación de las bandas críticas compatibles con la hipótesis de un número de modas dado.
- b) Se generan muestras repetitivas *bootstrap* ($B=2000$ en este estudio) suavizada con el valor de la amplitud crítica de banda.
- c) Se evalúa la significancia para un número específico de modas para cada una de las muestras repetitivas (*bootstrap*) contando las modas resultantes y calculando el total de repeticiones la fracción de estimadas con mas modas que el numero probado para calcular el valor- p .
- d) Se genera el EDK utilizando la amplitud de banda que corresponde al número estadísticamente significativo de modas indicado por los valores de p .

Conocida la multimodalidad de los datos y la amplitud de banda adecuada, se aplicó el método de Bhattacharya (1967), el cual consiste básicamente en separar cada una de las distribuciones normales (componentes gaussianos), las cuales se interpretan cada una como una cohorte de peces. A cada una de las distribuciones normales se les aplicó logaritmo para transformar la curva normal en una parábola y posteriormente, se obtiene la diferencia entre los logaritmos para obtener rectas con pendiente negativa que representa la distribución normal. (Sparre y Venema, 1997). Los cálculos se hicieron con los programas escritos para Stata por Salgado-Ugarte, *et al.* (1994) y Salgado-Ugarte, *et al.* (2000).

Una vez determinada la primera distribución normal, se repite el mismo procedimiento hasta que ya no sea posible separar otras distribuciones normales de la distribución total (Sparre y Venema, 1992). Este método puede ser útil en la determinación de la edad, siempre y cuando los intervalos de clases de tallas que se escojan sean pequeños y las frecuencias de cada clase estén bien representadas (Gómez-Márquez, 1994).

Un modelo matemático que se ajusta al crecimiento observado en la mayoría de las especies de peces es la ecuación de von Bertalanffy (1938) (citado en Sparre y Venema, 1997). Esta considera dos criterios importantes: Se ajusta a la mayoría de los datos observados de crecimiento de los peces y pueden incorporarse fácilmente a modelos para la evaluación de poblaciones (Gómez-Márquez, 1994).

$$L_t = L_\infty * [1 - e^{-k(t-t_0)}]$$

Biológicamente los datos se interpretan como:

- L_∞ = Talla media de un pez muy viejo o longitud asintótica
 - K = Tasa de crecimiento o constante de catabolismo, determina la rapidez con la que el pez alcanza L_∞ .
 - t_0 = Parámetro de condición inicial, determina el punto en el tiempo en el que el pez tiene talla cero.
 - $L(t)$ = Talla o longitud del pez.
 - t = Edad del pez.
-

Si se observan diferencias pronunciadas, los datos de entrada deben ser separados por sexo y los valores de K , L_{∞} y t_0 se deben estimar para machos y hembras.

Estos valores se pueden derivar a partir de datos de tallas por edades mediante métodos gráficos, que siempre se basan en una conversión a una ecuación de tipo línea, como en el método de Ford-Walford (1949), Gulland (1969), Gulland y Holt (1959), Chapman (1961), Beverton y Holt (1957) (Sparre y Venema, 1977).

Los procesos de determinación de los parámetros de las expresiones de crecimiento, consisten en ajustar dichas expresiones a los valores observados mediante una selección de parámetros los cuales hacen que la curva expresada por la función de crecimiento pase tan próxima como sea posible a la mayoría de los puntos (Gómez-Márquez, 1994). Los parámetros de la función de crecimiento fueron estimados usando los procedimientos computarizados presentados en Salgado-Ugarte *et al.* (2000, 2005).

A estas expresiones se les aplicó el Análisis Exploratorio de Datos (Salgado-Ugarte, 1992) seguido de unas pruebas de *t*-student y ANDECOVA (Sokal y Rohlf, 1979) para verificar la igualdad de las pendientes de los sexos (coeficientes de regresión) de las ecuaciones de regresión.

Se utilizó la función de crecimiento de von Bertalanffy (1938), cuyos valores de las constantes (L_{∞} , W_{∞} , K y t_0) se determinaron por medio del método de Ford-Walford (1949) y Gulland (1964) y Beverton y Holt (1959) (citados en Pauly, 1983; Gómez, 1994; Salgado-Ugarte *et al.*, 2000), así como por medio del análisis de regresión no lineal (Salgado-Ugarte, 2005). Para la estimación del parámetro de W_{∞} se utilizó el valor del exponente de la relación peso-longitud.

Las funciones de crecimiento obtenidas se sometieron al análisis multivariado de la T^2 de Hotelling (Bernard, 1981; Salgado-Ugarte *et al.* 2005), para comparar el crecimiento entre machos y hembras y conocer cual de los parámetros de la ecuación de von Bertalanffy, es el que más influye en el crecimiento de ambas poblaciones.

Además se llevó acabo una comparación de varios juegos de valores de los parámetros L_{∞} y K , obtenidos por diferentes autores, utilizando el índice de desempeño (ϕ'). El índice del desempeño del crecimiento, parece adoptar valores muy similares al interior de un mismo stock o grupo taxonómico. (Pauly y Munro, 1984, citado en Sparre y Venema, 1997)

Finalmente se calculó la longevidad de la especie mediante la ecuación de Taylor (1960) (citado en Sparre y Venema, 1997) considera la edad límite como el tiempo requerido para alcanzar 95% de la longitud asintótica L_{∞} , de esta manera, el índice de longevidad es:

$$A_{0.95} = t_0 + [2.996(K-1)]$$

Resultados

Para cubrir los objetivos planteados en la presente investigación, se tomó en cuenta la base de datos pertenecientes a *Oreochromis niloticus*, de los años 1999 al 2004, exceptuando el año 2001 obtenida del Laboratorio de Limnología de la FES Zaragoza, así como muestras mensuales de peces obtenidas de la captura comercial durante el periodo de Septiembre del 2005 a Agosto del 2006, con la finalidad de estimar algunos parámetros biológicos y pesqueros. Dentro del intervalo de tallas analizado se observó que en los primeros años analizados el peso y talla de los organismos fue mayor. En los machos el intervalo de tallas se encontró entre 5.1 a 28.5 cm de longitud total (Fig.2) y el peso total osciló entre 12.15 a 300 g de peso total, mientras que para las hembras fue de 7.8 a 25 cm de longitud total (Fig.3) y de 8.1 a 271g de peso total, (Tabla. 1).

Tabla 1. Intervalos de longitud y peso para hembras y machos de *O.niloticus*

Año	Machos (♂)			Hembras (♀)		
	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio
1999 n = 1150						
Longitud (cm)	14.4	26.6	18.32	13.5	25	17.89
Peso (g)	41.4	300	104.79	37.2	271.4	98.20
2000 n = 743						
Longitud (cm)	11	28.5	17.82	14	24.2	17.51
Peso (g)	23	300	96.82	39.8	230.9	93.33
2002 n = 666						
Longitud (cm)	11.2	22	17.59	7.8	20.3	16.73
Peso (g)	23.4	163.2	90.82	8.1	140.3	78.63
2003 n = 385						
Longitud (cm)	9.9	21.5	17.16	10	19.9	16.98
Peso (g)	17.2	182.4	88.20	13.3	122.5	83.54
2004 n = 404						
Longitud (cm)	8.8	20.9	14.85	13.6	20.6	17.10
Peso (g)	12.25	158.7	85.47	44	138.1	91.05
2005-2006 n = 911						
Longitud (cm)	5.1	25	17.02	10	19.2	15.90
Peso (g)	12.15	180.8	96.47	20.03	127.8	68.57

De los 911 organismos capturados en el periodo 2005-2006 el 78.04 % correspondió a machos (711), el 8.89 % a hembras (81) (Fig. 7) y el 13.06 % a indeterminados cuyo sexo no pudo ser definido (119). La proporción sexual macho:hembra para el año 05-06 fue de 8.77:1 ($\chi^2= 501.136$; $p<0.05$). La mayor cantidad de hembras fue registrada en el periodo correspondiente a 1999 (1.8:1). (Fig. 4). Las poblaciones analizadas estuvieron representadas por organismos que alcanzan la madurez sexual.

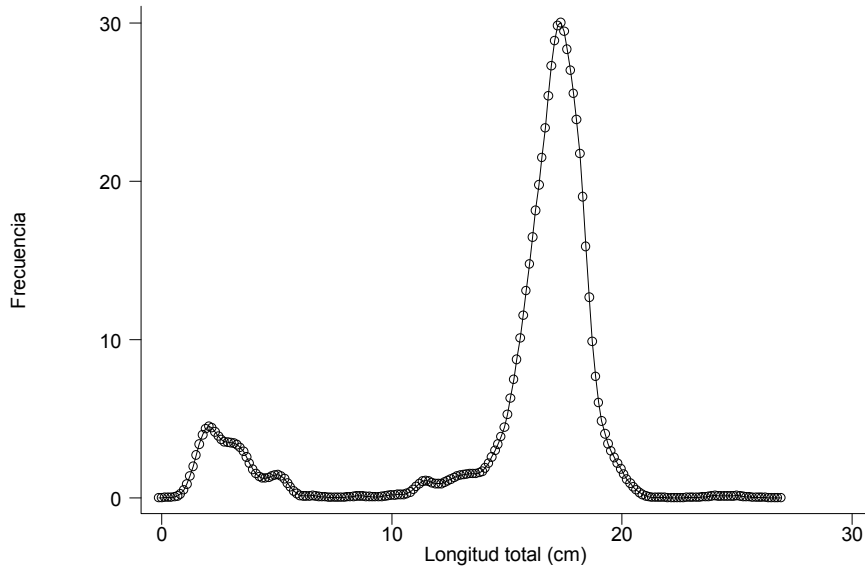


Fig.2. Distribución de frecuencias por kernel gaussiano con amplitud de banda óptima de Silverman ($h=0.2871$) para machos de *O. niloticus* (2005-06)

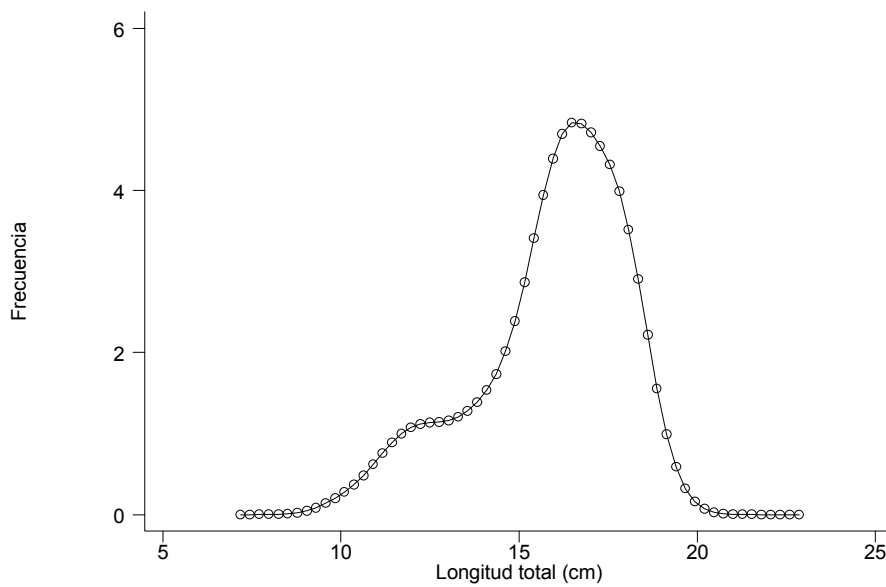


Fig.3. Distribución de frecuencias por kernel gaussiano con amplitud de banda óptima de Silverman ($h=0.6649$) para hembras de *O. niloticus* (2005-06)

Tabla 2. Composición y proporción sexual anual de *O. niloticus*

Periodo	Machos	Hembras	Total	χ^2
1999	749	398	1147	107.4*
2000	588	137	725	280.5*
2002	608	57	665	456.5*
2003	290	66	385	140.9*
2004	358	46	404	240.9*
2005-06	711	81	911	501.1*

* Significancia; $P < 0.05$

Temporalmente de acuerdo con el número de organismos de cada sexo, se observó la presencia de machos durante este periodo de estudio en mayor porcentaje que el de las hembras (Tabla 3.).

En cuanto al periodo con mayor número de organismos recolectados (machos y hembras), estos correspondieron al año de 1999. En general, el número de machos fue superior al de hembras (aún de manera mensual entre cada año de estudio) favoreciéndolos en la proporción sexual, asimismo, la mayor desigualdad en la proporción sexual (macho por hembra) se registró en el año 2002 con una relación macho:hembra de 10.6:1 ($\chi^2 = 107.4$; $p < 0.05$). (Fig.4-9). Por lo anterior se puede decir que los machos dominaron de forma significativa y que existe una segregación espacial entre sexos, incrementándose la cantidad de hembras hacia la parte mas profunda de la presa, en cambio la presencia de machos se percibe en las zonas mas cercanas a la orilla de la misma.

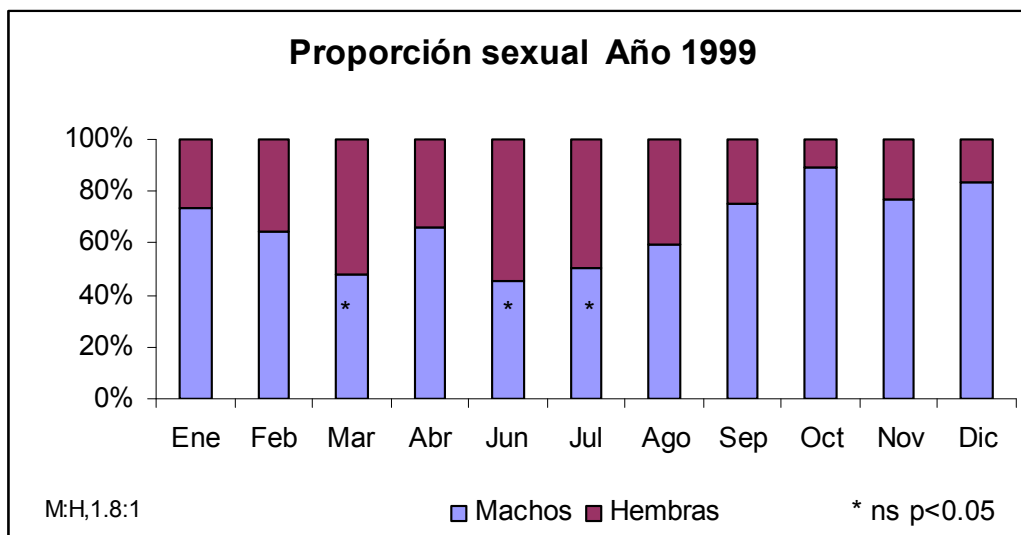


Fig. 4. Variación mensual de macho y hembras de *O. niloticus* correspondientes al año de 1999

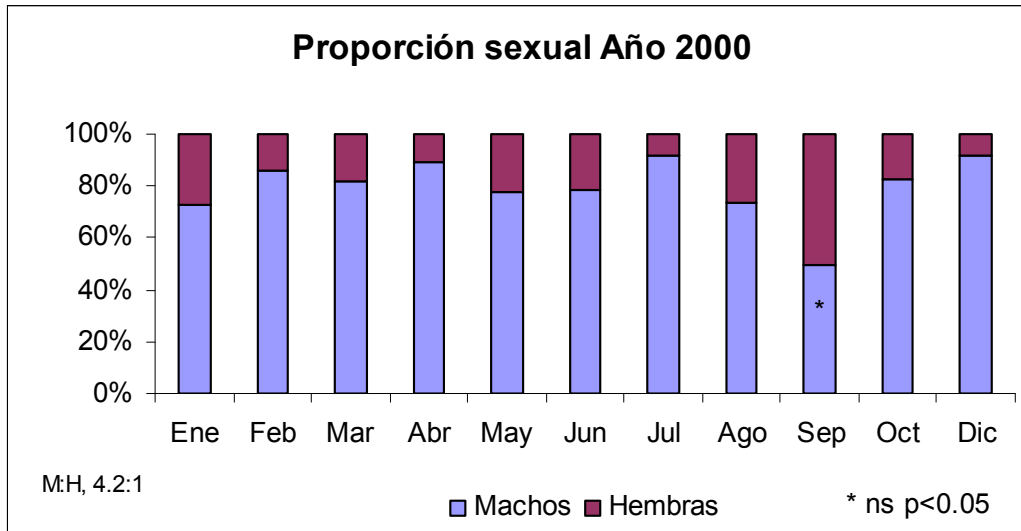


Fig. 5. Variación mensual de macho y hembras de *O. niloticus* correspondientes al año de 2000

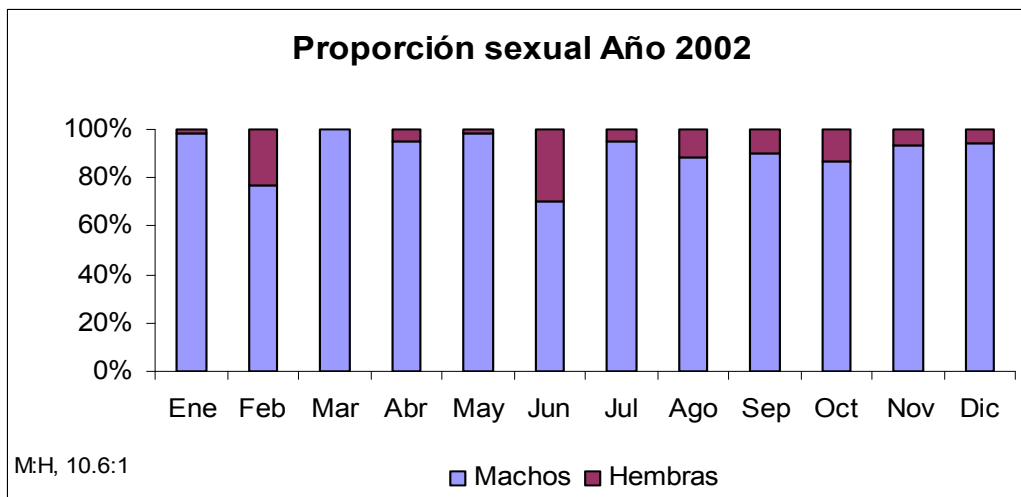


Fig. 6. Variación mensual de macho y hembras de *O. niloticus* correspondientes al año de 2002

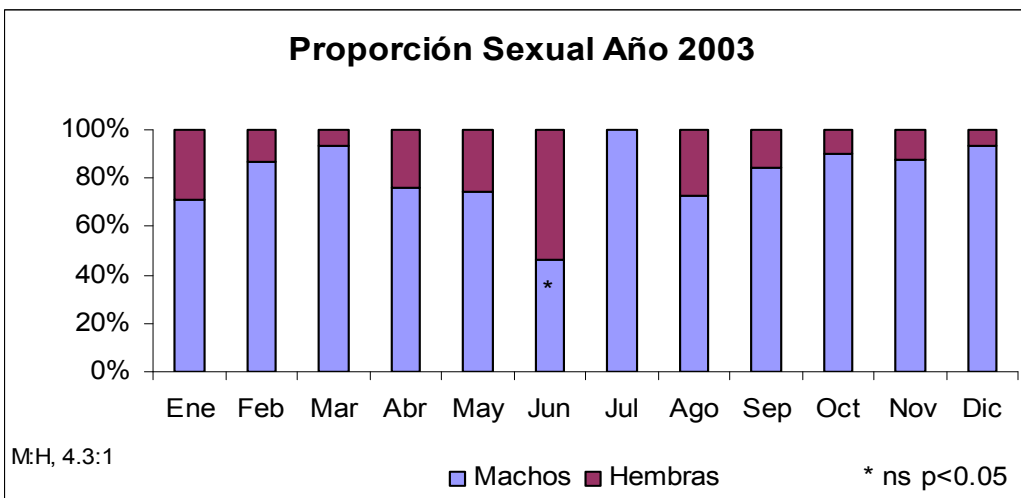
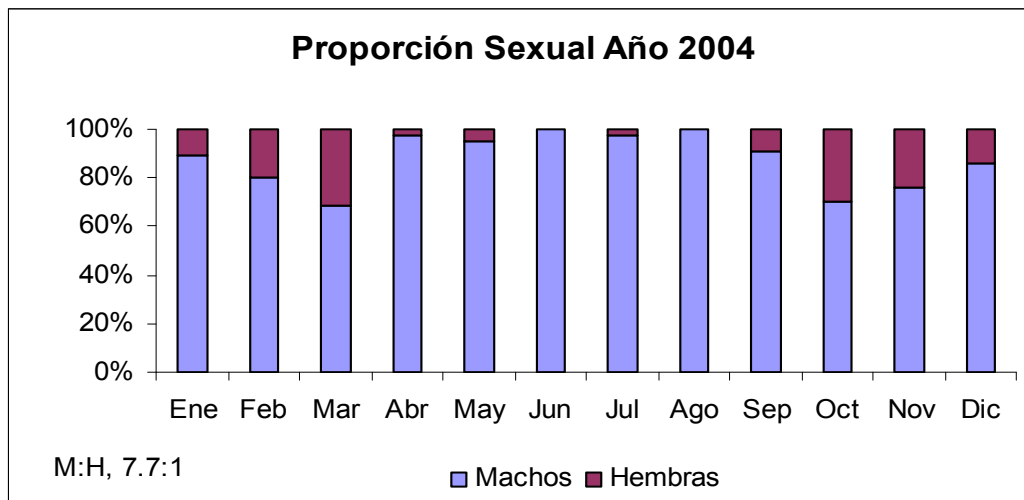
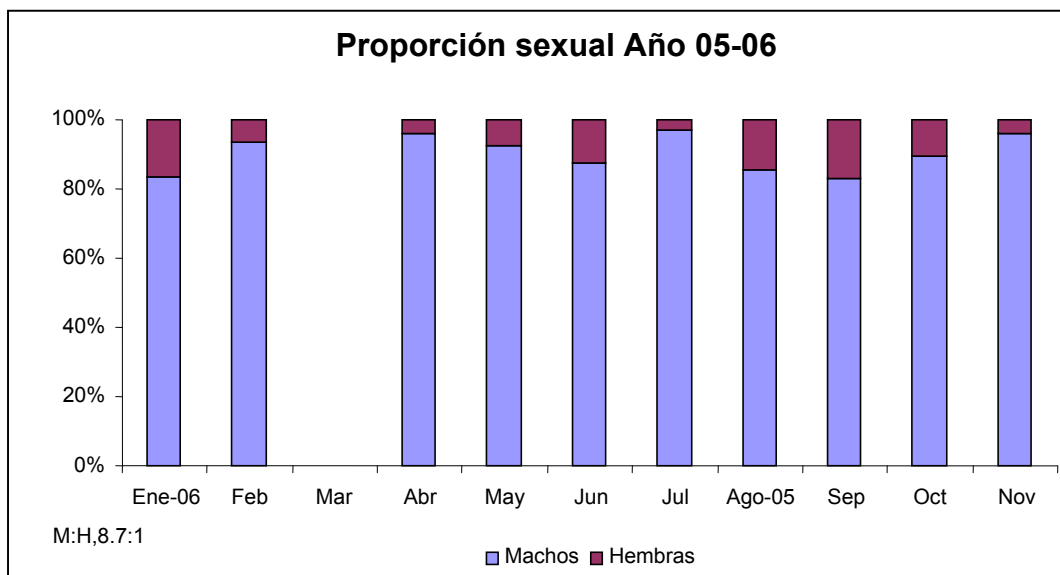


Fig. 7. Variación mensual de macho y hembras de *O. niloticus* correspondientes al año de 2003

Fig. 8. Variación mensual de macho y hembras de *O. niloticus* correspondientes al año de 2004Fig. 9. Variación mensual de macho y hembras de *O. niloticus* correspondientes al año de 2004

Para conocer la relación que existe entre la longitud total y el peso total de los organismos en los diferentes periodos de estudio, se realizó un análisis de covarianza (ANDECOVA) para determinar si existían diferencias entre sexos en las regresiones lineales de las variables en escala logarítmica. De acuerdo al análisis mostró que existen diferencias significativas entre sexos y para la mayoría de los periodos exceptuando el año 2000 ($F = 0.14$; $p < 0.05$), por lo cual los sexos fueron trabajados de forma independiente así como para la población total (Tabla 3-8).

Tabla 3. Análisis de covarianza para la longitud total (LT) y peso total (PT) para la población de *O.niloticus* año 1999

NUMERO DE OBS = 1147 R^2 = 0.9191 RAIZ MSE = .091904 R^2 -ADJ = 0.9190					
Fuente	Suma de C	gl	CM	F	Prob > F
Modelo	109.81719	2	54.9085	6500.92	0.0000
Logaritmo de Lt	109.4058	1	109.4058	12953.13	0.0000
Sexo	0.1435423	1	0.143542	16.99	0.0000
Residuo	9.6625449	144	0.008446		
Total	119.47973	1146	0.104258		

Tabla 4. Análisis de covarianza para el análisis de la longitud total (LT) y peso total (PT) para la población de *O.niloticus* año 2000

NUMERO DE OBS = 725 R^2 = 0.8586 RAIZ MSE = .091761 R^2 -ADJ = 0.8582					
Fuente	Suma de C	gl	CM	F	Prob > F
Modelo	36.9029	2	18.4514	2191.36	0.0000
Logaritmo de Lt	36.5931	1	36.5931	4345.92	0.0000
Sexo	0.00119	1	0.00119	0.14	0.7062
Residuo	6.07932	722	0.00842		
Total	42.9822	724	0.05936		

Tabla 5. Análisis de covarianza para el análisis de la longitud total (LT) y peso total (PT) para la población de *O.niloticus* año 2002

NUMERO DE OBS = 665 R^2 = 0.8792 RAIZ MSE = 0.078057 R^2 -ADJ = 0.8788					
Fuente	Suma de C	gl	CM	F	Prob > F
Modelo	29.3570	2	14.6785	2409.11	0.0000
Logaritmo de Lt	27.2432	1	27.2432	4471.30	0.0000
Sexo	0.06627	1	0.06627	10.88	0.0010
Residuo	4.03351	662	0.00609		
Total	33.39057	664	0.05028		

Tabla 6. Análisis de covarianza para el análisis de la longitud total (LT) y peso total (PT) para la población de *O.niloticus* año 2003

NUMERO DE OBS = 385 R^2 = 0.9912 RAIZ MSE = 0.09817 R^2 -ADJ = 0.9911					
Fuente	Suma de C	gl	CM	F	Prob > F
Modelo	413.5071	3	137.8537	14299.64	0.0000
Logaritmo de Lt	67.7500	1	67.7500	7028.67	0.0000
Sexo	0.098561	1	0.04928	5.11	0.0064
Residuo	3.67249	381	0.00963		
Total	417.1796	384	1.08640		

Tabla 7. Análisis de covarianza para el análisis de la longitud total (LT) y peso total (PT) para la población de *O.niloticus* año 2004

NUMERO DE OBS = 404 R^2 = 0.9000 RAIZ MSE = 0.079661 R^2 -ADJ = 0.8995					
Fuente	Suma de C	gl	CM	F	Prob > F
Modelo	22.8903	2	11.4451	1803.55	0.0000
Logaritmo de Lt	22.5203	1	22.5203	3548.81	0.0000
Sexo	0.03033	1	0.03033	4.78	0.0294
Residuo	2.5447	401	0.00634		
Total	27.4350	403	0.06311		

Tabla 8. Análisis de covarianza para el análisis de la longitud total (LT) y peso total (PT) para la población de *O.niloticus* año 05-06

NUMERO DE OBS = 911 R^2 = 0.9948 RAIZ MSE = 0.1308 R^2 -ADJ = 0.9948					
Fuente	Suma de C	gl	CM	F	Prob > F
Modelo	3000.14	3	1000.04	58397.25	0.0000
Logaritmo de Lt	546.9432	1	546.9432	31938.47	0.0000
Sexo	0.196344	2	0.098172	5.73	0.0034
Residuo	15.5322	907	0.017124		
Total	3015.67	910	3.3139		

Las gráficas obtenidas de la relación peso total-longitud total para la base de datos de *O. niloticus* y el periodo 05-06, muestran que los datos tienen un comportamiento de tipo potencial para los diferentes periodos y para ambos sexos de *O. niloticus*.

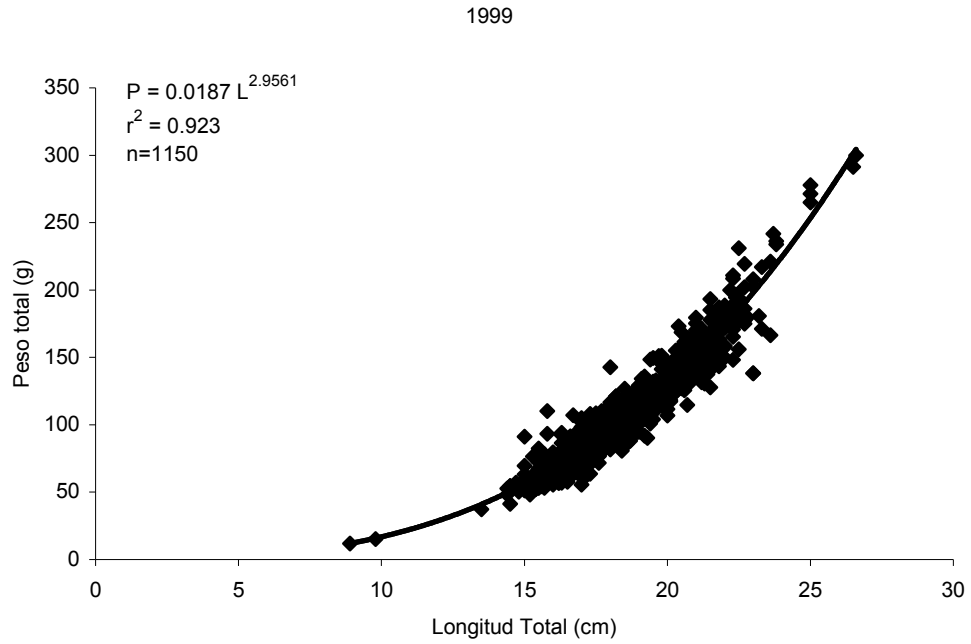


Fig. 10. Relación peso total- longitud total para la población de *O. niloticus* para el año 1999

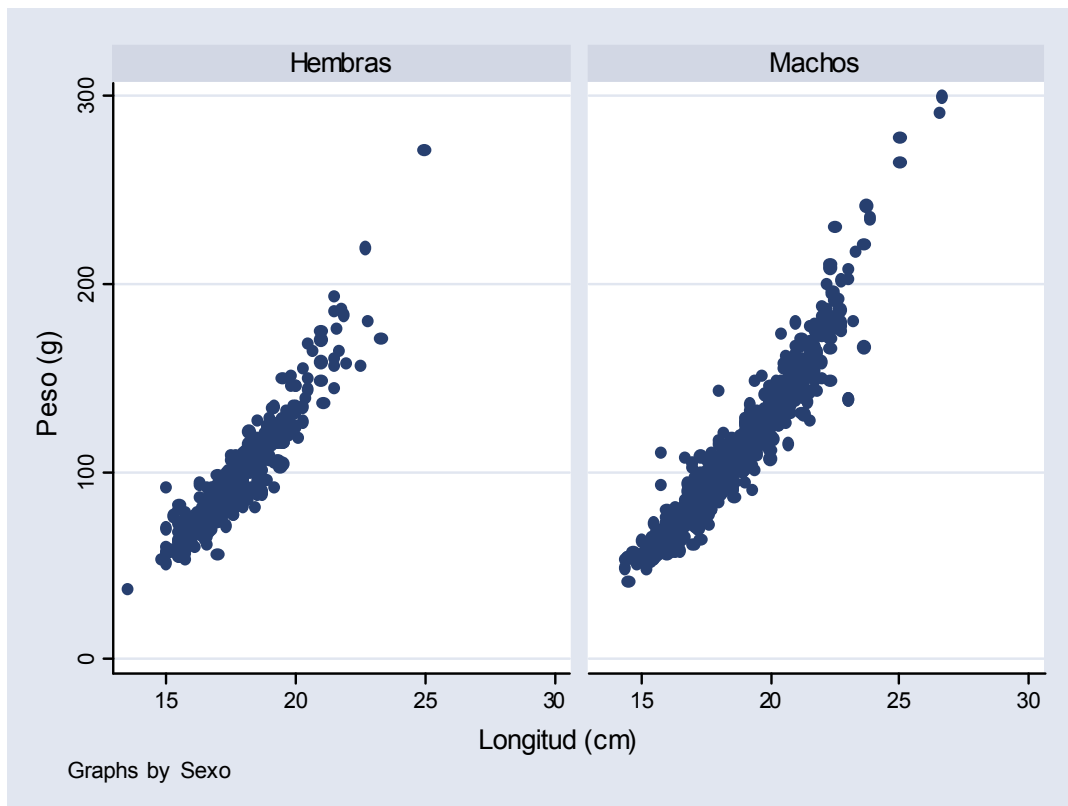
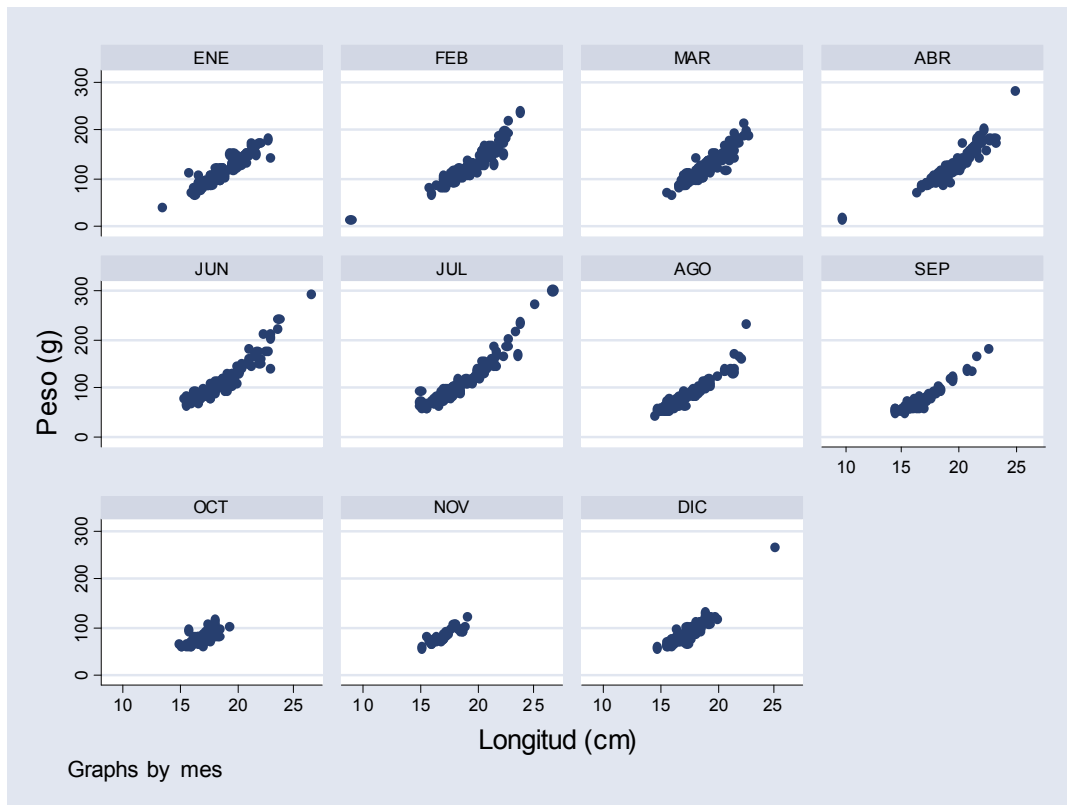


Fig. 11. Gráficos de dispersión del peso total- longitud total por sexos de *O. niloticus* año 1999

Fig. 12. Gráficos de dispersión del peso total- longitud total mensual de *O. niloticus* año 1999Tabla 9. Datos de la relación peso-longitud mensual así como por sexos de *O. niloticus* año 1999

1999	Ecuación Peso-longitud	r^2	n
Enero	$P=0.0490 L^{2.6335}$	0.8694	124
Febrero	$P=0.0335 L^{2.7657}$	0.9405	117
Marzo	$P=0.0427 L^{2.6993}$	0.8770	115
Abril	$P=0.0253 L^{2.8549}$	0.9416	105
Junio	$P=0.0419 L^{2.6842}$	0.9144	104
Julio	$P=0.0275 L^{2.8197}$	0.9308	129
Agosto	$P=0.0156 L^{2.9986}$	0.9297	116
Septiembre	$P=0.0298 L^{2.7674}$	0.9025	97
Octubre	$P=0.0716 L^{2.4720}$	0.6525	82
Noviembre	$P=0.1144 L^{2.3141}$	0.7751	30
Diciembre	$P=0.0250 L^{2.8532}$	0.8668	131
Machos	$P=0.0174 L^{2.9768}$	0.9336	749
Hembras	$P=0.0208 L^{2.9235}$	0.8727	398
Total (Población)	$P=0.0187 L^{2.9561}$	0.923	1150

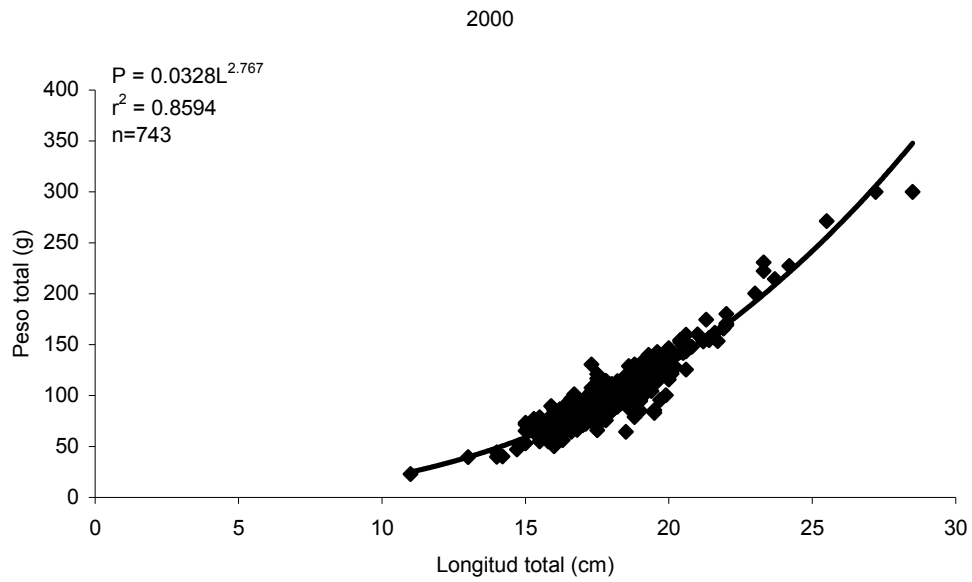


Fig. 13. Relación peso total- longitud total para la población de *O. niloticus* año 2000

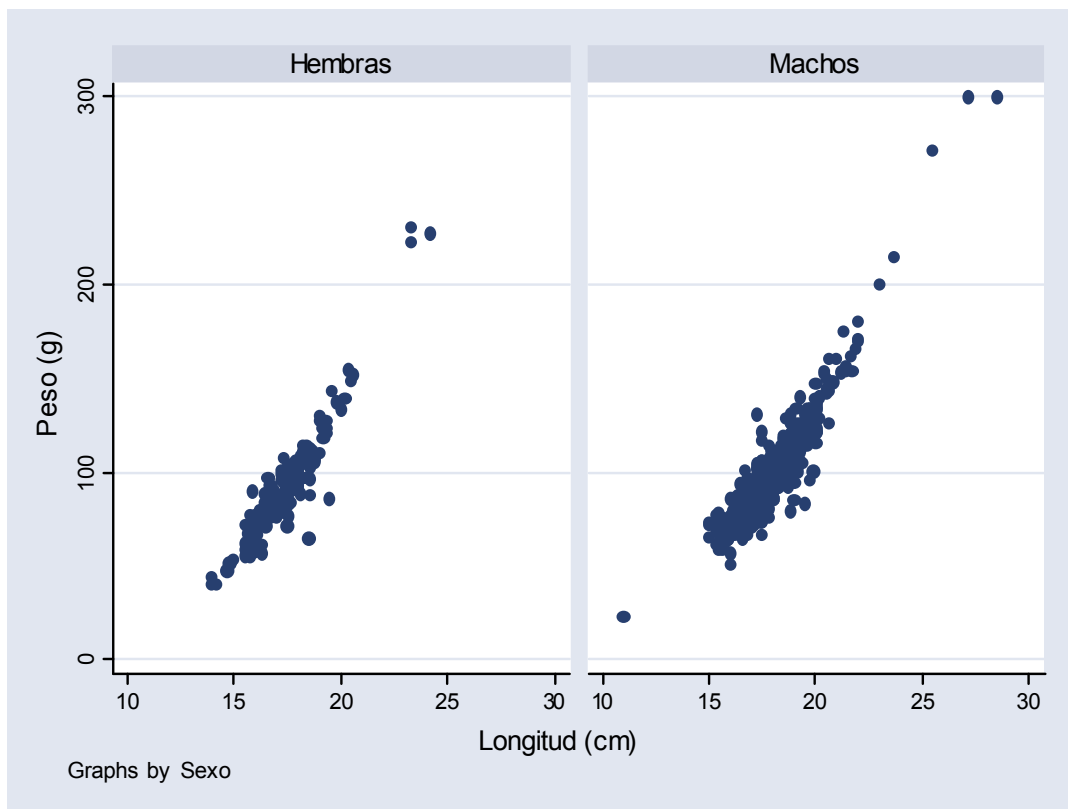
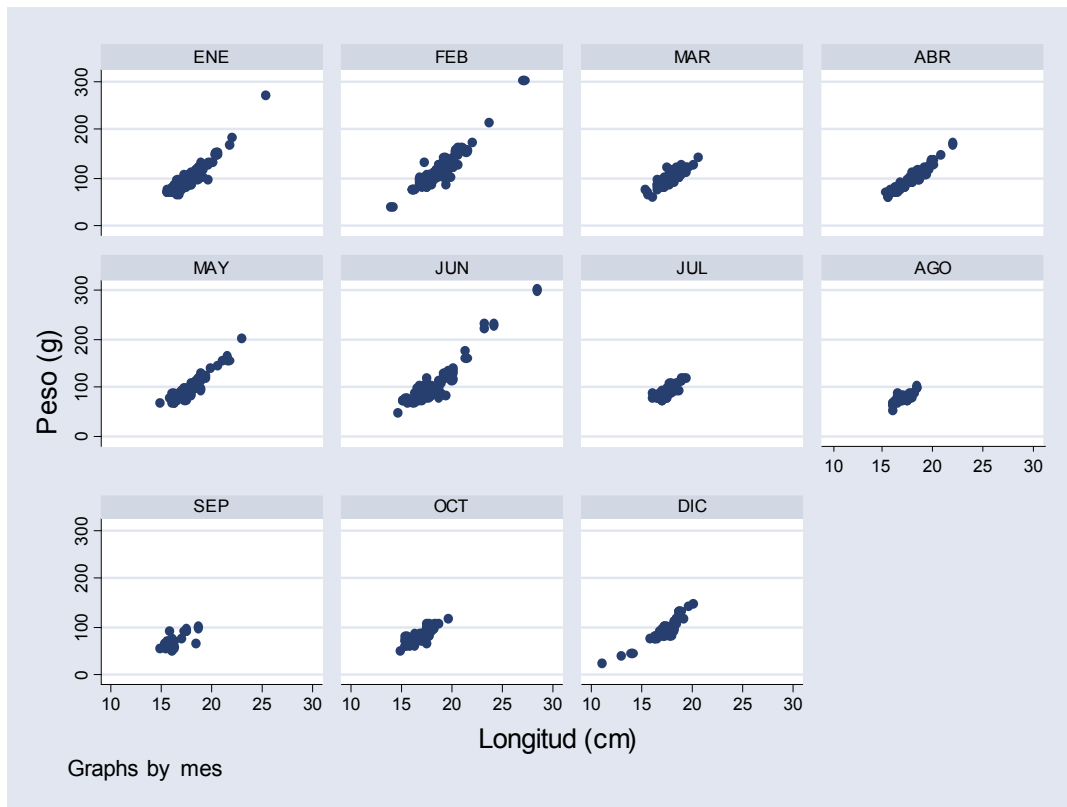


Fig. 14. Gráficos de dispersión del peso total- longitud total por sexos de *O. niloticus* año 2000

Fig. 15. Gráficos de dispersión del peso total- longitud total mensual de *O. niloticus* año 2000Tabla 10. Datos de la relación peso-longitud mensual así como por sexos de *O. niloticus* año 2000

2000	Ecuación Peso-longitud	r ²	n
Enero	P=0.0345 L ^{2.7531}	0.8863	120
Febrero	P=0.0344 L ^{2.7566}	0.8583	101
Marzo	P=0.0840 L ^{2.4495}	0.7172	81
Abril	P=0.0316 L ^{2.7752}	0.9443	68
Mayo	P=0.0422 L ^{2.6763}	0.8889	76
Junio	P=0.0678 L ^{2.5172}	0.8409	70
Julio	P=0.1432 L ^{2.2463}	0.6811	79
Agosto	P=0.0849 L ^{2.3998}	0.5894	30
Septiembre	P=0.1937 L ^{2.0970}	0.4109	24
Octubre	P=0.0763 L ^{2.4620}	0.7348	64
Diciembre	P=0.0160 L ^{3.0305}	0.9369	60
Machos	P=0.0435 L ^{2.6685}	0.8595	588
Hembras	P=0.0139 L ^{3.061}	0.8637	137
Total (Población)	P=0.0328 L ^{2.767}	0.8594	743

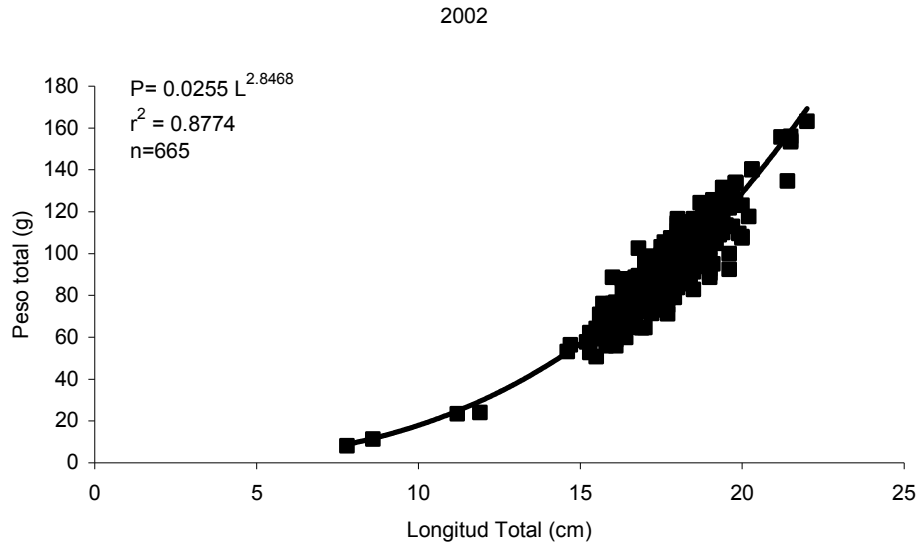


Fig. 16. Relación peso total- longitud total para la población de *O. niloticus* año 2002

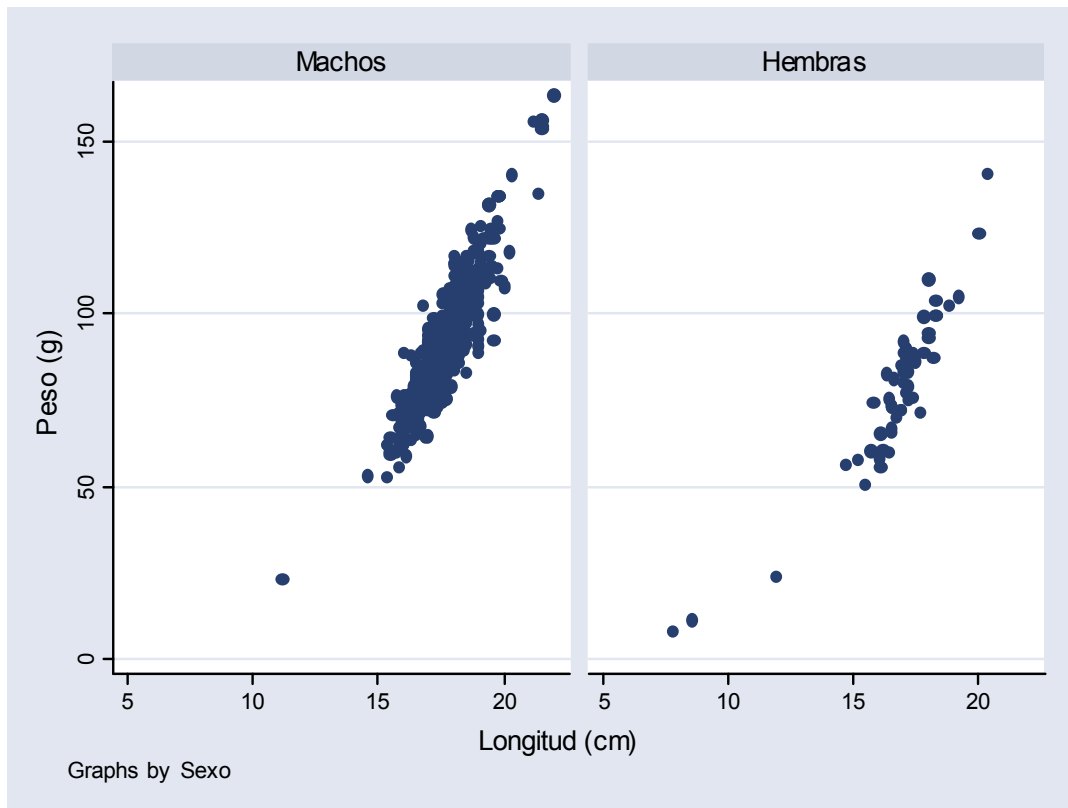
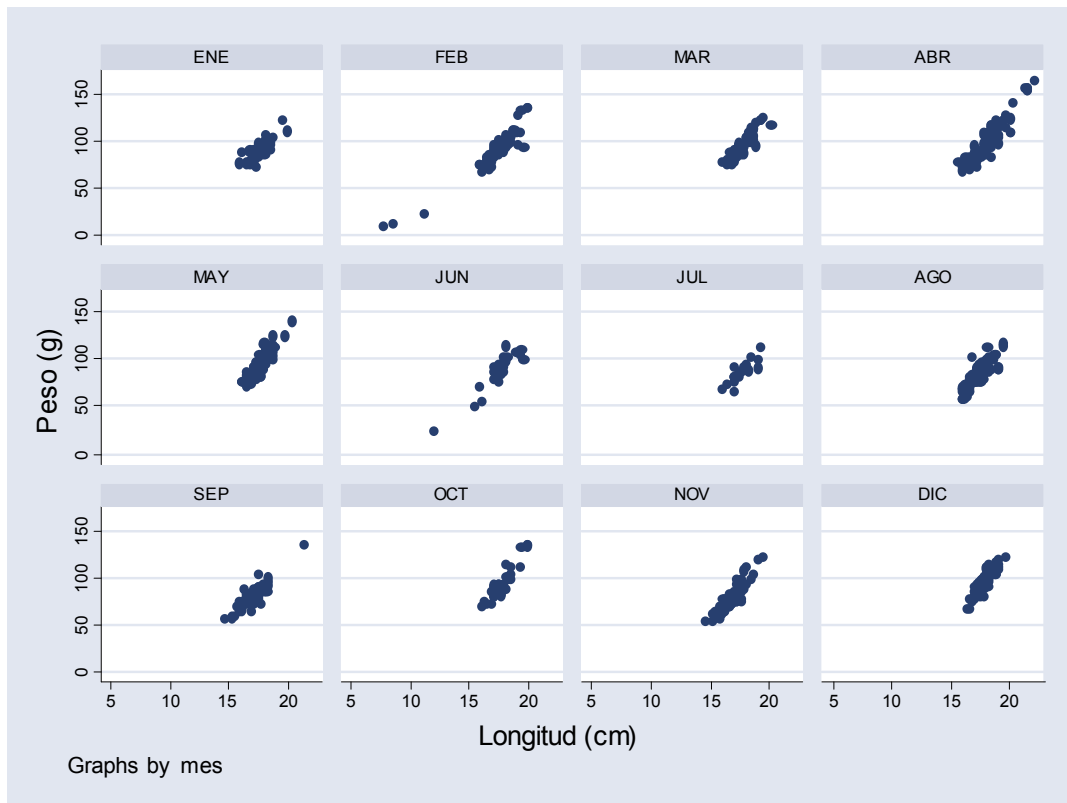


Fig. 17. Gráficos de dispersión del peso total- longitud total por sexos de *O. niloticus* año 2002

Fig. 18. Gráficos de dispersión del peso total- longitud total mensual de *O. niloticus* año 2002Tabla 11. Datos de la relación peso-longitud mensual así como por sexos de *O. niloticus* año 2002

2002	Ecuación Peso-longitud	r^2	n
Enero	$P=0.0235 L^{2.0705}$	0.6552	52
Febrero	$P=0.0213 L^{2.9191}$	0.9741	61
Marzo	$P=0.0558 L^{2.5835}$	0.8246	48
Abril	$P=0.0578 L^{2.5652}$	0.8526	78
Mayo	$P=0.0275 L^{2.8369}$	0.7815	69
Junio	$P=0.0101 L^{3.1623}$	0.8947	27
Julio	$P=0.1381 L^{2.2406}$	0.7091	21
Agosto	$P=0.0352 L^{2.7205}$	0.7294	96
Septiembre	$P=0.1722 L^{2.1697}$	0.7355	51
Octubre	$P=0.0177 L^{2.9782}$	0.8466	31
Noviembre	$P=0.0158 L^{3.0106}$	0.8304	79
Diciembre	$P=0.0112 L^{3.1368}$	0.7879	52
Machos	$P=0.0360 L^{2.7275}$	0.8149	608
Hembras	$P=0.0184 L^{2.9507}$	0.9606	57
Total (Población)	$P=0.0255 L^{2.8468}$	0.8774	665

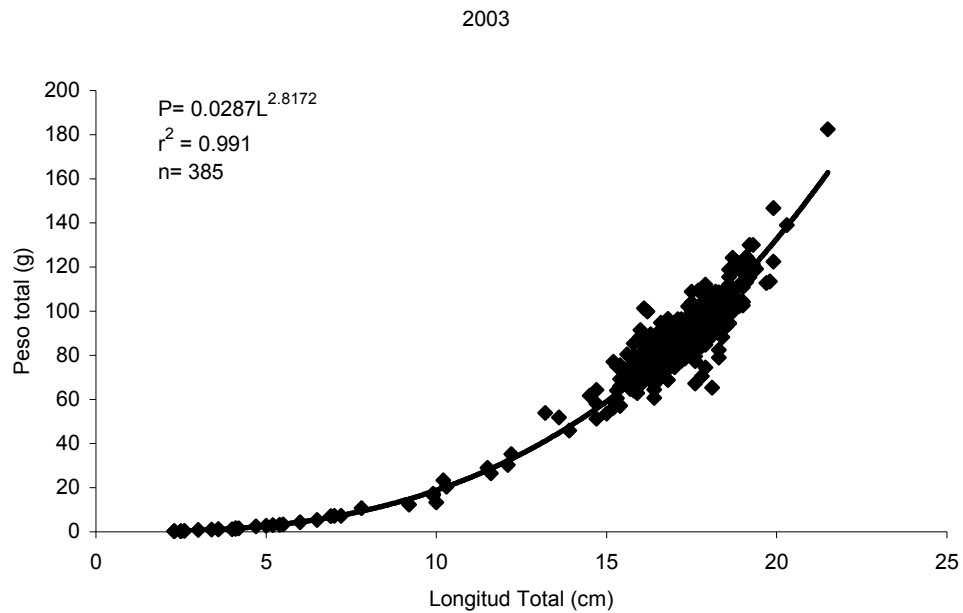


Fig. 19. Relación peso total- longitud total para la población de *O. niloticus* año 2003

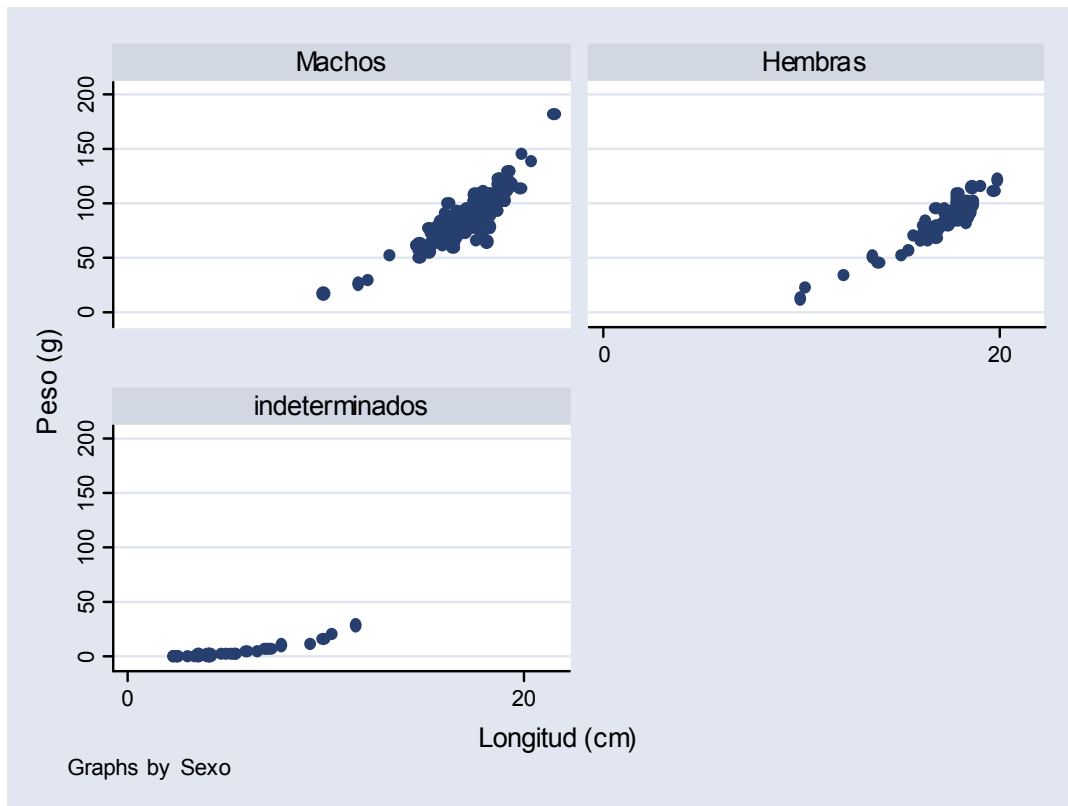


Fig. 20. Gráficos de dispersión del peso total- longitud total por sexos de *O. niloticus* año 2003

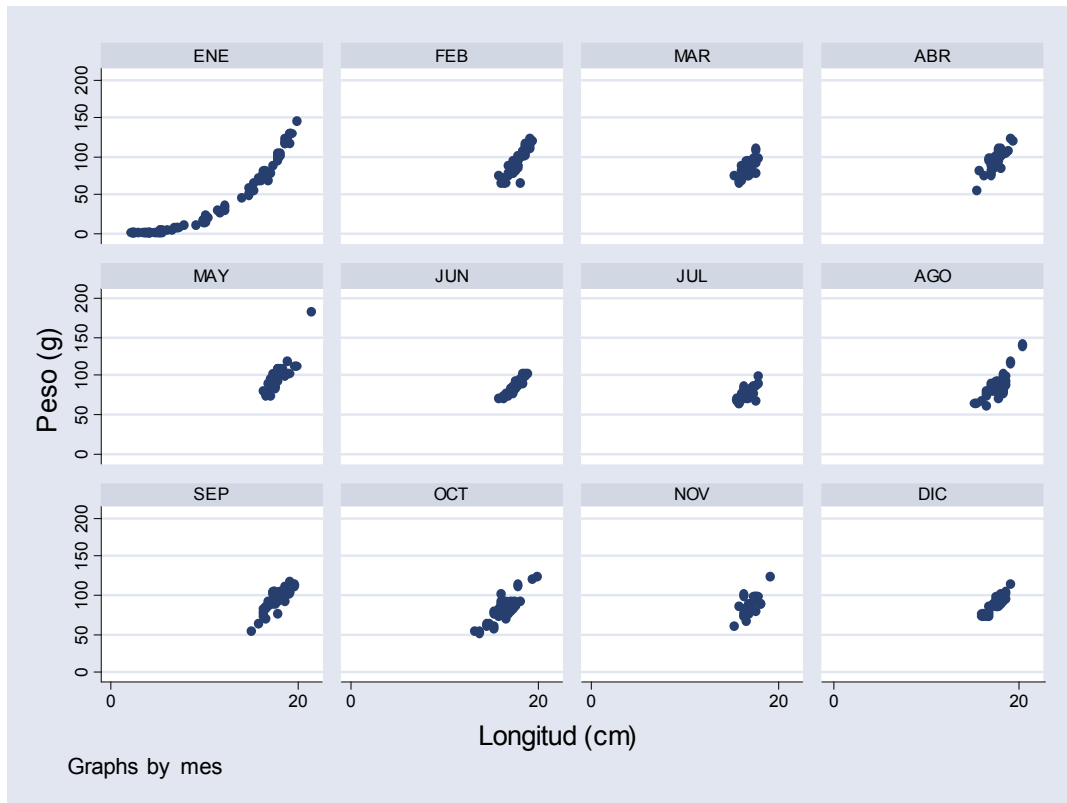


Fig. 21. Gráficos de dispersión del peso total- longitud total mensual de *O. niloticus* año 2003

Tabla 12. Datos de la relación peso-longitud mensual así como por sexos de *O. niloticus* año 2003

2003	Ecuación Peso-longitud	r^2	n
Enero	$P=0.0272 L^{2.8402}$	0.9975	67
Febrero	$P=0.0251 L^{2.8515}$	0.7332	37
Marzo	$P=0.4554 L^{1.8558}$	0.3649	30
Abril	$P=0.0437 L^{2.6792}$	0.7392	25
Mayo	$P=0.0404 L^{2.7060}$	0.8146	27
Junio	$P=0.1064 L^{2.3412}$	0.9127	26
Julio	$P=0.4618 L^{1.8185}$	0.5067	23
Agosto	$P=0.0824 L^{2.4242}$	0.6909	29
Septiembre	$P=0.0616 L^{2.5443}$	0.7344	26
Octubre	$P=0.2203 L^{2.1168}$	0.7389	40
Noviembre	$P=0.1756 L^{2.1789}$	0.5002	25
Diciembre	$P=0.1012 L^{2.3658}$	0.8067	30
Machos	$P=0.0606 L^{2.5564}$	0.8102	290
Hembras	$P=0.0303 L^{2.7866}$	0.9298	66
indeterminados	$P=0.0277 L^{2.8328}$	0.9933	29
Total (Población)	$P=0.0287 L^{2.8172}$	0.9910	385

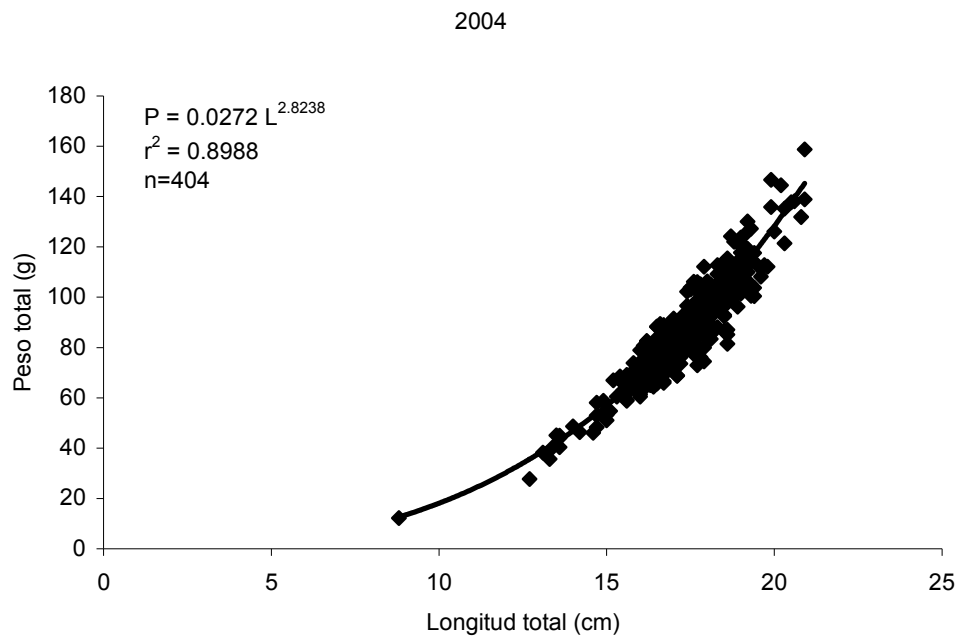


Fig. 22. Relación peso total- longitud total para la población de *O. niloticus* año 2004

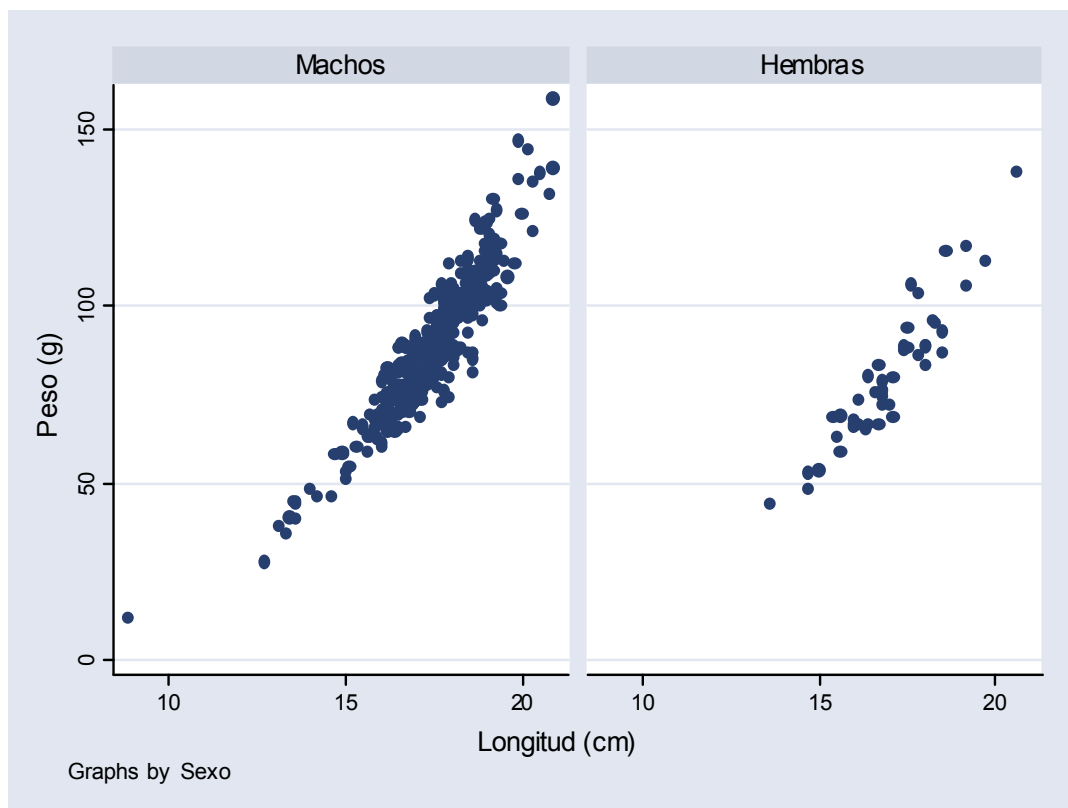
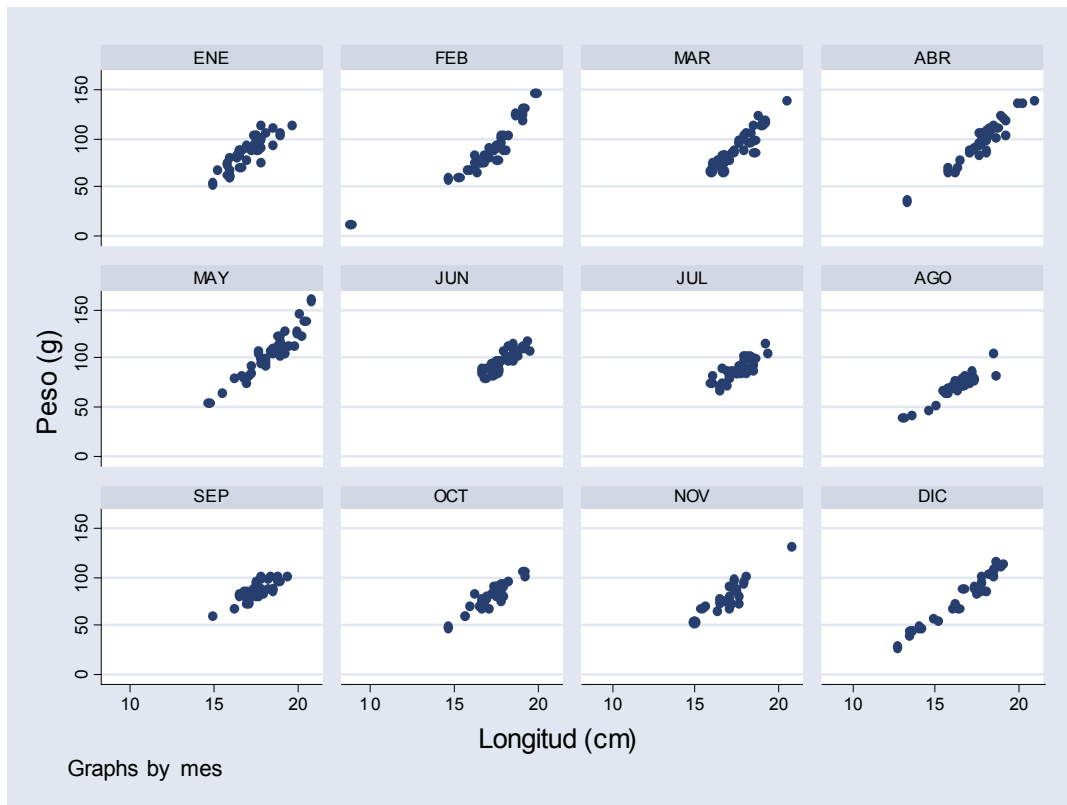


Fig. 23. Gráficos de dispersión del peso total- longitud total por sexos de *O. niloticus* año 2003

Fig. 24. Gráficos de dispersión del peso total- longitud total mensual de *O. niloticus* año 2003Tabla 13. Datos de la relación peso-longitud mensual así como por sexos de *O. niloticus* año 2004

2004	Ecuación Peso-longitud	r^2	n
Enero	$P=0.0661 L^{2.5242}$	0.8988	404
Febrero	$P=0.0185 L^{2.9690}$	0.6991	36
Marzo	$P=0.0244 L^{2.8652}$	0.9689	36
Abril	$P=0.0153 L^{3.0331}$	0.8744	32
Mayo	$P=0.0391 L^{2.7040}$	0.9320	35
Junio	$P=0.2557 L^{2.0601}$	0.9080	41
Julio	$P=0.2446 L^{2.0478}$	0.7396	36
Agosto	$P=0.0436 L^{2.6440}$	0.6541	37
Septiembre	$P=0.0262 L^{2.0174}$	0.8926	37
Octubre	$P=0.0606 L^{2.6653}$	0.6926	34
Noviembre	$P=0.0716 L^{2.4738}$	0.8087	30
Diciembre	$P=0.0191 L^{2.9501}$	0.7789	21
Machos	$P=0.0271 L^{2.8247}$	0.9666	29
Hembras	$P=0.0348 L^{2.7277}$	0.8994	358
Total (Poblacion)	$P=0.0272 L^{2.8238}$	0.8988	404

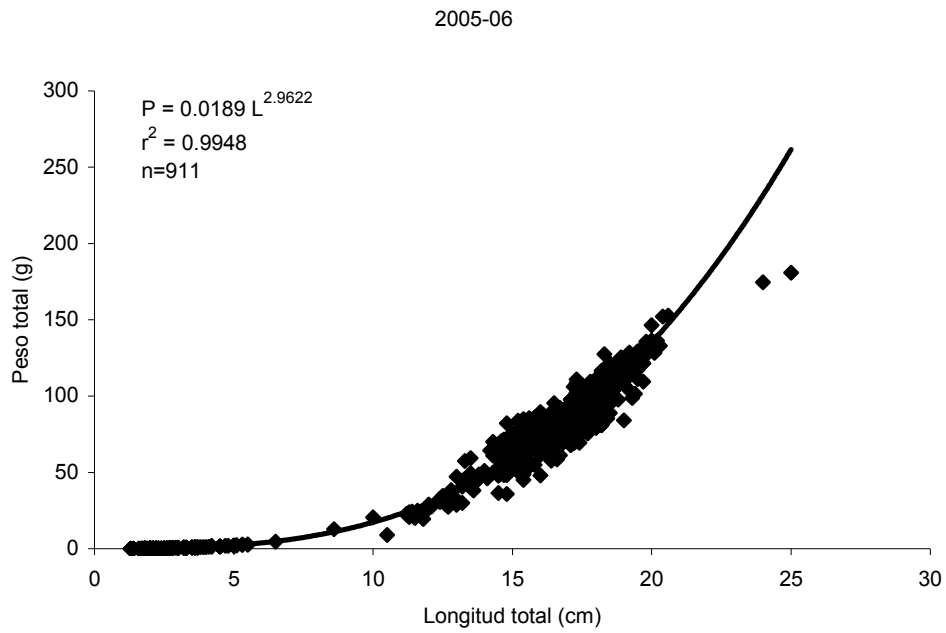


Fig. 25. Relación peso total- longitud total para la población de *O. niloticus* año 2005-06

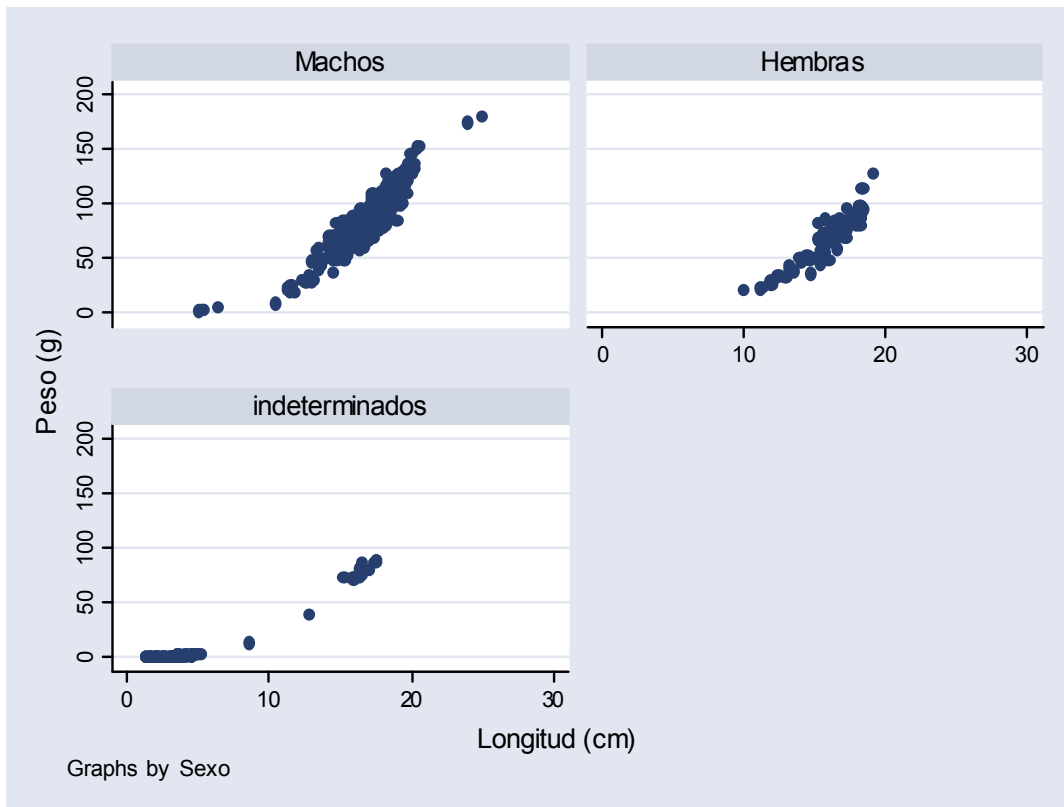
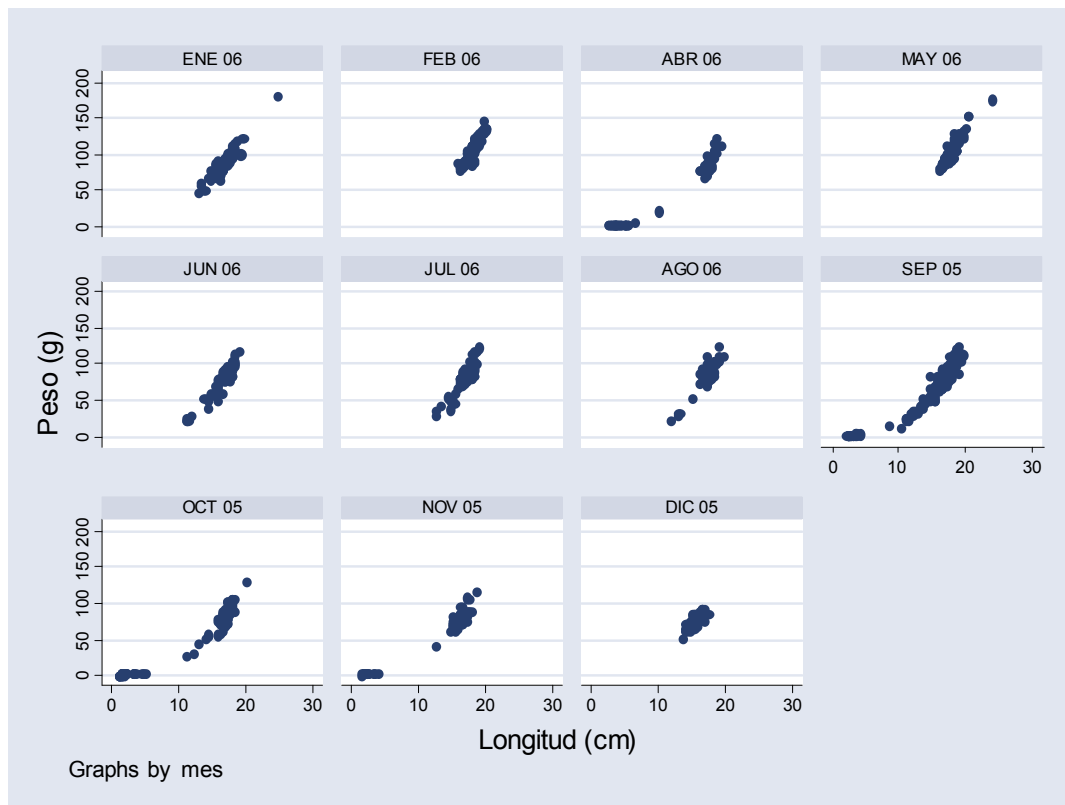


Fig. 26. Gráficos de dispersión del peso total- longitud total por sexos de *O. niloticus* año 2005-06

Fig. 27. Gráficos de dispersión del peso total- longitud total mensual de *O. niloticus* año 2005-06Tabla 14. Datos de la relación peso-longitud mensual así como por sexos de *O. niloticus* año 2005-06

2005-06	Ecuación Peso-longitud	r^2	n
Enero	$P=0.0242 L^{2.8803}$	0.8756	79
Febrero	$P=0.0275 L^{2.8107}$	0.7923	75
Marzo	$P=0.0254 L^{2.8479}$	0.9985	59
Mayo	$P=0.2920 L^{1.9998}$	0.8506	97
Junio	$P=0.0202 L^{2.9379}$	0.9377	78
Julio	$P=0.0174 L^{2.9740}$	0.8811	73
Agosto	$P=0.0195 L^{2.9391}$	0.8618	68
Septiembre	$P=0.0195 L^{2.9390}$	0.9944	154
Octubre	$P=0.1552 L^{2.2452}$	0.9965	106
Noviembre	$P=0.0248 L^{2.8738}$	0.9984	70
Diciembre	$P=0.0027 L^{3.6292}$	0.5942	53
Machos	$P=0.2162 L^{2.9164}$	0.9156	711
Hembras	$P=0.0237 L^{2.8629}$	0.9075	81
Indeterminados	$P=0.0187 L^{2.9622}$	0.9883	119
Total (Población)	$P=0.0189 L^{2.9622}$	0.9948	911

Con la aplicación de la prueba *t-Student* (Pauly, 1984) al valor de la pendiente de las muestras se determinó el tipo de crecimiento que presentan las poblaciones correspondientes a cada periodo, así como para cada sexo (Tabla 15).

Tabla 15. Pruebas de *t-student* para las pendientes de la relación peso-longitud de *O.niloticus*

Año 1999	Pendiente (<i>b</i>)	t (<i>i</i>)	Ho: B=3	<i>n</i>	Tipo de crecimiento
Total	2.9560	1.746	Acepta	1150	Tiende a la isometría
Machos	2.9768	0.799	Acepta	749	Tiende a la isometría
Hembras	2.9235	1.363	Acepta	398	Tiende a la isometría
Año 2000					
Total	2.7669	5.664	Rechaza	743	alometría negativa
Machos	2.6685	7.432	Rechaza	588	alometría negativa
Hembras	3.0661	0.629	Rechaza	137	alometría positiva
Año 2002					
Total	2.8468	3.706	Rechaza	666	alometría negativa
Machos	2.7275	5.162	Rechaza	608	alometría negativa
Hembras	2.9507	0.612	Rechaza	57	alometría negativa
Año 2003					
Total	2.8172	1.331	Acepta	385	Tiende a la isometría
Machos	2.5554	6.098	Rechaza	290	alometría negativa
Hembras	2.7866	2.228	Rechaza	66	alometría negativa
Año 2004					
Total	2.8238	3.222	Rechaza	404	alometría negativa
Machos	2.8247	5.389	Rechaza	358	alometría negativa
Hembras	2.7277	1.969	Rechaza	46	alometría negativa
Año 05-06					
Total	2.9622	5.324	Rechaza	912	alometría negativa
Machos	2.9164	2.513	Rechaza	711	alometría negativa
Hembras	2.8629	1.333	Acepta	81	Tiende a la isometría

Temporalmente la relación peso-longitud por sexo fue variable, observándose una tendencia a la isometría en el año 1999 así como para la población del año 2003 y una alometría negativa, para machos de 2000 a 2005-06 que indica que presentan un mayor crecimiento en longitud que en peso, a excepción del periodo 1999 ($b=2.9768$, $t\text{-student}=0.80$; $p<0.05$) y para las hembras la pendiente indicó que el tipo de crecimiento es alométrico negativo, a excepción del año 1999 y 2005-06; esto indica que los organismos crecen más en longitud que en peso (Tabla 15).

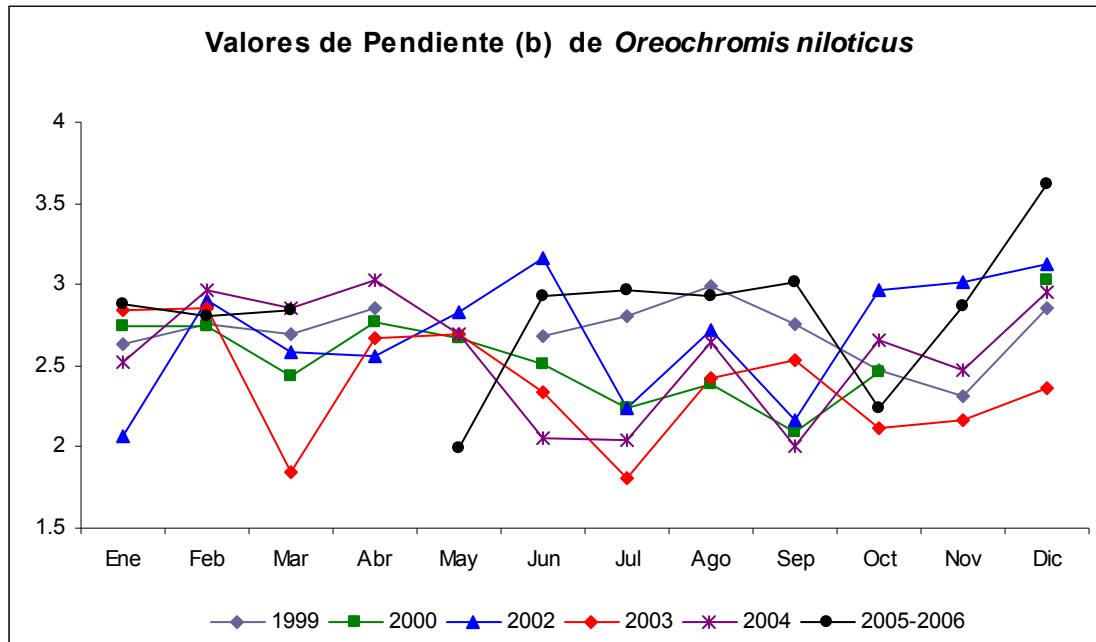


Fig.

28. Valores de la pendiente (b) de los diferentes periodos de estudio de *O. niloticus*

La variación de los valores de las pendientes (*b*) derivadas de la relación peso-longitud examinadas en los diferentes años, expresan una tendencia en su comportamiento relacionada con la época reproductiva, donde se observa un aumento de estas en los meses de febrero y agosto apoyando los dos máximos periodos de reproducción que se registran en la Presa Emiliano Zapata para *O. niloticus*. Así mismo, se observa el decremento en el valor de la pendiente a través del tiempo (Fig.28).

Al analizar el factor de condición (Fulton(1902) y Clark(1928)) de las diferentes poblaciones así como de ambos sexos de *O. niloticus* (Fig. 29-46), se puede apreciar una variabilidad a lo largo de los diferentes años y valores adecuados (altos) de condición para machos así como para la población en general, durante época de secas (Febrero a Junio) y una baja condición durante la época de lluvias (Julio a Octubre).

En algunos temporadas para el caso de las hembras se puede observar que el factor de condición tiende a disminuir a partir de la temporada de secas hasta la temporada de lluvias y posteriormente elevarse de nuevo en Diciembre (Fig. 32 y 44). Para la mayoría de las graficas, las hembras, presentan valores elevados de condición en el mes de diciembre (época de secas) y los menores valores de Julio a Agosto (época de lluvias) con valores por debajo de los obtenidos para los machos, a salvedad del año 1999, en el cual el factor de condición de hembras es mayor (Fig. 29 y 31).

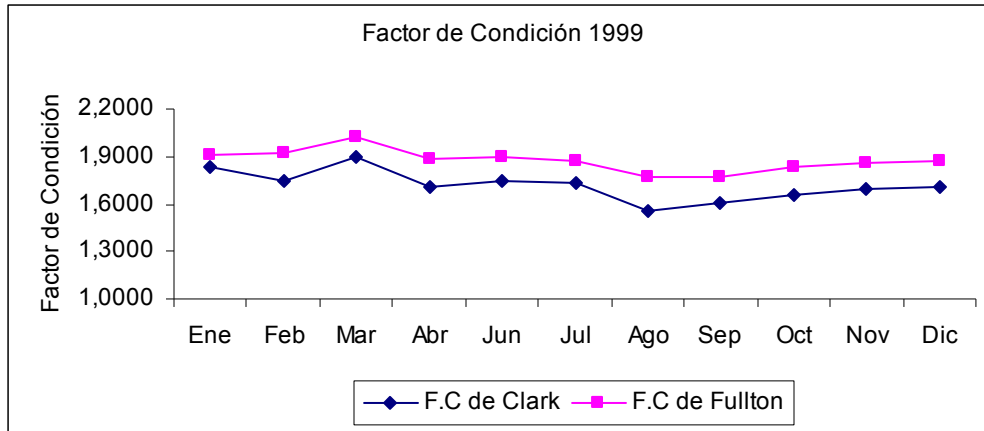


Fig. 29. Comportamiento temporal del factor de condición para la población de *O. niloticus* año1999

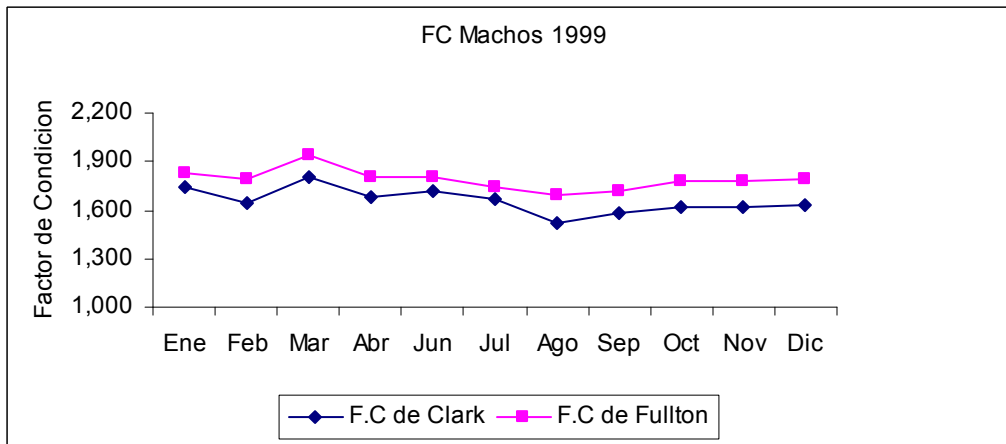


Fig. 30. Comportamiento temporal del factor de condición para machos de *O. niloticus* año1999

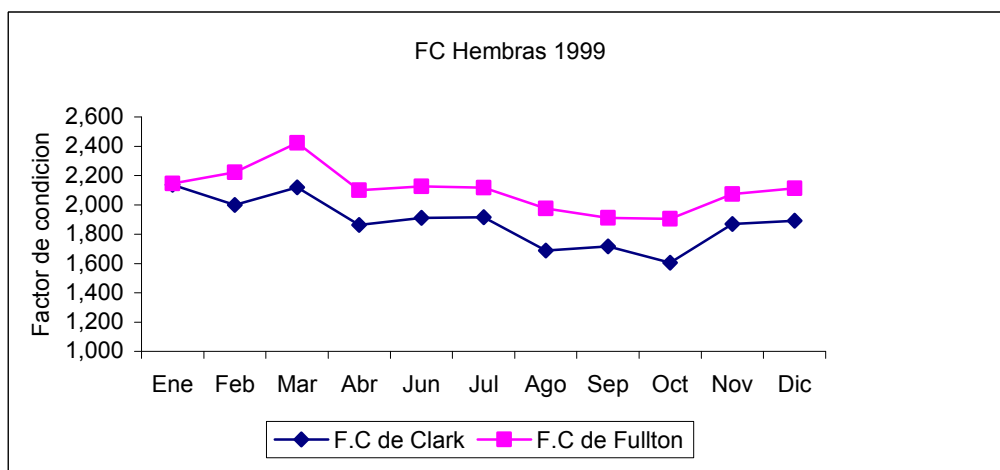


Fig. 31. Comportamiento temporal del factor de condición para hembras de *O. niloticus* año1999.

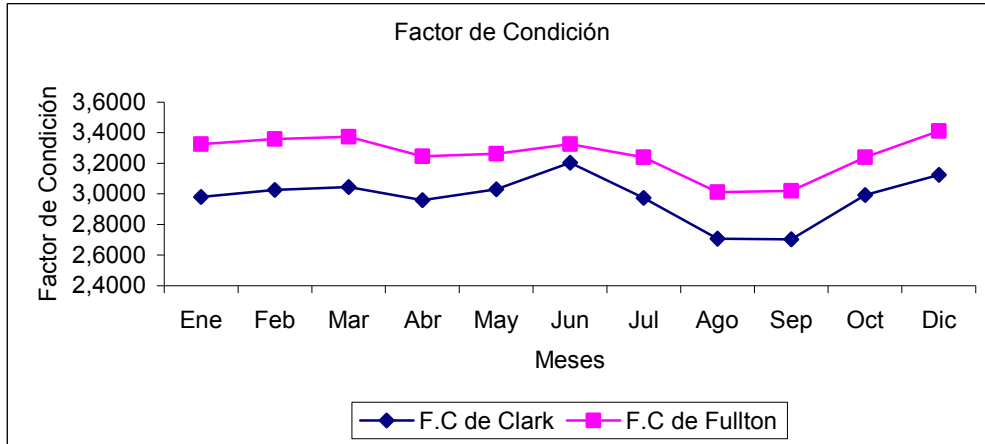


Fig. 32. Comportamiento temporal del factor de condición para la población de *O. niloticus* año2000.

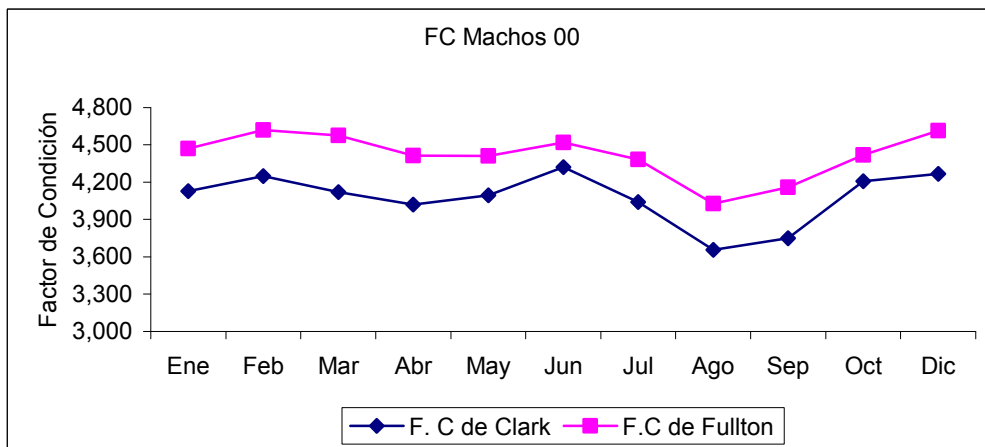


Fig. 33. Comportamiento temporal del factor de condición para machos de *O. niloticus* año 2000.

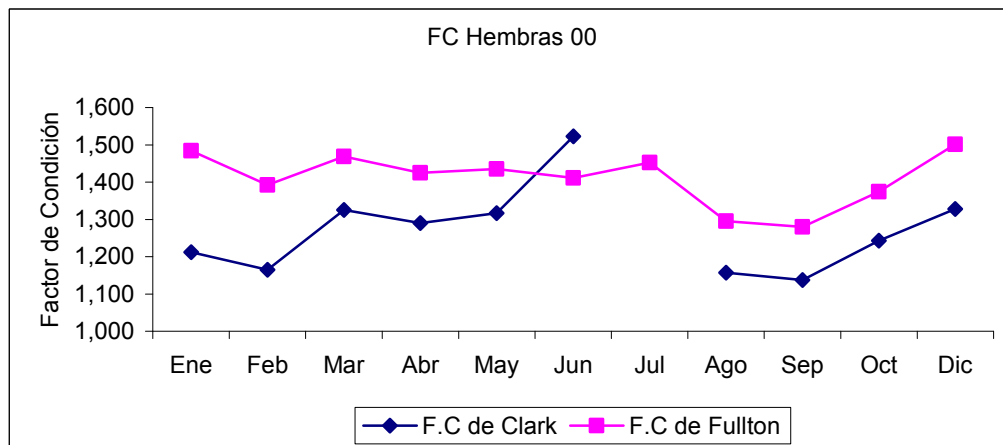


Fig. 34. Comportamiento temporal del factor de condición para hembras de *O. niloticus* año 2000.

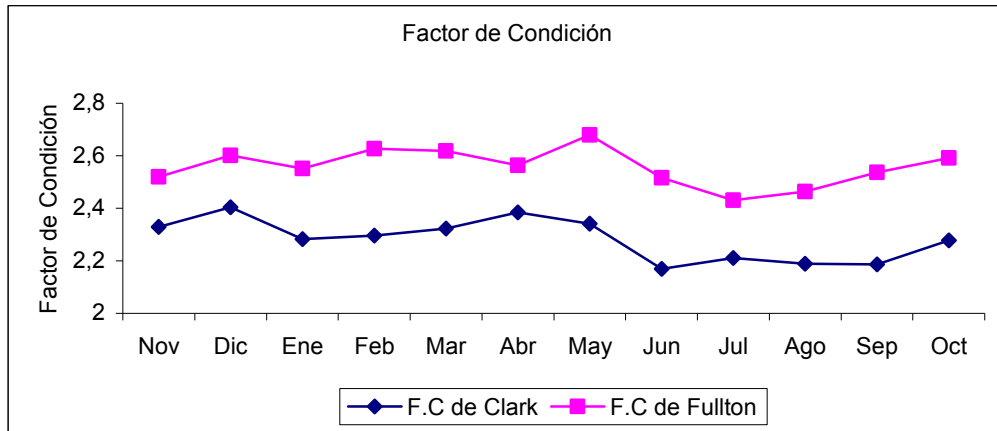


Fig. 35. Comportamiento temporal del factor de condición para la población de *O. niloticus* año 2002.

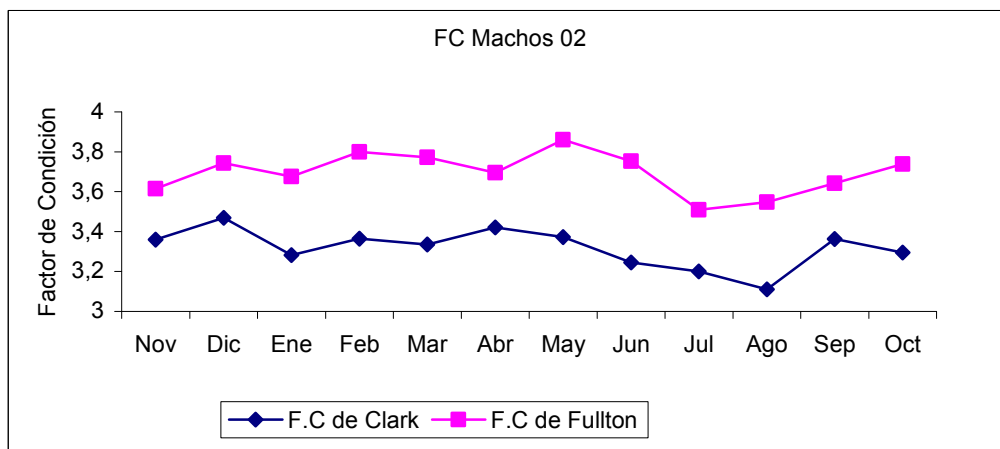


Fig. 36. Comportamiento temporal del factor de condición para machos de *O. niloticus* año 2002

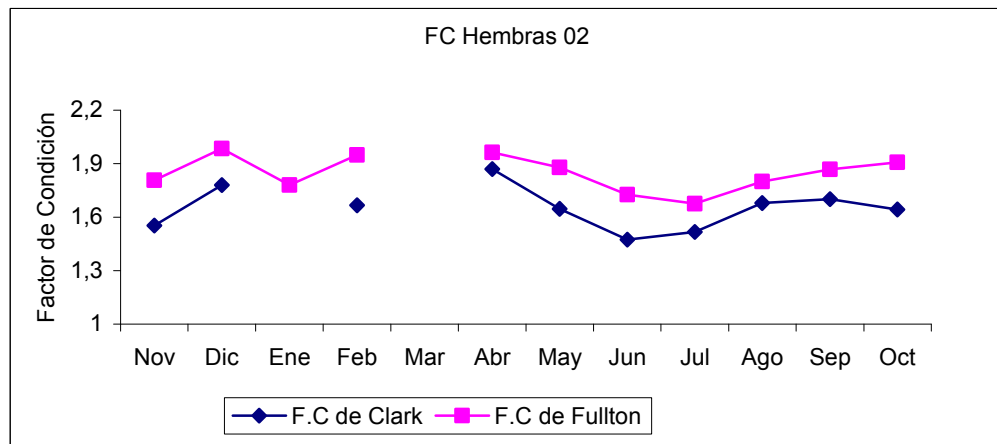


Fig. 37. Comportamiento temporal del factor de condición para hembras de *O. niloticus* año 2002.

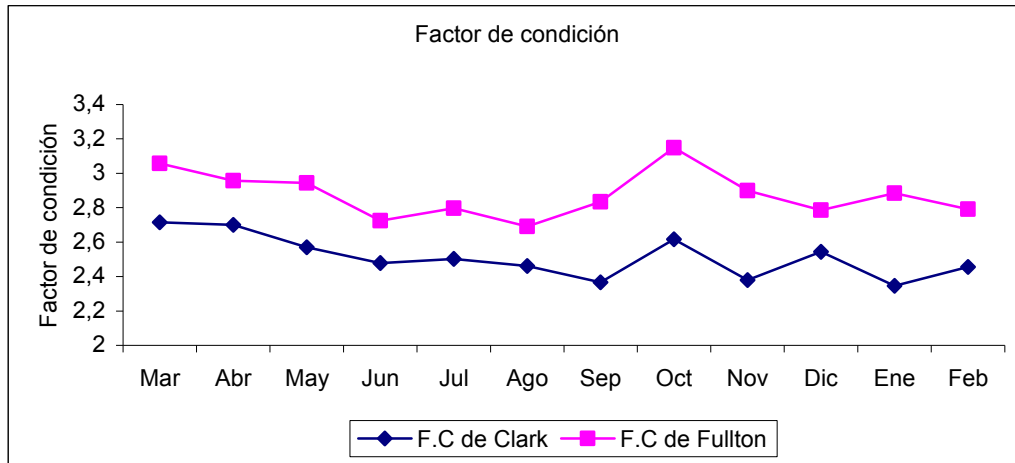


Fig. 38. Comportamiento temporal del factor de condición para la población de *O. niloticus* año 2003.

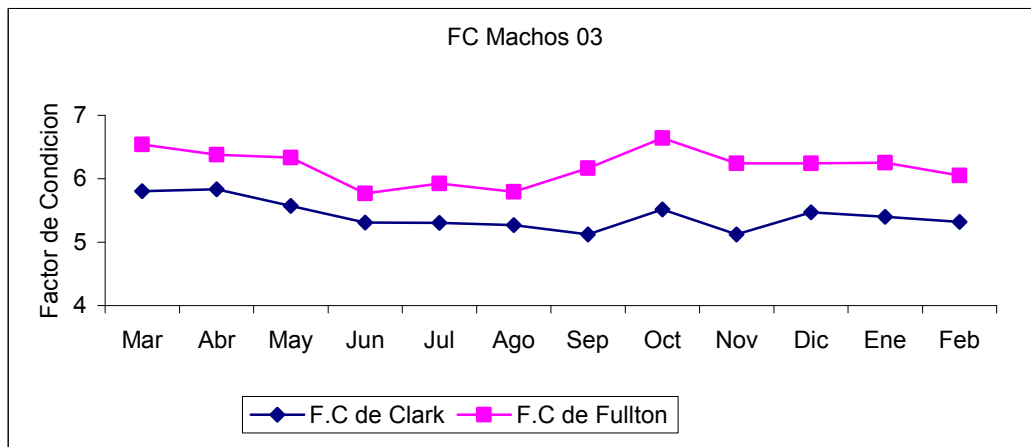


Fig. 39. Comportamiento temporal del factor de condición para machos de *O. niloticus* año 2003.

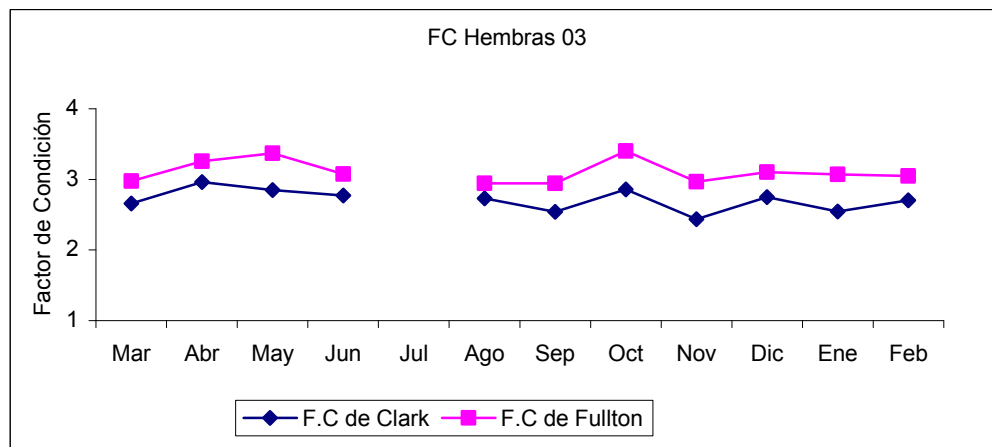


Fig. 40. Comportamiento temporal del factor de condición para hembras de *O. niloticus* año 2003

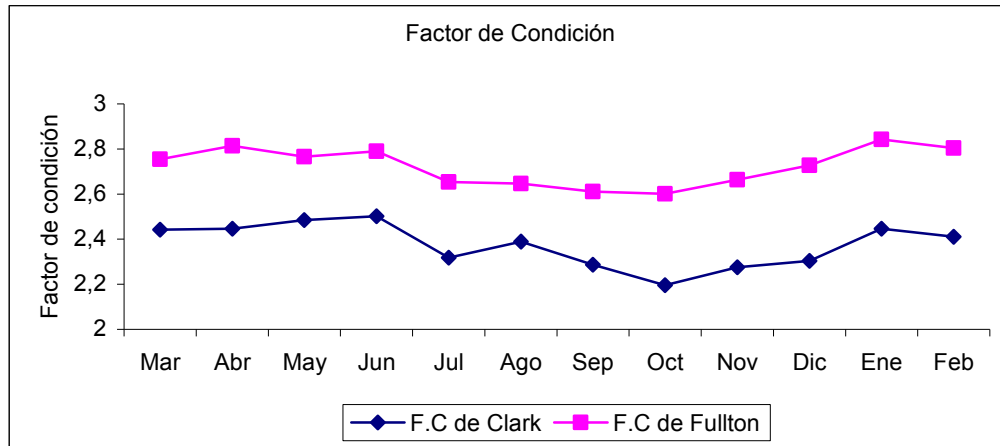


Fig. 41. Comportamiento temporal del factor de condición para la población de *O. niloticus* año 2004

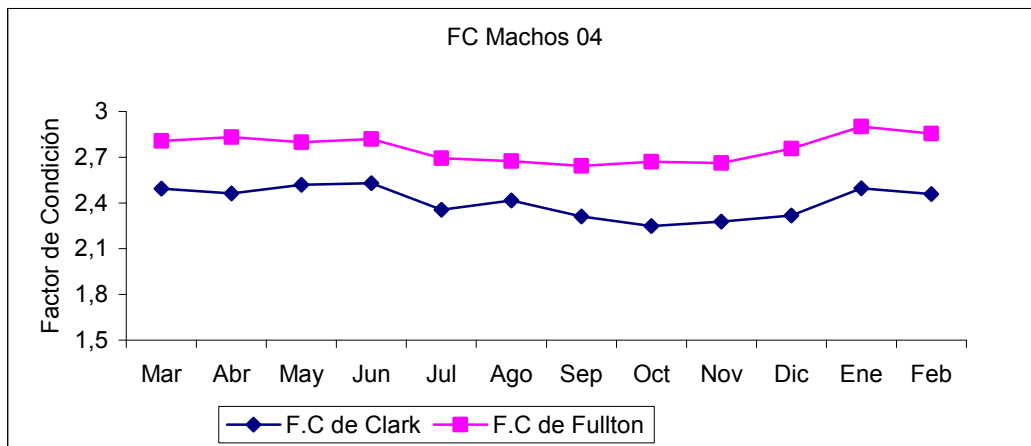


Fig. 42. Comportamiento temporal del factor de condición para machos de *O. niloticus* año 2004.

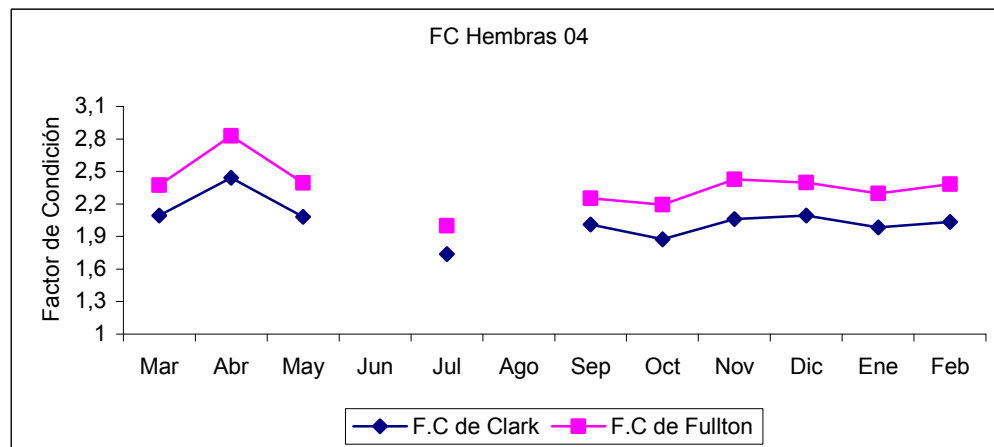


Fig. 43. Comportamiento temporal del factor de condición para hembras de *O. niloticus* año 2004

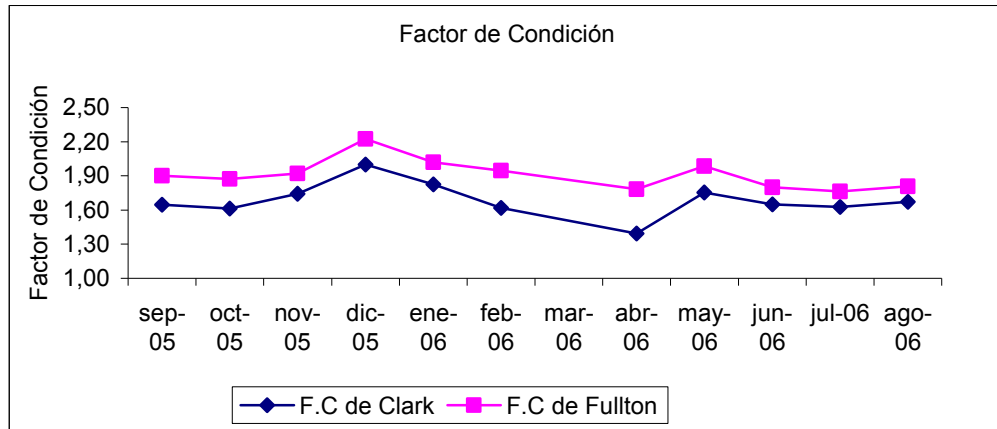


Fig. 44. Comportamiento temporal del factor de condición para la población de *O. niloticus* año 2005-06.

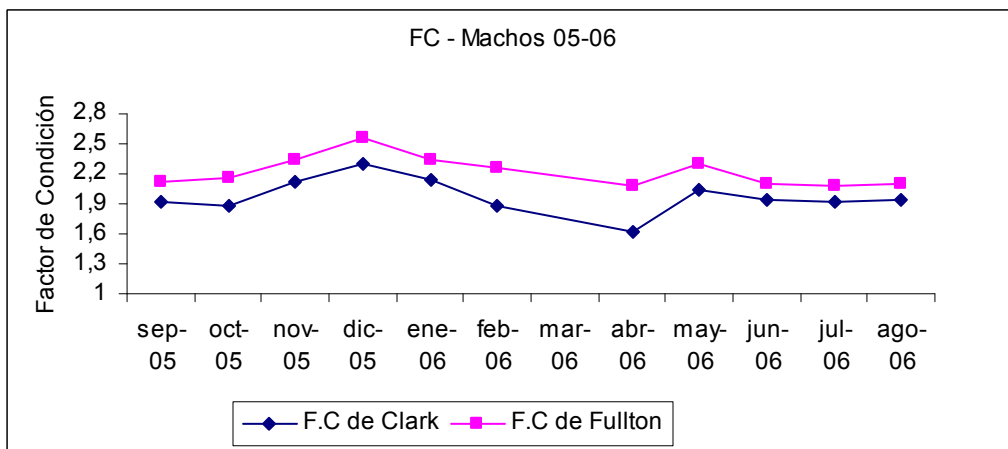


Fig. 45. Comportamiento temporal del factor de condición para machos de *O. niloticus* año 2005-06.

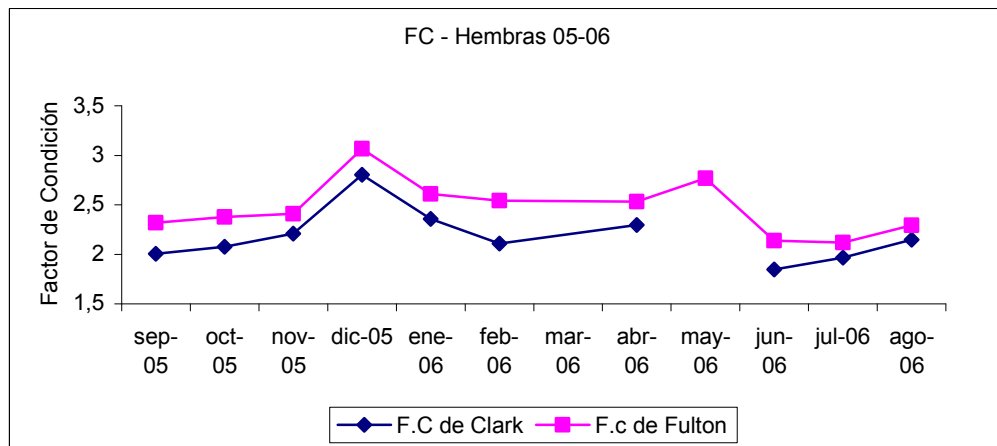


Fig. 46. Comportamiento temporal del factor de condición para hembras de *O. niloticus* año 2005-06

Para determinar la época de reproducción se analizaron las muestras de los diversos años de manera mensual así como para cada sexo de *O. niloticus* y se empleó la variación del índice gonadosomático (IGS) así como los valores del índice hepatosomático (IHS) de las hembras. Los resultados mostraron variaciones a lo largo de los diferentes periodos obteniendo de estos, los valores máximos y mínimos para cada año examinado (Tabla.16).

El comportamiento en el incremento en el IGS en machos y hembras fue similar y mostraron esta tendencia en los meses de enero, febrero y abril (época de secas) así como en los meses de julio y agosto (época de lluvias). De igual forma al comparar los valores de las medianas de los valores del IGS de machos y hembras, estos presentan dos picos a lo largo del estudio. El primer incremento es ligeramente menor registrándose en durante los meses de febrero y marzo (época de secas) y el segundo en los meses de julio y agosto (época de lluvias). (Fig. 47, 48, 51, 52, 55, 56, 59, 60, 63, 64, 67, 68). Los valores del Índice hepatosomático (IHS) para las hembras (Fig. 49, 53, 57, 61, 65, 69) pertenecientes a los años 1999, 2003, 2004 y 2005-06 mostraron sus valores máximos en lo meses de enero, abril y mayo (Tabla.16) lo cual coincide con un periodo de máxima reproducción para la especie, aunque para el 2000 y 2002 (Fig. 45 y 51) los máximos se presentan en otros meses, pero el comportamiento del IHS concuerda con los periodos de reproducción para *O. niloticus*.

Al tener como refuerzo la variación temporal de los índices gonadosomático para ambos sexos así como el IHS para hembras se percibe que de igual forma, existe una relación inversa entre estos que se da precisamente en los máximos periodos de reproducción de la especie (Fig. 50, 54, 58, 62, 66, 70).

Tabla 16. Valores máximos y mínimos de IGS e IHS para *O. niloticus*

	IGS		IHS	
	-	+	-	+
1999				
Machos	0.0886(Dic)	1.2040(Abr)		
Hembras	0.2107(Abr)	1.9012(Ago)	0.6834(Sep)	1.5834(Ene)
2000				
Machos	0.0792(Sep)	0.6365(May)		
Hembras	0.1590(Oct)	1.029(Ago)	0.8589(Sep)	1.2706(Ago)
2002				
Machos	0.0921(Dic)	0.357(Ago)		
Hembras	0.1383(sep)	1.980(Jul)	0.5529(May)	1.2984(Nov)
2003				
Machos	0.1551(Dic)	0.6954(Jul)		
Hembras	0.1448 (Ene)	0.8837(Sep)	0.0804(Sep)	0.7929(May)
2004				
Machos	0.2332(Ene)	0.7961(Jun)		
Hembras	0.1995(May)	3.0544(Jul)	0.1840 (Ene)	1.4176(Abr)
2005-06				
Machos	0.1432(Ene)	1.3478(Abr)		
Hembras	0.2119(Jun)	1.0774(Sep)	0.2680(Dic)	1.4379(Feb)

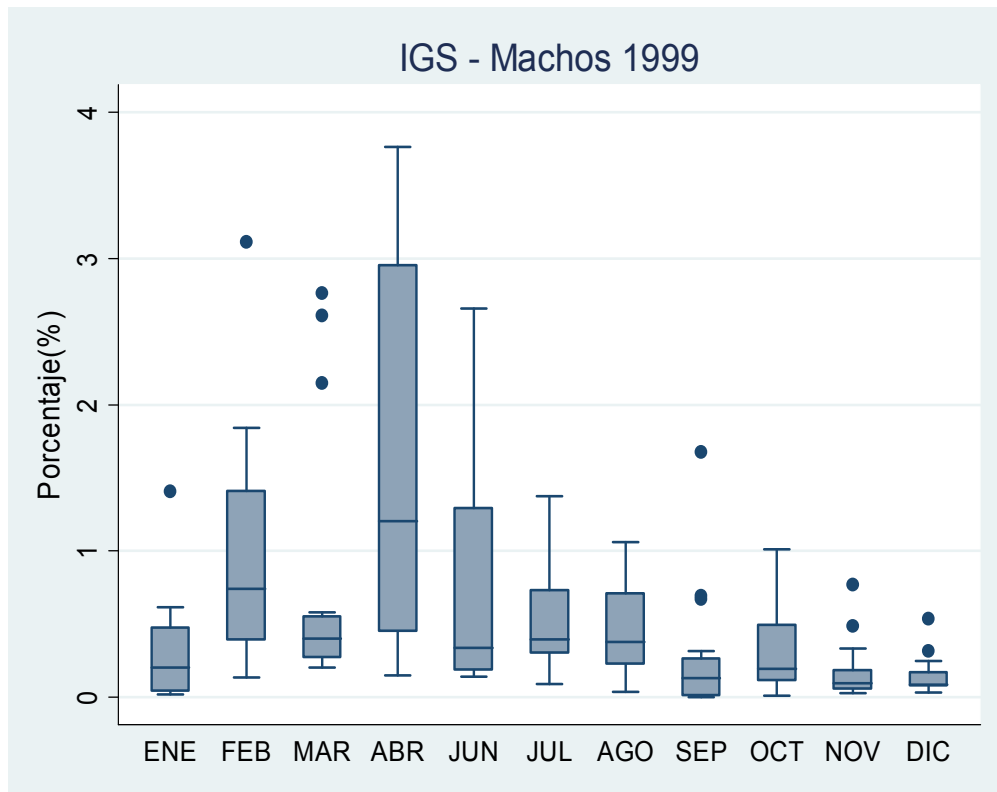


Fig. 47. Comportamiento temporal del índice gonadosomático para machos de *O. niloticus*

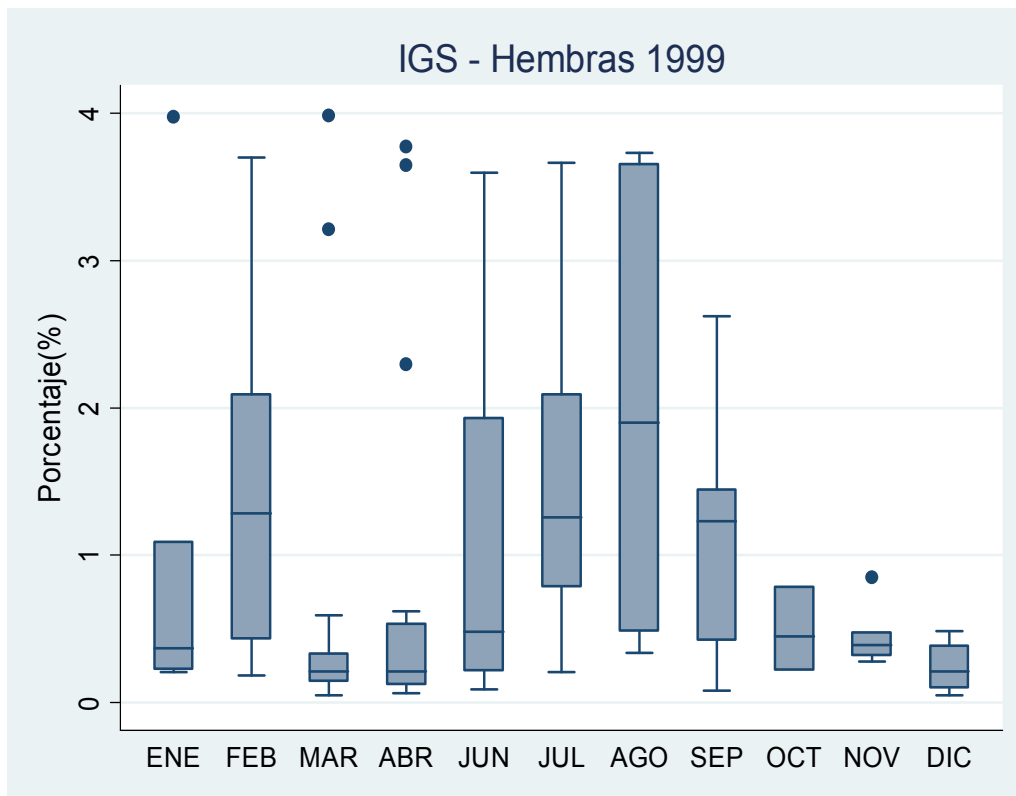


Fig. 48. Comportamiento temporal del índice gonadosomático para machos de *O. niloticus*

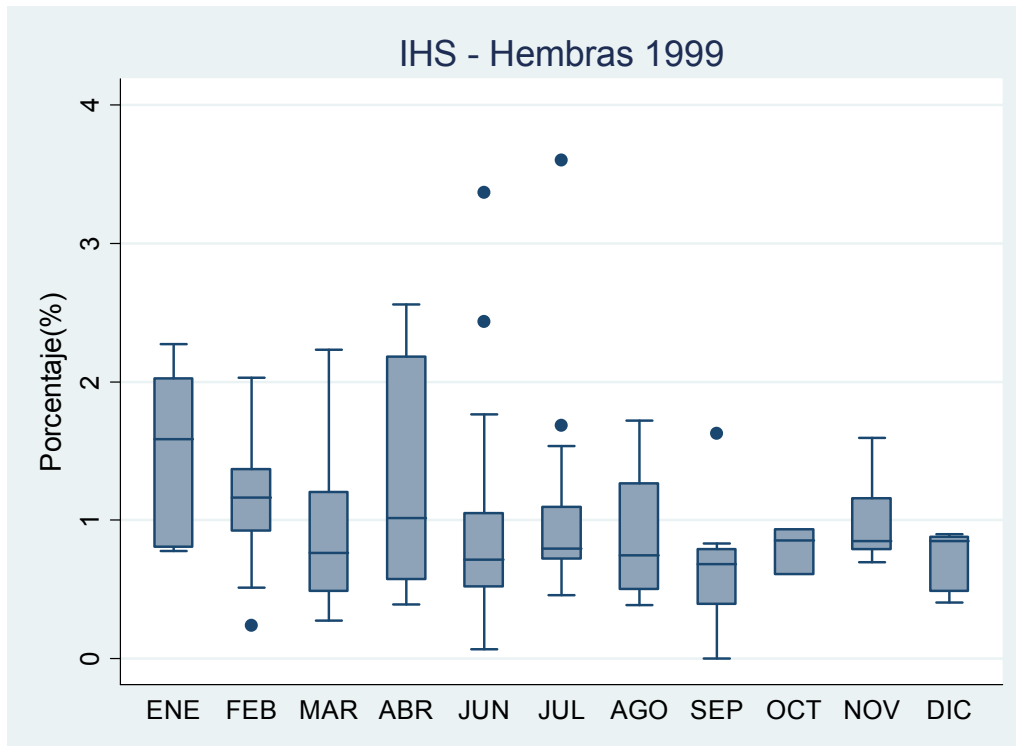


Fig. 49. Comportamiento temporal del índice hepatosomático para machos de *O. niloticus*

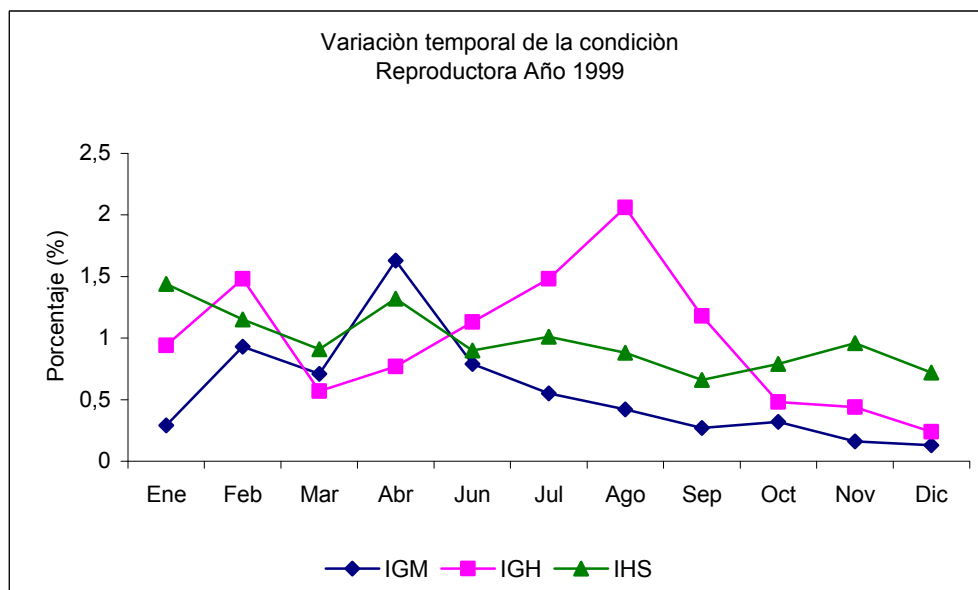


Fig. 50. Variación temporal de la condición reproductora de *O. niloticus*

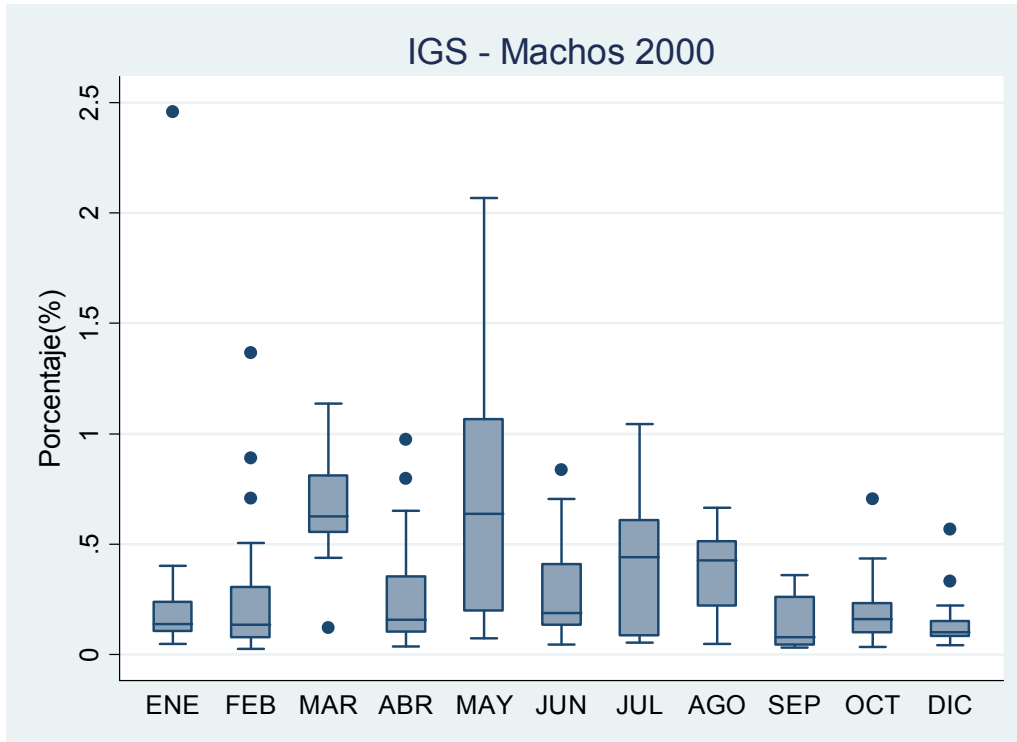


Fig. 51. Comportamiento temporal del índice gonadosomático para machos de *O. niloticus*

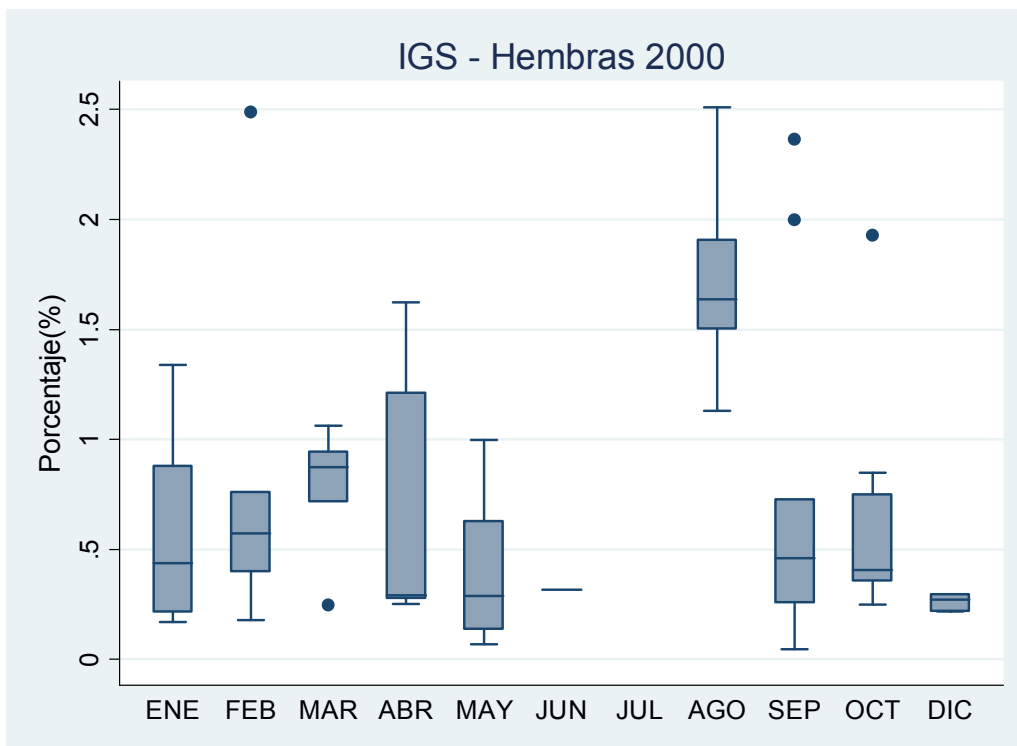


Fig. 52. Comportamiento temporal del índice gonadosomático para hembras de *O. niloticus*

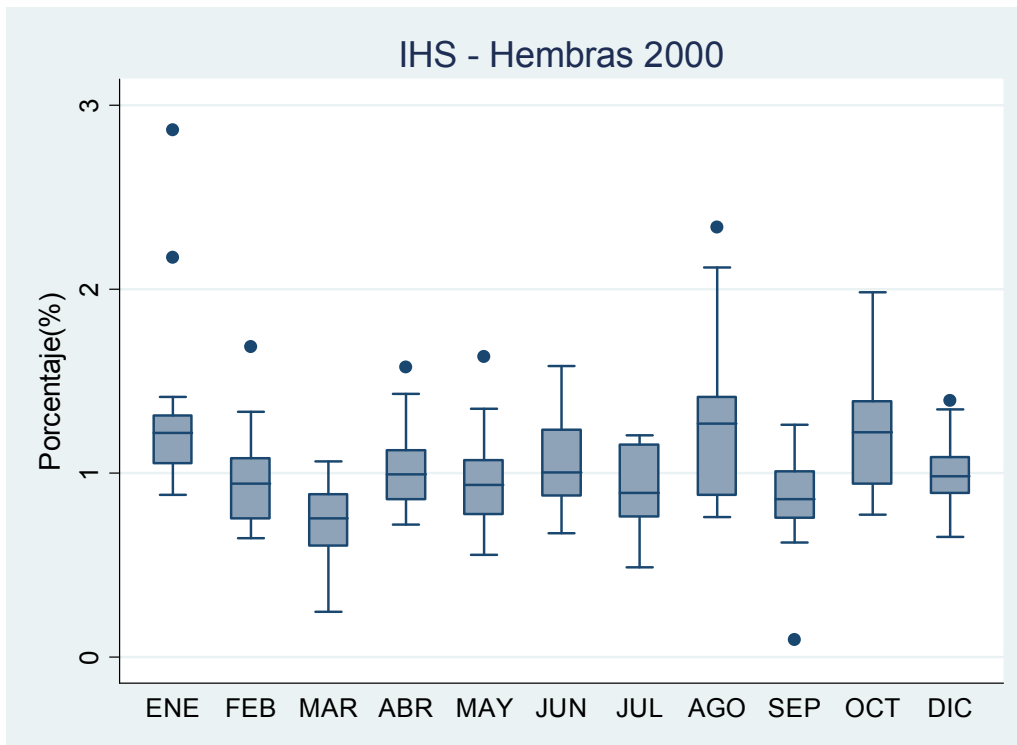


Fig. 53. Comportamiento temporal del índice hepatosomático para hembras de *O. niloticus*

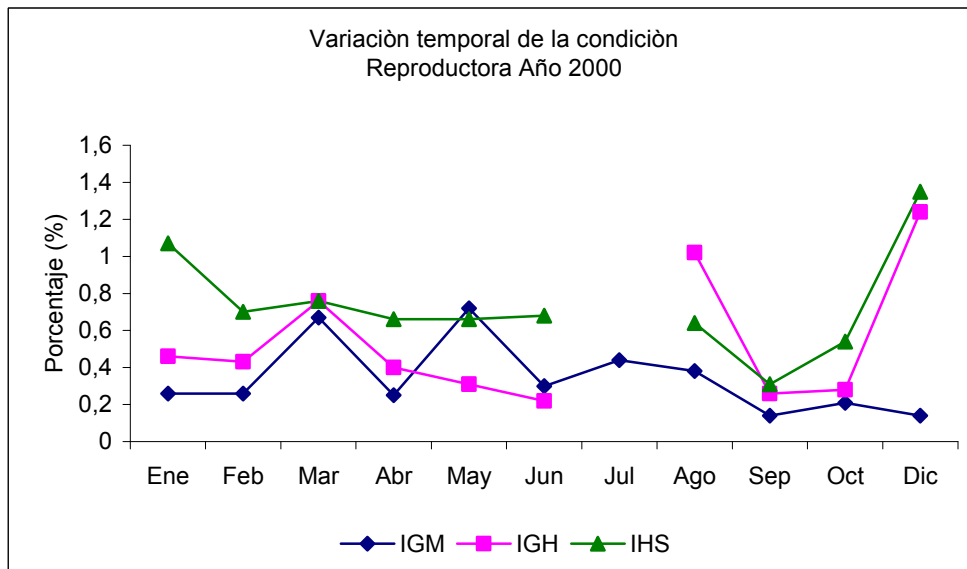


Fig. 54. Variación temporal de la condición reproductora de *O. niloticus*

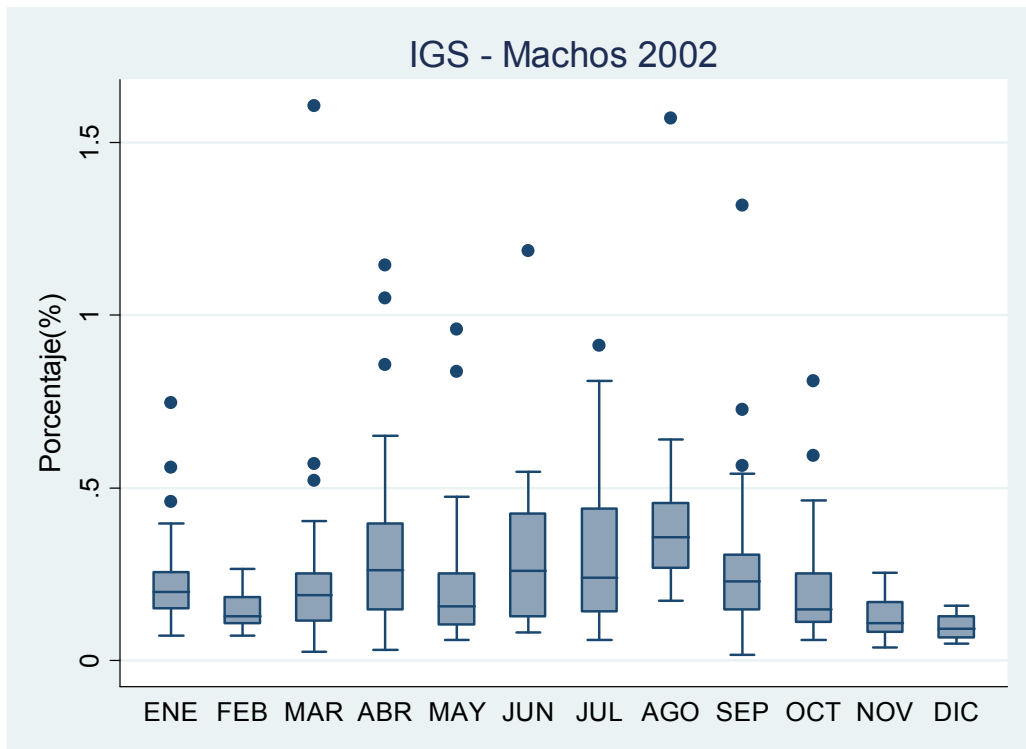


Fig. 55. Comportamiento temporal del índice gonadosomático para machos de *O. niloticus*

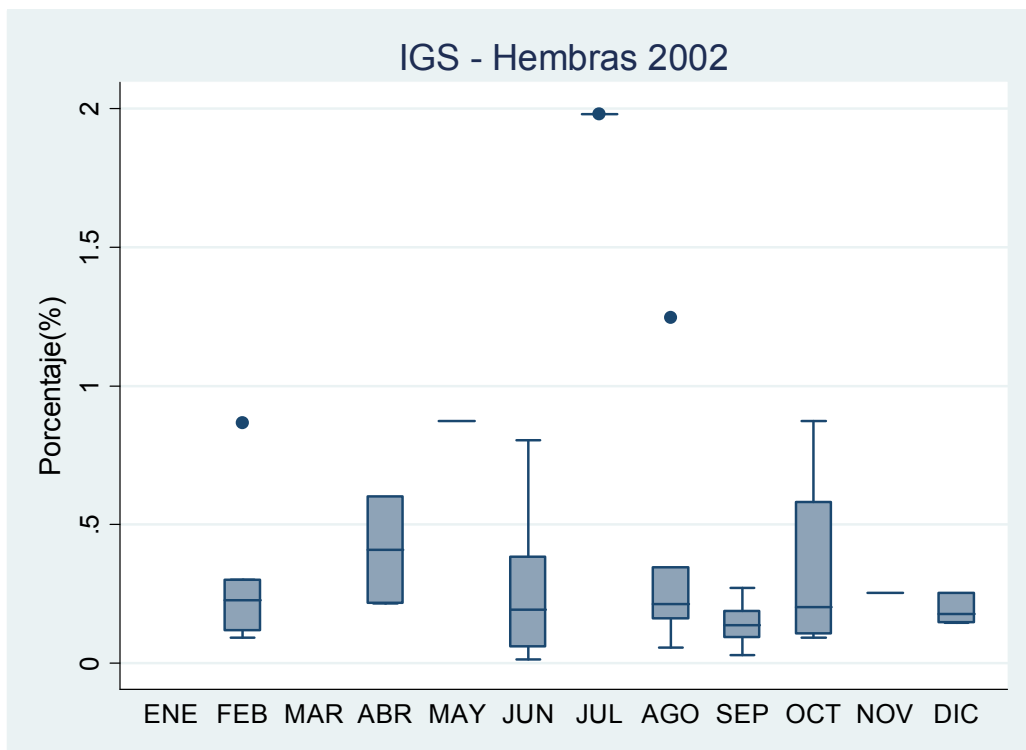


Fig. 56. Comportamiento temporal del índice gonadosomático para hembras de *O. niloticus*

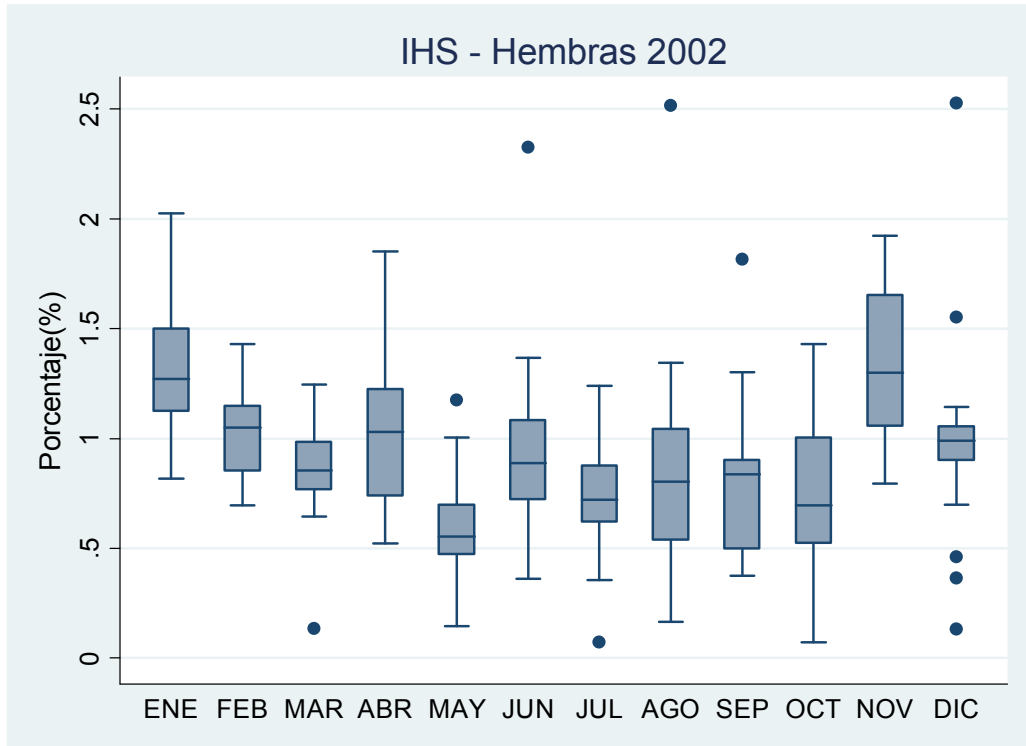


Fig. 57. Comportamiento temporal del índice hepatosomático para hembras de *O. niloticus*

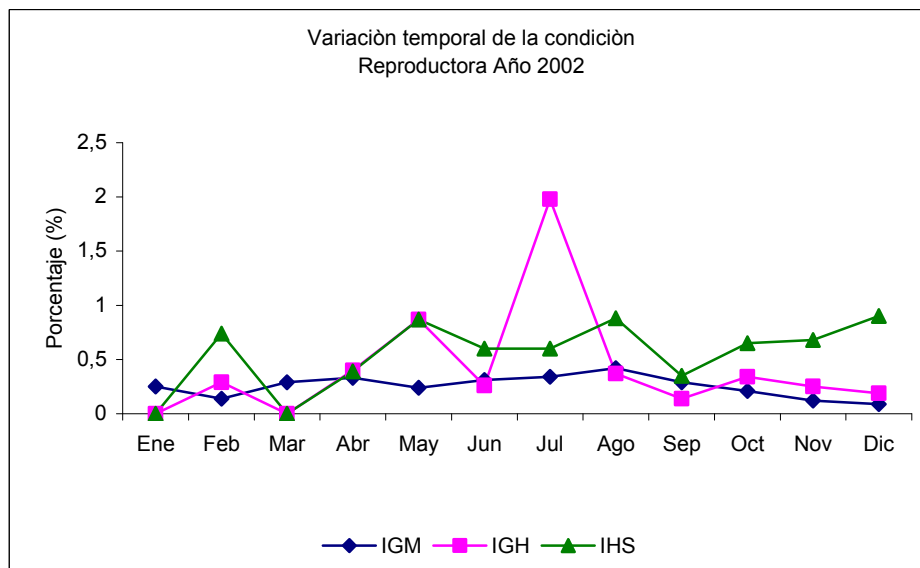


Fig. 58. Variación temporal de la condición reproductora de *O. niloticus*

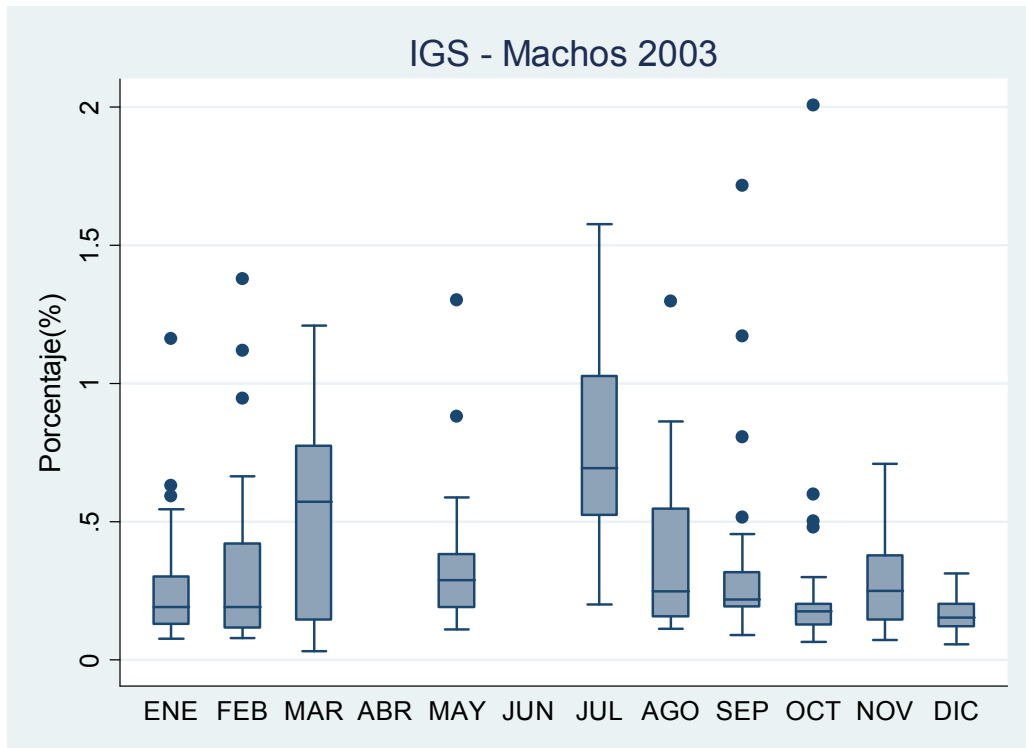


Fig. 59. Comportamiento temporal del índice gonadosomático para machos de *O. niloticus*

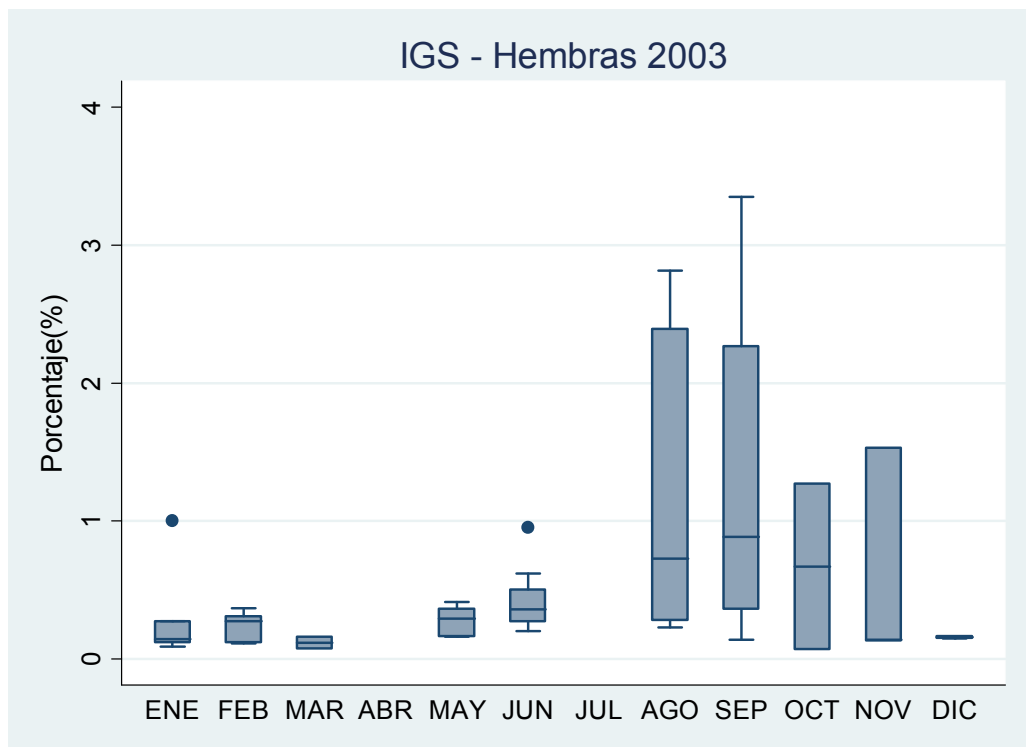


Fig. 60. Comportamiento temporal del índice gonadosomático para hembras de *O. niloticus*

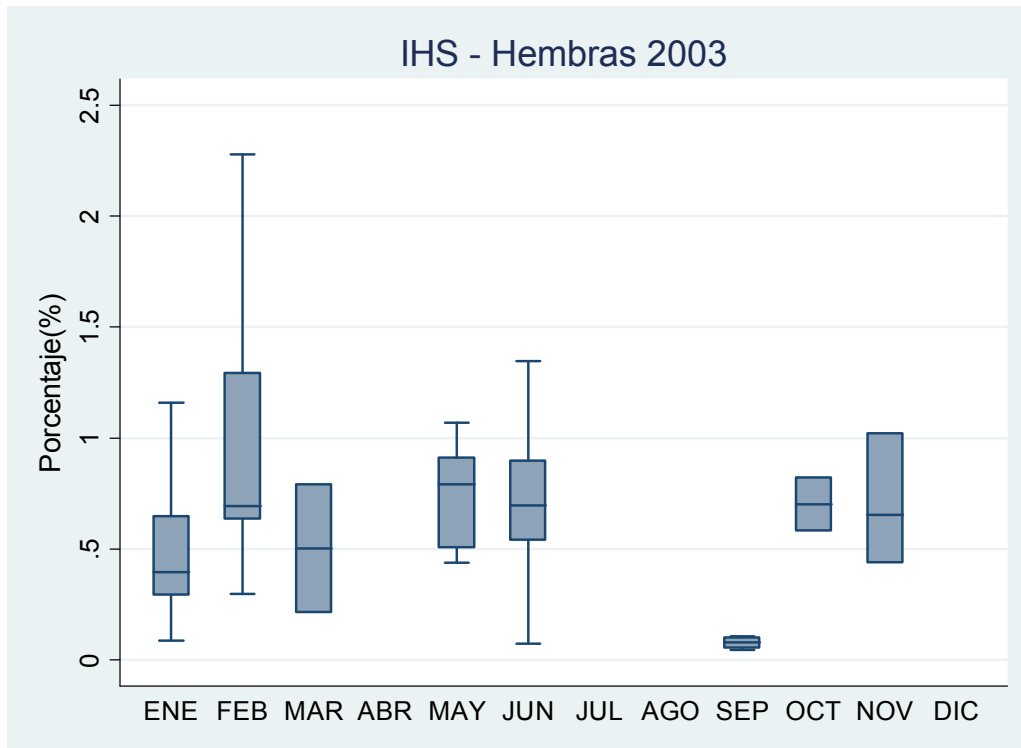


Fig. 61. Comportamiento temporal del índice hepatosomático para hembras de *O. niloticus*

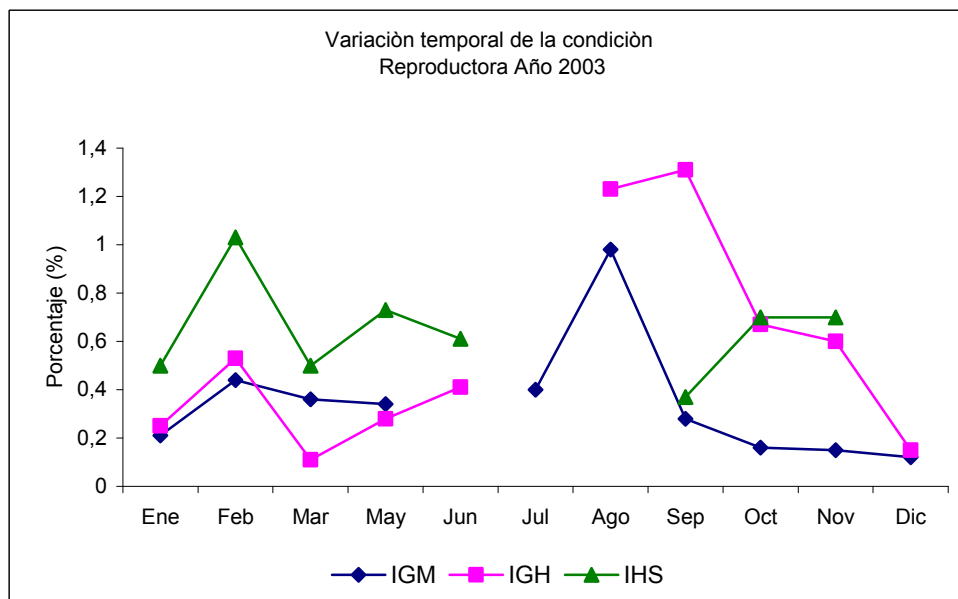


Fig. 62. Variación temporal de la condición reproductora de *O. niloticus*

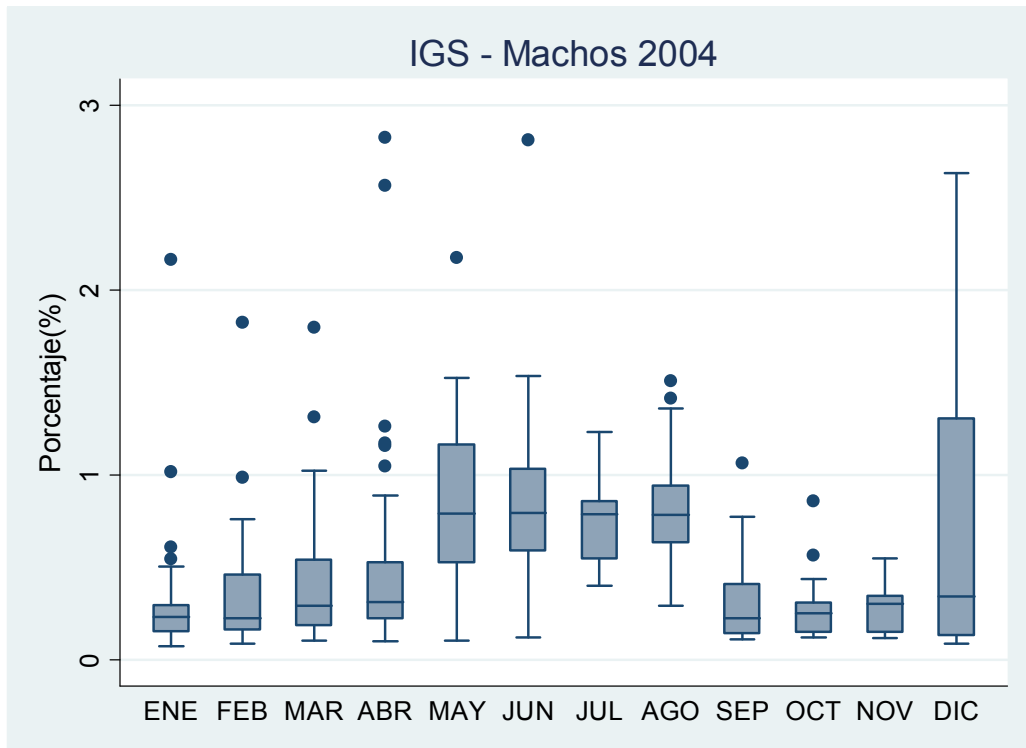


Fig. 63. Comportamiento temporal del índice gonadosomático para machos de *O. niloticus*

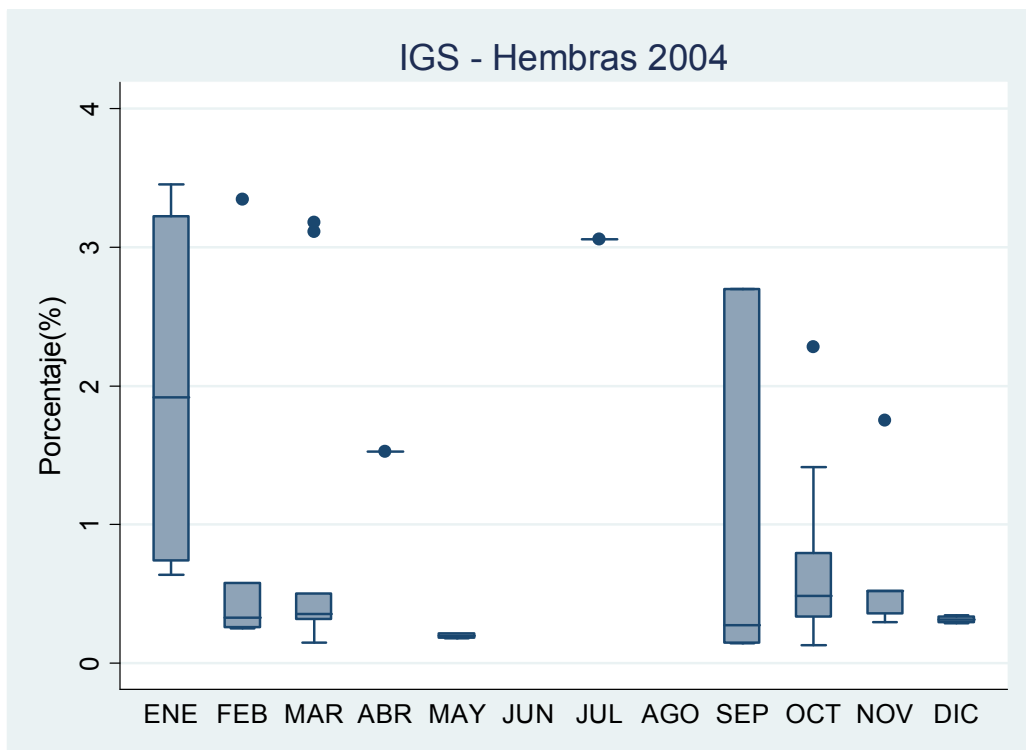


Fig. 64. Comportamiento temporal del índice gonadosomático para hembras de *O. niloticus*

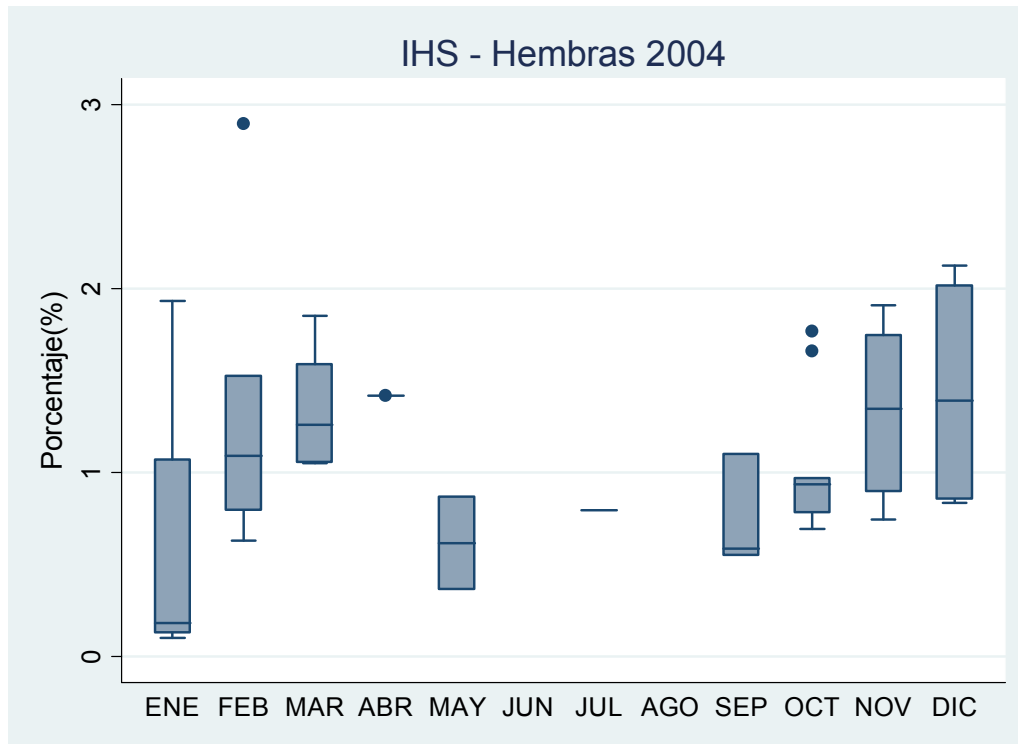


Fig. 65. Comportamiento temporal del índice hepatosomático para hembras de *O. niloticus*

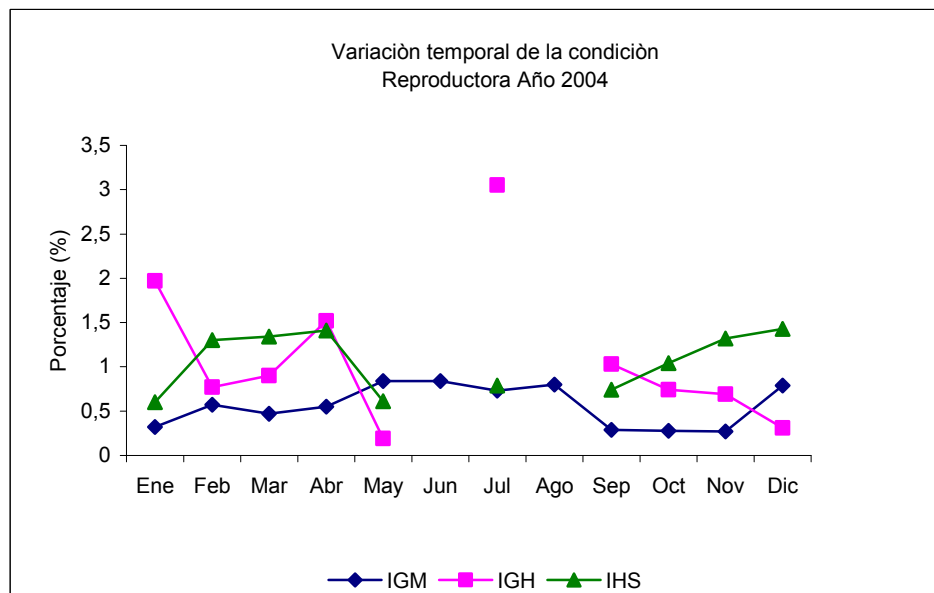


Fig. 66. Variación temporal de la condición reproductora de *O. niloticus*

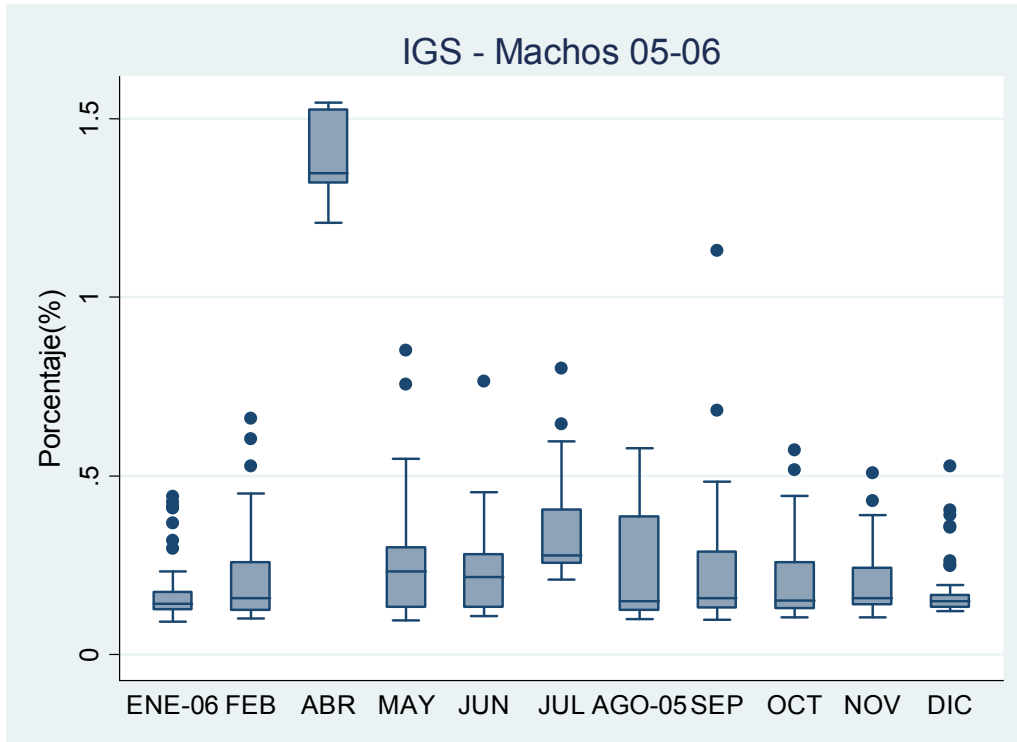


Fig. 67. Comportamiento temporal del índice gonadosomático de machos de *O. niloticus*

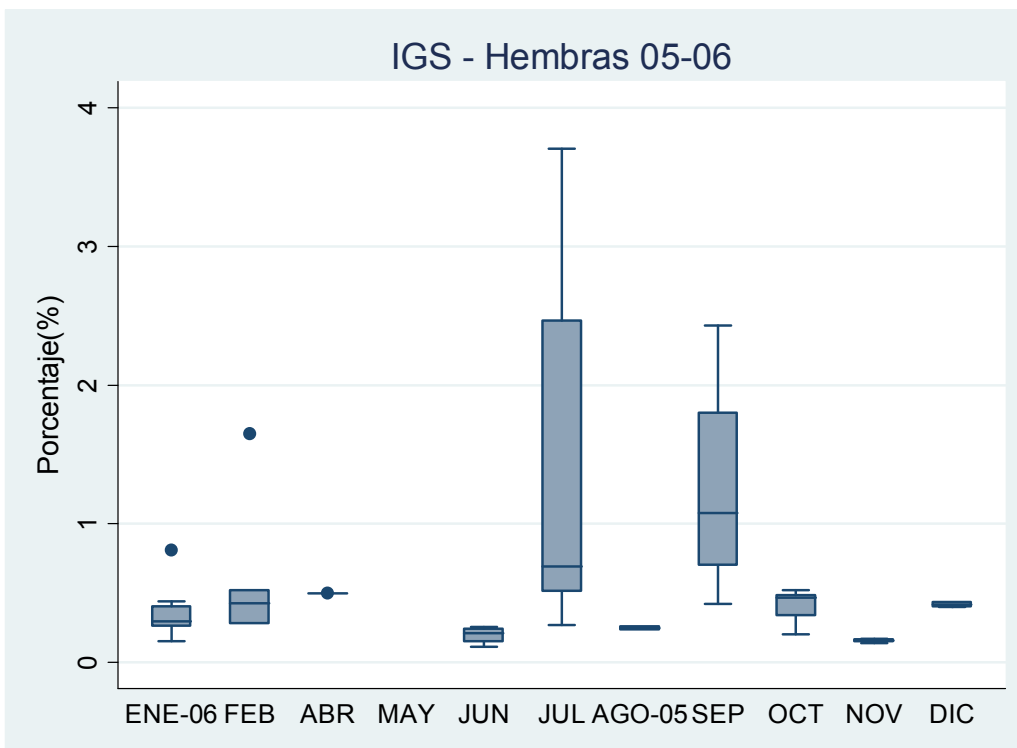


Fig. 68. Comportamiento temporal del índice gonadosomático de hembras de *O. niloticus*

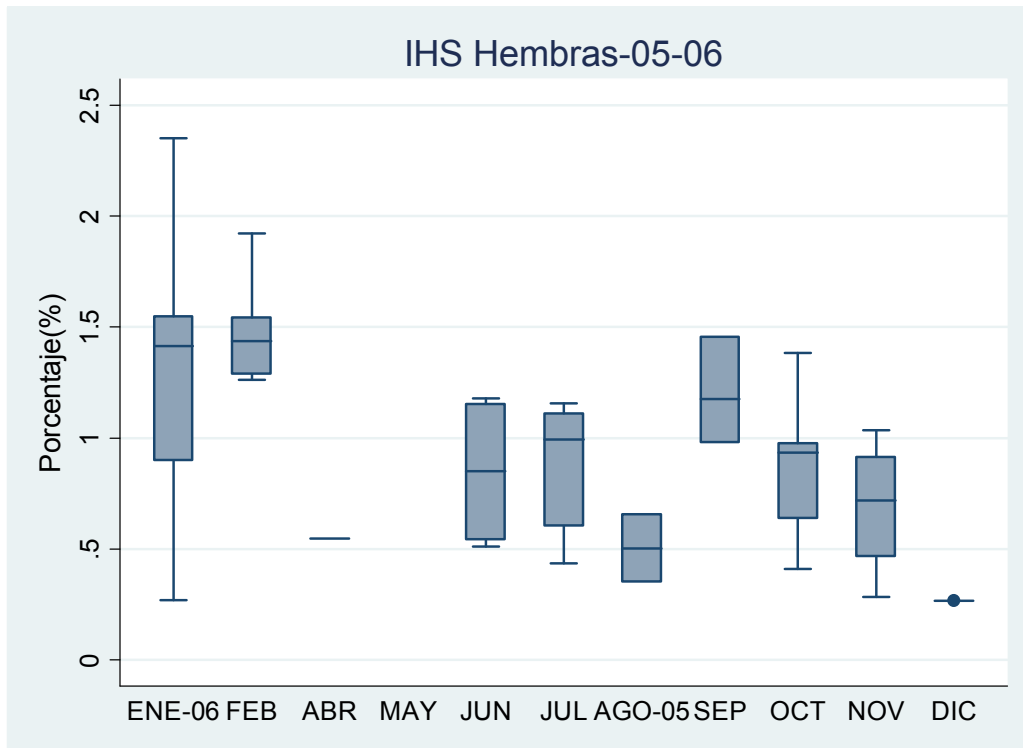


Fig. 69. Comportamiento temporal del índice hepatosomático de hembras de *O. niloticus*

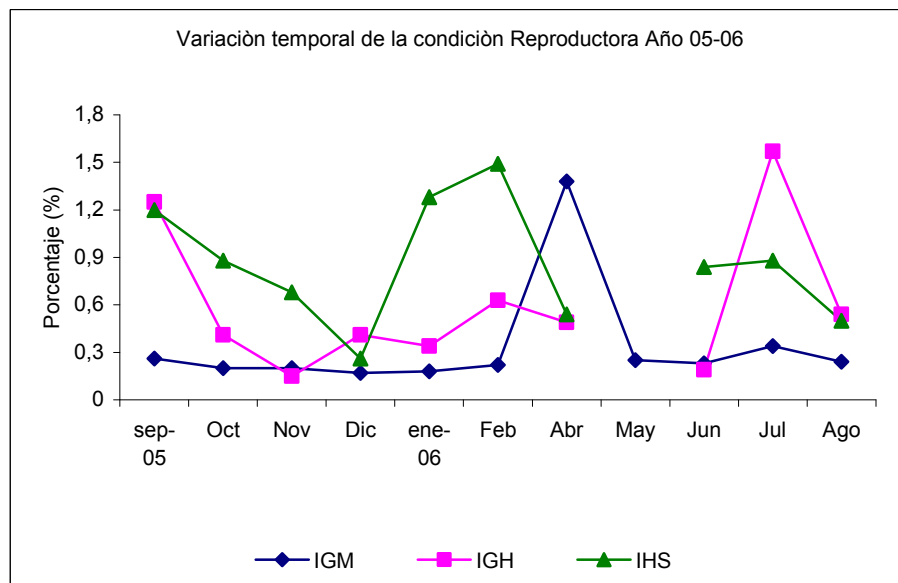


Fig. 70. Variación temporal de la condición reproductora de *O. niloticus*

Al analizar las diferentes fases de desarrollo gonadal de los organismos de *O. niloticus*, se encontró que en las hembras el 56.03 % coincidía con la fase de madurez gonádica en desarrollo (II) el 29.09 % se hallaba en la fase de maduración gonádica (III) y el 11.29 en la fase reproductiva (IV) y el 3.58 en la fase de posdesove o de descanso, por lo cual el 45.41 % total de las hembras se encontraba en el proceso de reproducción. Para el caso de los machos el porcentaje total de los que se encontraban en proceso de maduración fue de 40.38 %; ya que el 33.02 % se encontraba en maduración gonádica (III) y el 12.38 % en fase reproductiva (IV) y el 43.34 % se encontraba en fase de desarrollo.

De igual manera se presentan los porcentajes obtenidos de la madurez gonádica para cada año por sexo (Tabla. 19), en los cuales se observa una variabilidad temporal entre los estadios, pero no entre los porcentajes de machos y hembras para *O. niloticus* (Tabla. 17 y 18).

Tabla 17. Prueba de χ^2 de Friedman para machos de *O. niloticus*

Prueba de χ^2 de Friedman	
N	4
χ^2	1.857
Grados de libertad	5
Valor de <i>P</i>	0.869

Tabla 18. Prueba de χ^2 de Friedman para hembras de *O. niloticus*

Prueba de χ^2 de Friedman	
N	4
χ^2	1.594
Grados de libertad	5
Valor de <i>P</i>	0.902

Tabla 19. Porcentaje anual de los estadios de madurez gonádica de *O. niloticus*

Porcentaje de Madurez	Machos (%)	Hembras (%)
1999		
Estadio II	39.25	40.13
Estadio III	41.12	26.53
Estadio IV	14.48	12.24
Estadio V	5.14	21.08
Total organismos	214	147
2000		
Estadio II	47.422	40.32
Estadio III	33.50	37.09
Estadio IV	16.49	16.12
Estadio V	2.57	6.45
Total organismos	194	62
2002		
Estadio II	37.21	40.62
Estadio III	44.39	46.87
Estadio IV	12.10	9.37
Estadio V	6.27	3.12
Total organismos	223	32
2003		
Estadio II	58.45	55.07
Estadio III	26.47	28.98
Estadio IV	14.33	13.04
Estadio V	0.73	2.89
Total organismos	272	69
2004		
Estadio II	59.53	46.77
Estadio III	29.03	25.80
Estadio IV	10.85	12.90
Estadio V	0.58	14.51
Total organismos	341	62
2005-06		
Estadio II	73.72	39.06
Estadio III	14.88	48.43
Estadio IV	5.34	9.37
Estadio V	6.04	3.12
Total organismos	430	64

Para los datos pertenecientes al año de 1999, se registró que los machos se preparan para la reproducción (III) durante el periodo comprendido en febrero, julio y agosto y la fase de máximo desarrollo gonadal (IV) señaló sus máximos incrementos en abril y septiembre. Para las hembras el proceso de máxima reproducción (IV) se presenta en febrero, julio y septiembre; y un periodo de descanso comprendido en los meses de enero a septiembre.

No obstante durante todo el estudio se registraron estadios gonádicos en proceso de maduración (III) (Fig. 71).

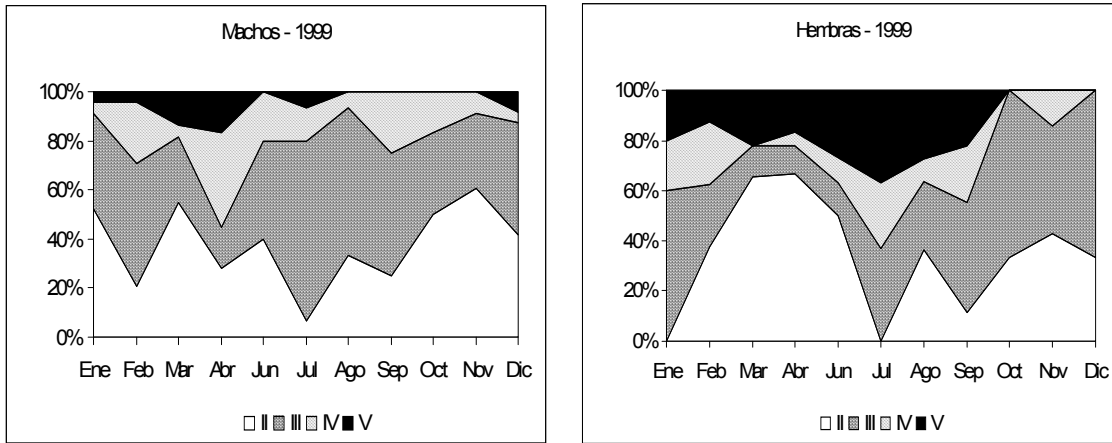


Fig. 71. Variación temporal de los estadios gonádicos de *O. niloticus* para el año 1999

En el año 2000 la proporción de estadios de madurez gonádica en hembras, se registraron durante todo el año; los estadios III y IV mostraron máximos en los meses de febrero y abril, presentando un incremento mayor en agosto, para recuperarse en septiembre. Así, para los machos el proceso de reproducción máxima (IV) se observó durante los meses de mayo y julio, aunque se pudo observar que se reproducen todo el año. (Fig. 72)

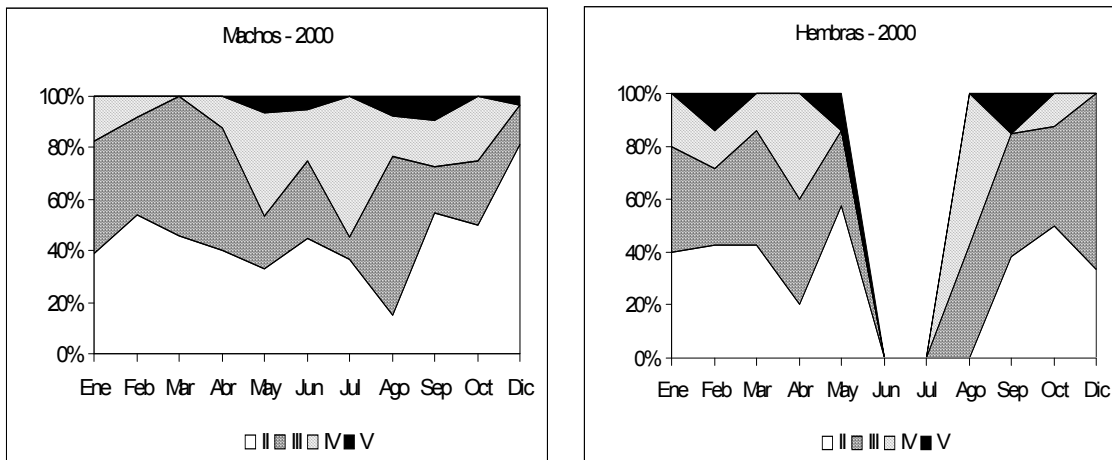


Fig. 72. Variación temporal de los estadios gonádicos de *O. niloticus* para el año 2000.

En el 2002 se obtuvo que las hembras se preparan para la reproducción (III) en el periodo comprendido entre los meses de febrero y abril, principios de junio hasta septiembre, mientras que el proceso de máxima reproducción (IV) se observó en los meses de abril y mayo. En este año, los machos registran su proceso de reproducción máxima (IV) en los meses de marzo a abril y en julio; sin embargo, se observa que en los meses de febrero y abril así como junio a septiembre se preparan para los máximos eventos de reproducción (III) que presenta la especie (Fig.73).

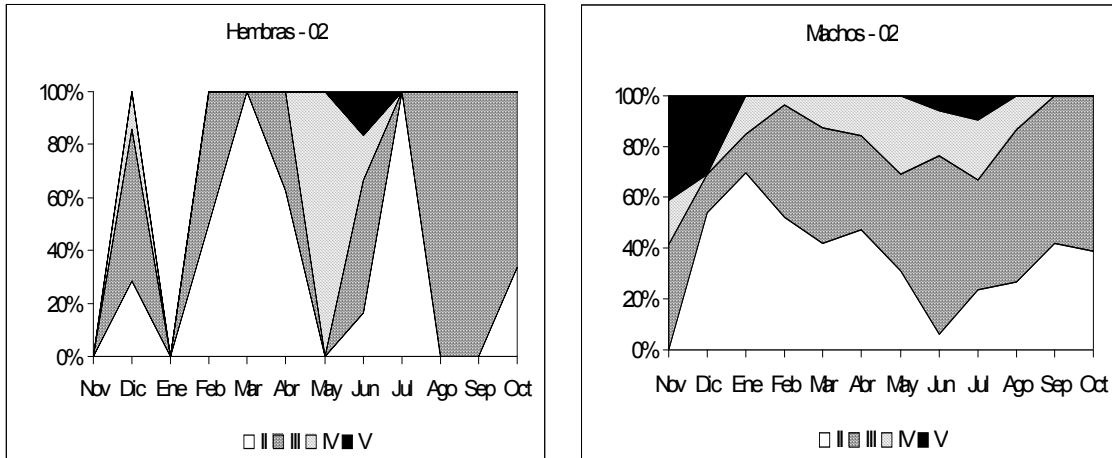


Fig. 73. Variación temporal de los estadios gonádicos de *O. niloticus* para el año 2002.

Con respecto a la variación de los estadios de madurez gonádica en el año 2003, las hembras respecto al estadio III mostraron sus máximos incrementos durante julio y agosto y el periodo de máxima reproducción (IV) se registró en los meses de septiembre a diciembre, para comenzar su periodo de descanso a partir de este mes. Para los machos se observó que estos se preparan para la reproducción (III) durante todo el año pero con incrementos superiores durante el periodo de julio a septiembre, presentando picos máximos de reproducción (IV) en los meses de marzo, mayo y septiembre y una fase de descanso durante agosto y noviembre (Fig. 74).

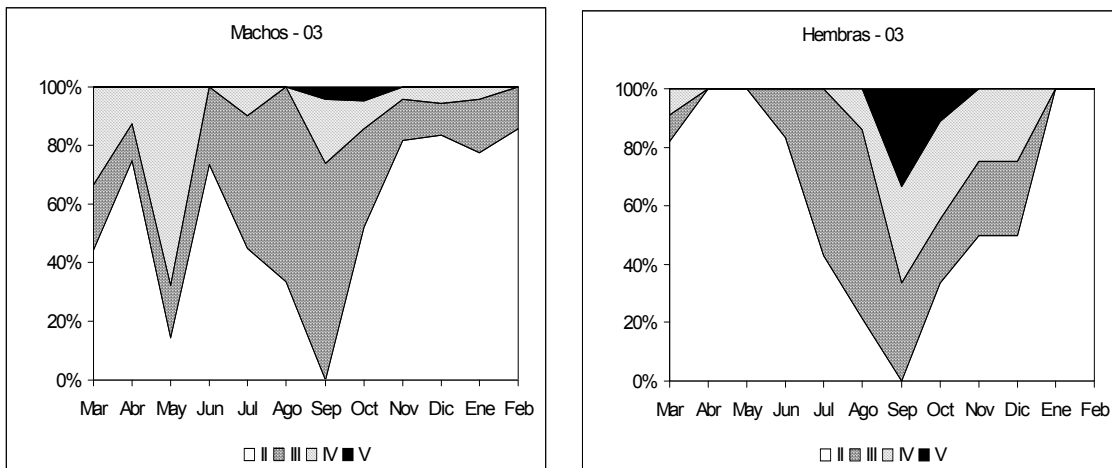


Fig. 74. Variación temporal de los estadios gonádicos de *O. niloticus* para el año 2003.

En este año (2004) se observa que las hembras se alistan a reproducirse en el periodo de junio a octubre, mientras que en el proceso de máxima reproducción (IV) se da en el periodo de julio a enero y el periodo de descanso (V) se presenta con tres picos máximos en junio, octubre y enero. Para el caso de los machos el proceso de máxima reproducción (IV) se observa durante todo el año, con incrementos en los meses de junio, agosto y febrero y presentando solo dos periodos de descanso (V) en los meses de mayo y diciembre (Fig. 75).

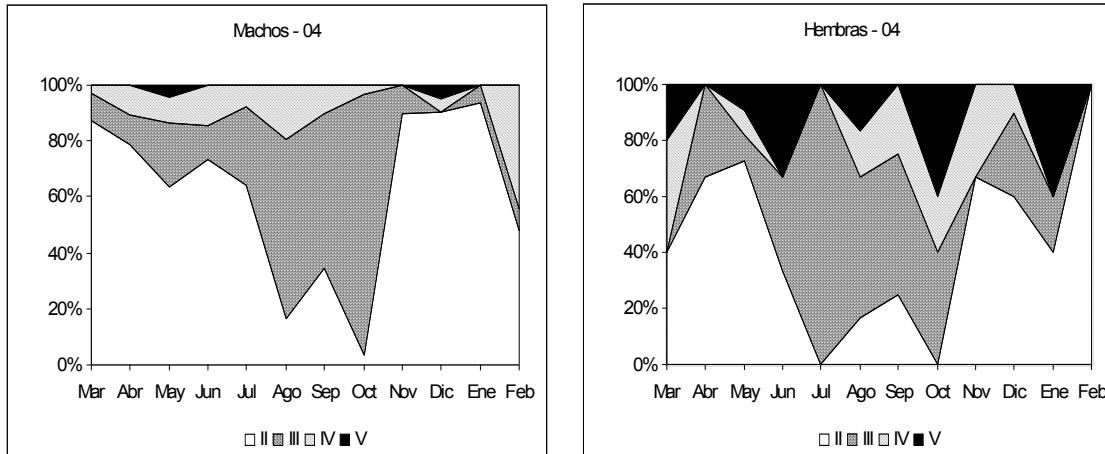


Fig. 75. Variación temporal de los estadios gonádicos de *O. niloticus* para el año 2004.

Para el periodo 2005-06 se observa que el periodo de máxima reproducción (IV) para las hembras ocurre de mayo a septiembre. Sin embargo, durante todo el estudio se registraron estadios gonádicos en proceso de maduración (III), con incrementos máximos en los meses de abril, julio y septiembre y un proceso de descanso en el mes de julio. Por el contrario estos manifiestan el estadio de máxima reproducción (IV) en julio y agosto y el periodo de descanso (V) mayor para ellos ocurre en febrero, mayo y agosto. No obstante, se registraron peces en proceso de maduración (III) todo el año (Fig. 76).

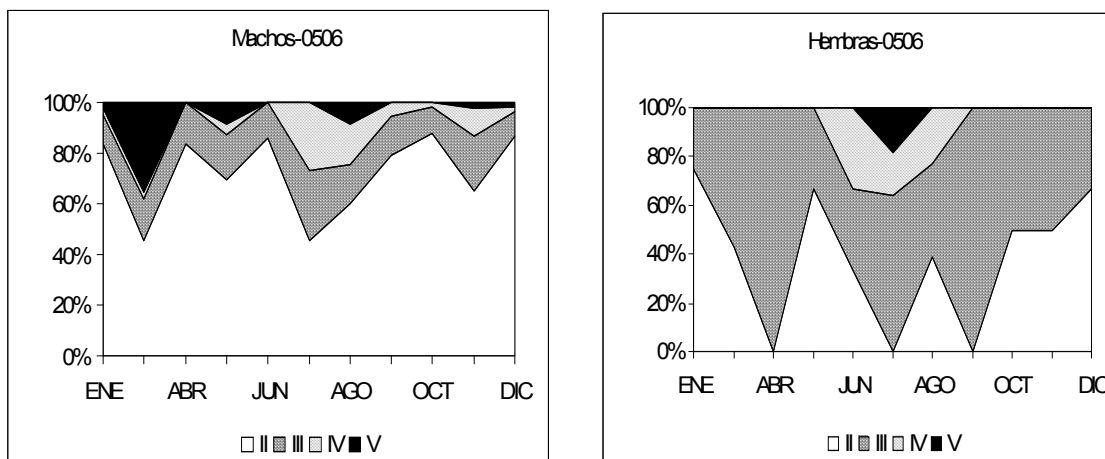


Fig. 76. Variación temporal de los estadios gonádicos de *O. niloticus* para el año 2005-06.

Talla de primera madurez sexual

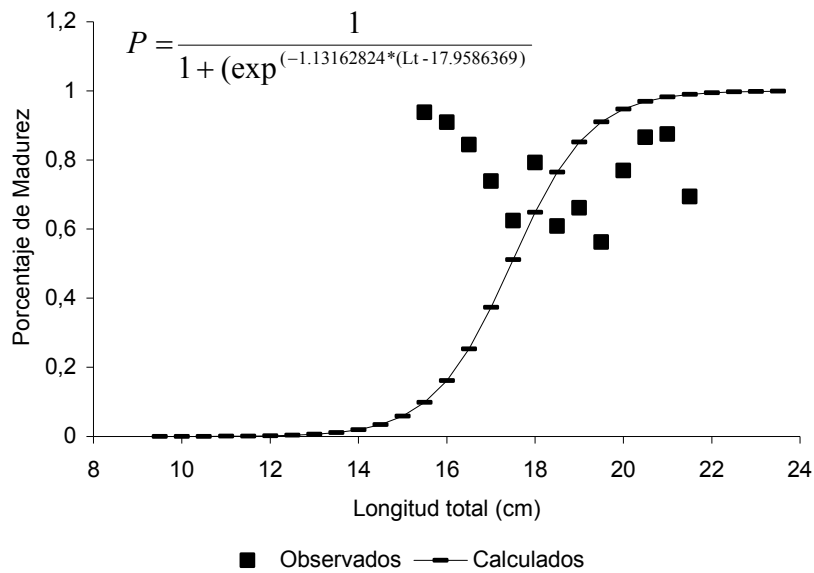
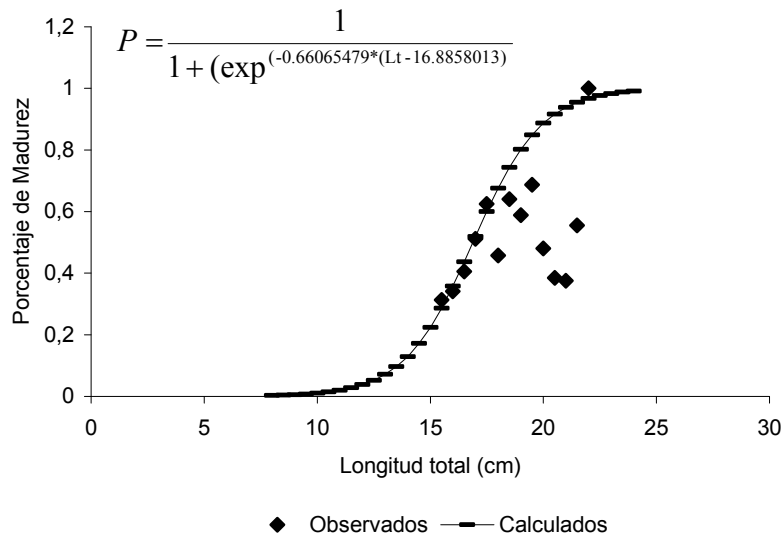
Para el conjunto de datos de los organismos de 1999 a 2005-06 se obtuvieron las tallas de primera madurez sexual para ambos sexos, donde se obtuvo la longitud total a la cual esta especie inicia el proceso de maduración y se construyeron las gráficas para ambos sexos y aquí solo se presentan las gráficas pertenecientes al año 1999 (Fig. 77-78). De igual manera se construyó la tabla con el resumen de las longitudes totales y los modelos de talla de primera madurez para los demás años de muestreo de *O. niloticus* (Tabla. 20-21).

Tabla. 20. longitud total obtenida para la madurez sexual de *O.niloticus*

Talla de primera Madurez sexual	Machos (cm)	Hembras (cm)
1999	17.9	16.8
2000	17.4	17.2
2002	15.0	17.0
2003	17.9	17.9
2004	17.6	16.6
2005-06	17.7	19.0

Tabla. 21. Modelo logístico para talla de primera madurez por sexo y por año para *O.niloticus*

Año	Modelo	
	Machos	Hembras
1999	$P = \frac{1}{1 + (\exp^{(-1.131*(Lt-17.9)})}$	$P = \frac{1}{1 + (\exp^{(-0.660*(Lt-16.8)})}$
2000	$P = \frac{1}{1 + (\exp^{(-0.913*(Lt-17.4)})}$	$P = \frac{1}{1 + (\exp^{(-1.450*(Lt-17.2)})}$
2002	$P = \frac{1}{1 + (\exp^{(-1.318*(Lt-15.0)})}$	$P = \frac{1}{1 + (\exp^{(-1.660*(Lt-17.0)})}$
2003	$P = \frac{1}{1 + (\exp^{(-3.763*(Lt-17.9)})}$	$P = \frac{1}{1 + (\exp^{(-0.650*(Lt-17.9)})}$
2004	$P = \frac{1}{1 + (\exp^{(-13.97*(Lt-17.3)})}$	$P = \frac{1}{1 + (\exp^{(-0.862*(Lt-16.6)})}$
2005-06	$P = \frac{1}{1 + (\exp^{(-2.188*(Lt-17.7)})}$	$P = \frac{1}{1 + (\exp^{(-2.322*(Lt-19.0)})}$

Fig. 77. Talla de primera madurez sexual para machos de *O. niloticus* para el año 1999Fig. 78. Talla de primera madurez sexual para hembras de *O. niloticus* para el año 1999

Los valores de las medias ajustadas del peso de la gónada, hígado y peso eviscerado se hicieron de igual forma para la base de datos pertenecientes a *Oreochromis niloticus*, de los años 1999 al 2004, así como para el año en muestreo 2005-06 y para ambos sexos, esto con la finalidad de obtener los resultados del análisis multivariado de covarianza (ANAMUCOVA).

Los resultados del ANAMUCOVA se presentan gráficamente (Fig.79-84). Estas gráficas muestran los valores medios ajustados por la covariada así como la significancia de los cambios en las medias ajustadas la cual se evaluó de forma previa.

De manera general el comportamiento presentado por las medias ajustadas, en el caso del peso de la gónada, sigue la misma tendencia para todos los años en estudio. Presentando siempre dos picos que concuerdan con la época reproductiva de la especie, a lo largo del año. La primera ligeramente menor, registrándose casi siempre de febrero a marzo (época de secas) y la segunda comprendida entre los meses de junio-agosto (época de lluvias); aquí los valores mínimos se registraron en un periodo sucesivo al máximo. En cuanto a lo referido a las medias del peso del hígado y peso eviscerado estos presentaron un aumento previo al valor máximo de la gónada. El análisis por sexos mostró la misma tendencia siendo ligeramente mayor el peso de los machos a comparación con las hembras pero de igual forma presentando dos picos reproductivos a lo largo del año. En las hembras se observó una tendencia semejante a la de los machos también (Fig. 85, 86, 87, 88, 89).

Así mismo se observa el comportamiento de los valores medios ajustados por la covariada y clasificados por la fecha de muestreo para las poblaciones en general así como por sexo. Así el peso del hígado y el peso eviscerado se comportan de manera similar entre si, asimismo se presenta una relación inversa entre las medias del peso del hígado y las medias del peso de la gónada en todas las graficas y se indica los cambios en la significancia estadística las cuales se corroboraron mediante pruebas con un nivel de significancia del 0.05.

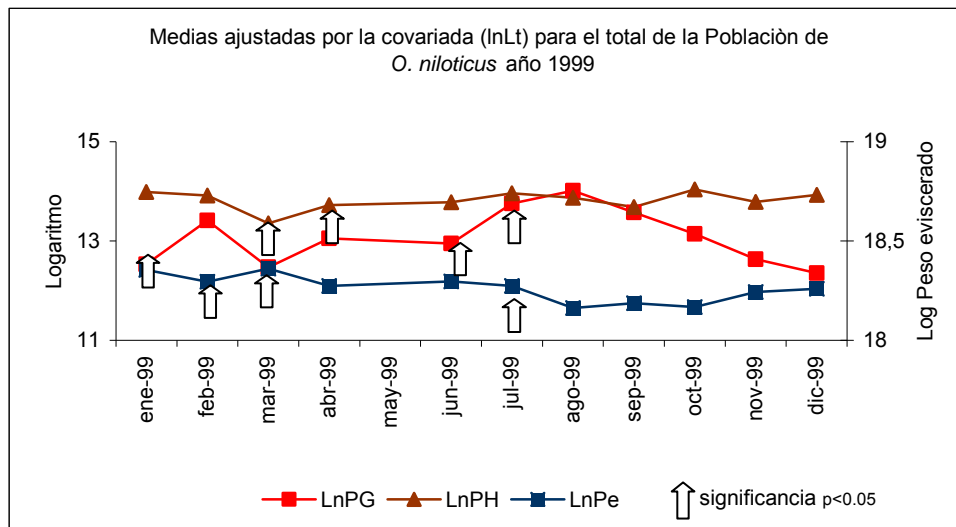


Fig. 79. Variación mensual de las medias del peso eviscerado, hígado y gónada ajustadas para la población de *O. niloticus* año 1999

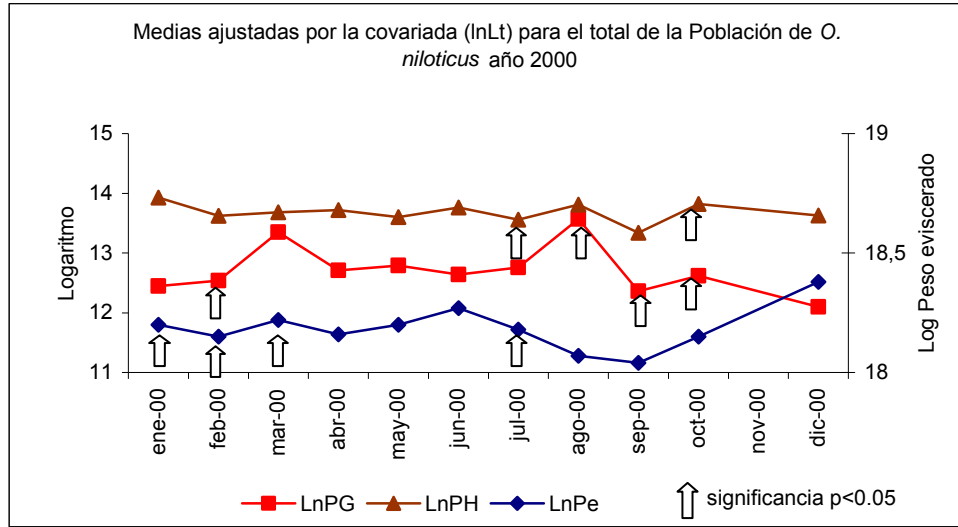


Fig. 80. Variación mensual de las medias del peso eviscerado, hígado y gónada ajustadas para la población de *O. niloticus* año 2000

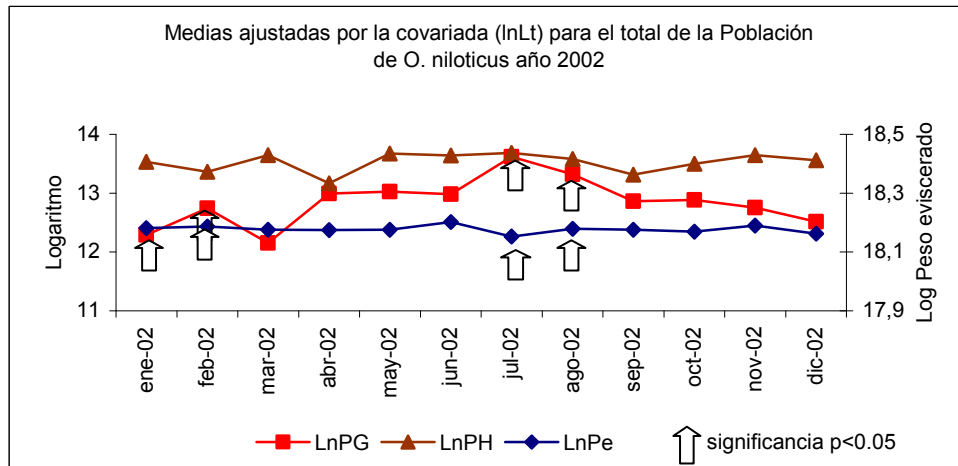


Fig. 81. Variación mensual de las medias del peso eviscerado, hígado y gónada ajustadas para la población de *O. niloticus* año 2002.

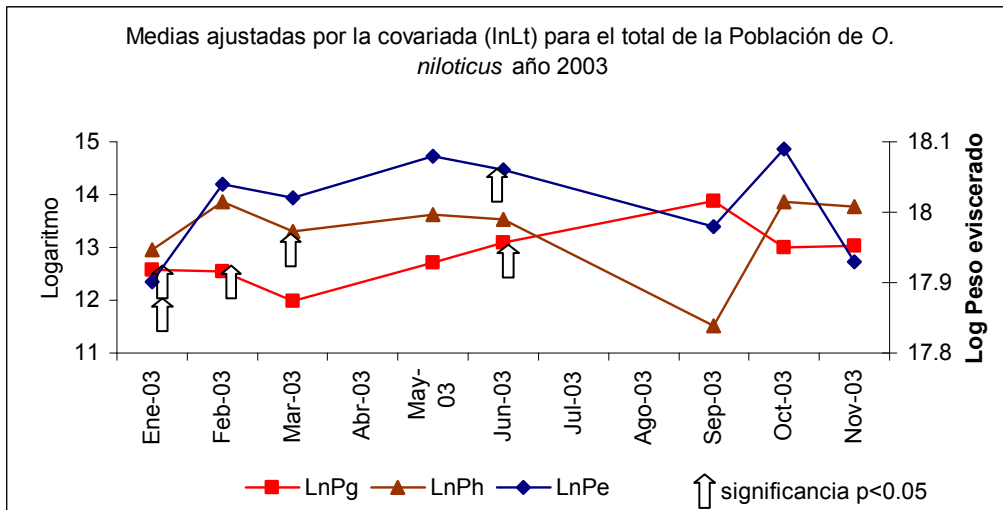


Fig. 82. Variación mensual de las medias del peso eviscerado, hígado y gónada ajustadas para la población de *O. niloticus* año 2003.

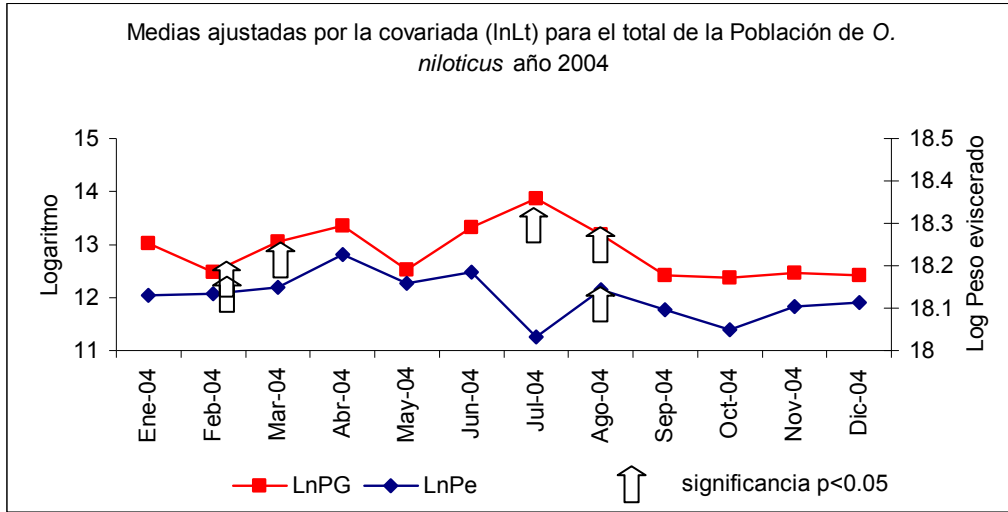


Fig. 83. Variación mensual de las medias del peso eviscerado, hígado y gónada ajustadas para la población de *O. niloticus* año 2004.

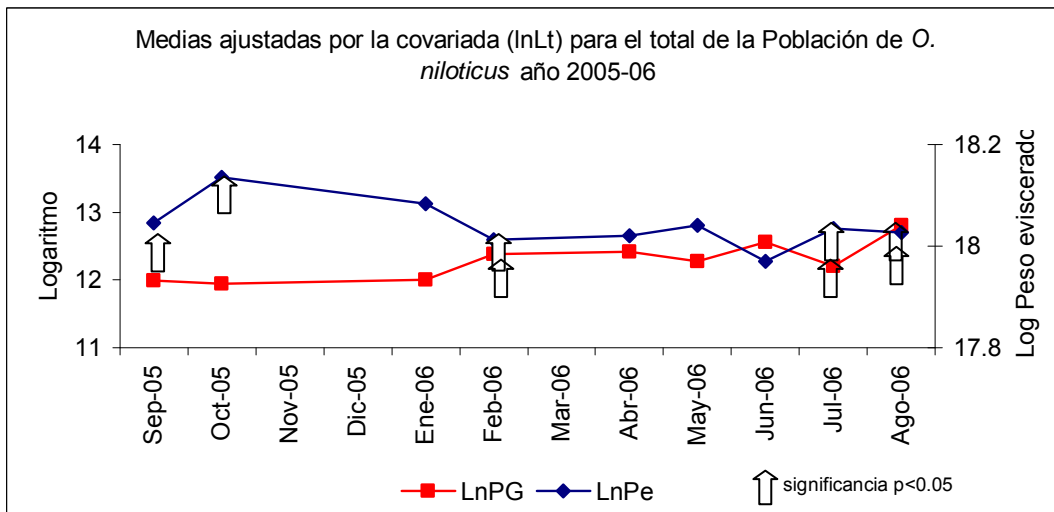


Fig. 84. Variación mensual de las medias del peso eviscerado, hígado y gónada ajustadas para la población de *O. niloticus* año 2005-06

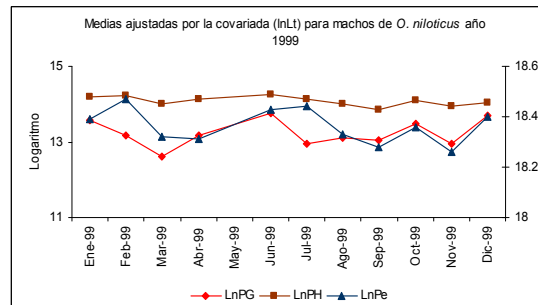
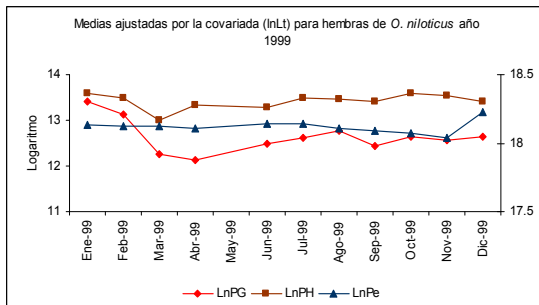


Fig. 85. Variación mensual de las medias del peso eviscerado, hígado y gónada ajustadas para hembras y machos de *O. niloticus* año 1999

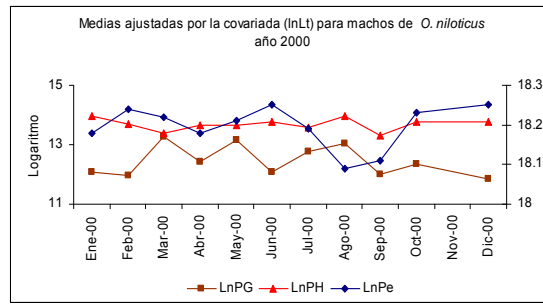
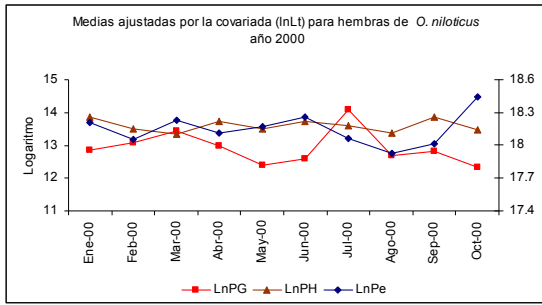


Fig. 86. Variación mensual de las medias del peso eviscerado, hígado y gónada ajustadas para hembras y machos de *O. niloticus* año 2000

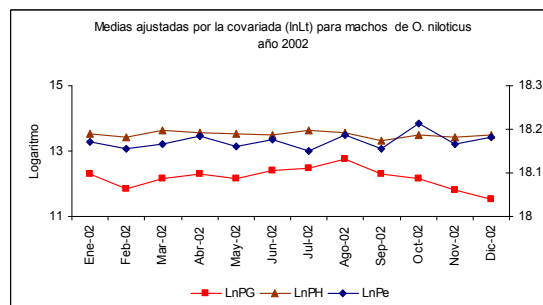
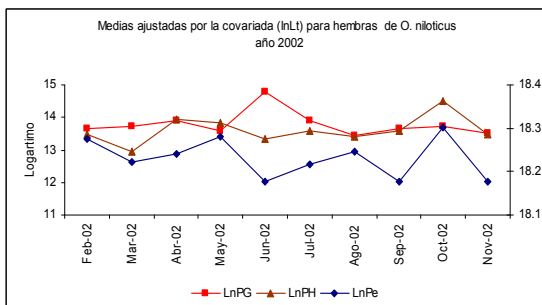


Fig. 87. Variación mensual de las medias del peso eviscerado, hígado y gónada ajustadas para hembras y machos de *O. niloticus* año 2002

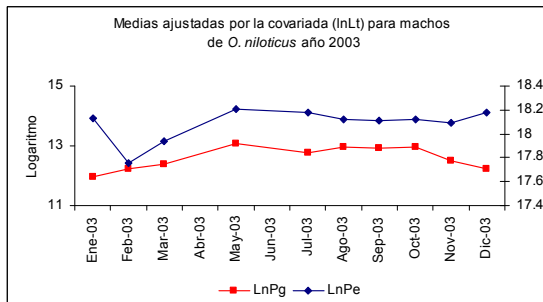
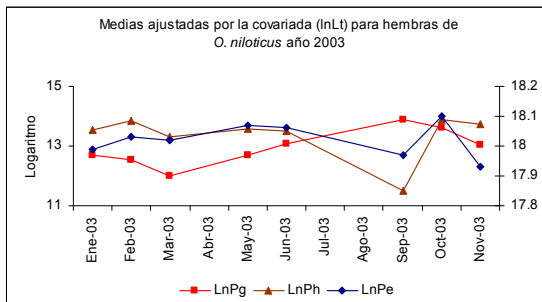


Fig. 88. Variación mensual de las medias del peso eviscerado, hígado y gónada ajustadas para hembras y machos de *O. niloticus* año 2003

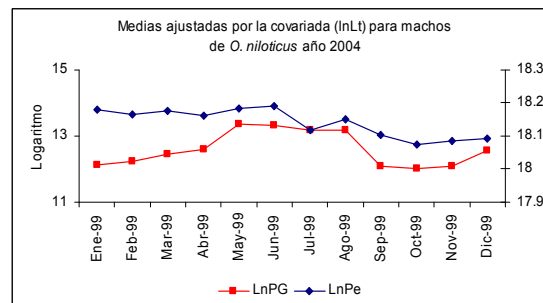
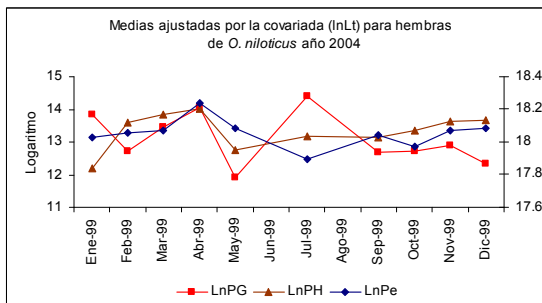


Fig. 89. Variación mensual de las medias del peso eviscerado, hígado y gónada ajustadas para hembras y machos de *O. niloticus* año 2004.

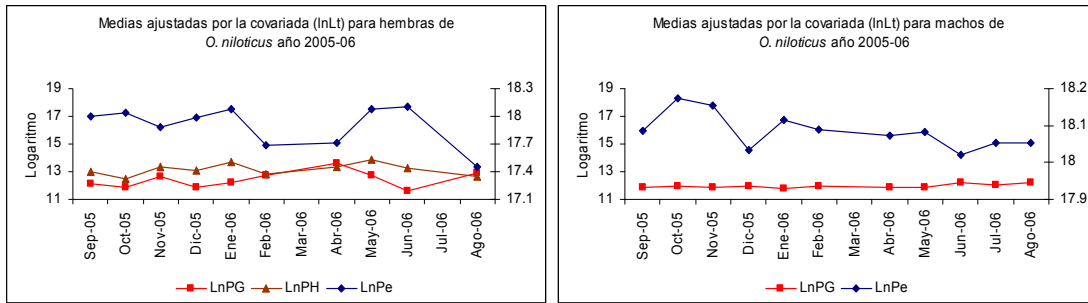


Fig. 90. Variación mensual de las medias del peso eviscerado, hígado y gónada ajustadas para hembras y machos de *O. niloticus* año 05-06.

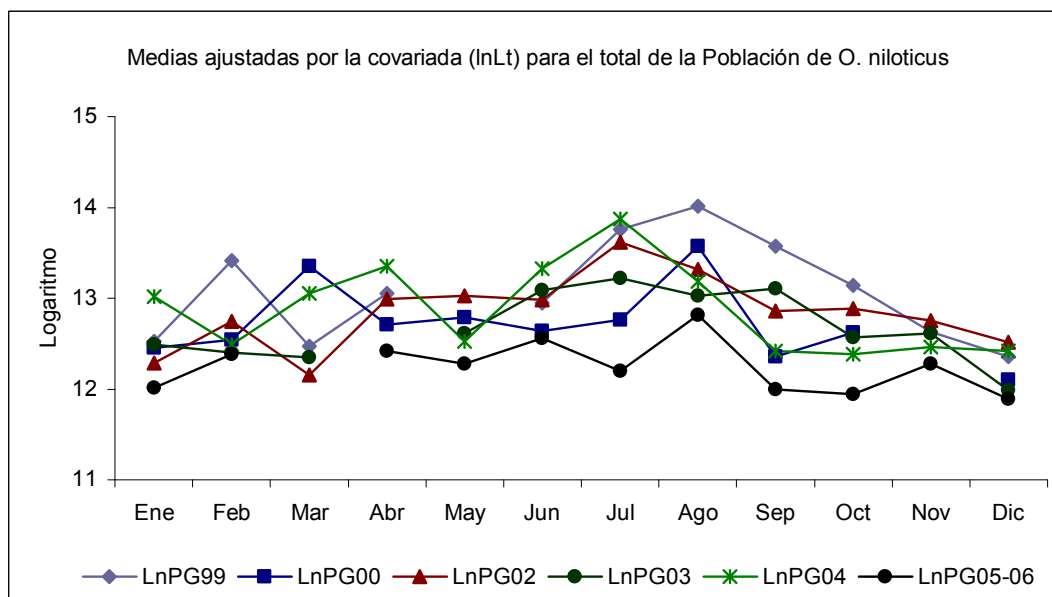


Fig. 91. Variación anual de las medias del peso de la gónada ajustadas a la longitud total para el total de los datos de *O. niloticus*

Como una aproximación final se consideraron los datos pertenecientes a la variación anual de las medias del peso de la gónada, ajustadas por la covariada (longitud total) examinadas en los diferentes años (Fig.91), los cuales expresan la misma tendencia en su comportamiento, ya que indican dos periodos de reproducción, uno muy rápido y menor pero limitado el cual se presenta en época de secas (Febrero a Junio) y después otro periodo en el cual se da la máxima madurez reproductiva que corresponde a la época de lluvias (Julio a Octubre).

Distribución de frecuencia de tallas

Para llevar a cabo la exploración de distribución de frecuencias de tallas se aplicó el análisis de densidad por kernel (Salgado-Ugarte *et al*, 2002) el cual, mediante el uso de reglas prácticas o métodos de muestreo repetitivo con remplazamiento, permite establecer la amplitud o el tamaño de banda adecuado para el conjunto de datos y así obtener un número de modas estadísticamente significativo para una distribución. En primer lugar se utilizó el ancho de banda para kernel Gaussiano propuesto Silverman (Tabla 22).

Tabla. 22. Parámetros de suavización sugeridos para la elección de la amplitud del intervalo/banda para *O. niloticus*.

Algunas reglas practicas para la elección y amplitud de intervalo/banda para estimación de densidad por histogramas, polígonos de frecuencia y estimadores por kernel.	
HEMBRAS 1999 Enero n = 33	
Amplitud de banda optima Gaussiana de Silverman	0.5968
Amplitud de banda optima mejorada de Hardle	0.7029
Amplitud de banda sobreesuavizada para kernel Gaussiano de Scott	0.8291
MACHOS – 1999 Octubre n = 73	
Amplitud de banda optima Gaussiana de Silverman	0.3111
Amplitud de banda optima mejorada de Hardle	0.3665
Amplitud de banda sobreesuavizada para kernel Gaussiano de Scott	0.4027
POBLACION – 1999 Febrero n = 117	
Amplitud de banda optima Gaussiana de Silverman	0.6950
Amplitud de banda optima mejorada de Hardle	0.8185
Amplitud de banda sobreesuavizada para kernel Gaussiano de Scott	0.8912
POBLACION – 2000 Octubre n = 101	
Amplitud de banda optima Gaussiana de Silverman	0.5990
Amplitud de banda optima mejorada de Hardle	0.7053
Amplitud de banda sobreesuavizada para kernel Gaussiano de Scott	1.1006
POBLACION – 2002 Febrero n = 61	
Amplitud de banda optima Gaussiana de Silverman	0.3343
Amplitud de banda optima mejorada de Hardle	0.3937
Amplitud de banda sobreesuavizada para kernel Gaussiano de Scott	0.5485
POBLACION – 2003 Septiembre n = 26	
Amplitud de banda optima Gaussiana de Silverman	0.5193
Amplitud de banda optima mejorada de Hardle	0.6117
Amplitud de banda sobreesuavizada para kernel Gaussiano de Scott	0.6601
POBLACION – 2004 n = 404	
Amplitud de banda optima Gaussiana de Silverman	0.3214
Amplitud de banda optima mejorada de Hardle	0.3786
Amplitud de banda sobreesuavizada para kernel Gaussiano de Scott	0.4740
POBLACION - 05 – 06 Enero n = 79	
Amplitud de banda optima Gaussiana de Silverman	0.4176
Amplitud de banda optima mejorada de Hardle	0.4919
Amplitud de banda sobreesuavizada para kernel Gaussiano de Scott	0.7454

En la tabla 22 se muestran los estimadores de densidad por kernel gaussiano por la amplitud de banda de Silverman (h) para los años de 1999 al 2006 con excepción del año 2001.

Para los datos obtenidos en cada uno de los años en estudio se determinaron las amplitudes de banda, posteriormente se trazaron los estimadores de densidad por kernel gaussiano correspondiente a cada periodo (Fig.92); estos muestran distribuciones que van de una hasta seis modas. Para el año 1999 se determinó el ancho de banda para la población y para ambos sexos, y para los demás años solo se determinó para las poblaciones.

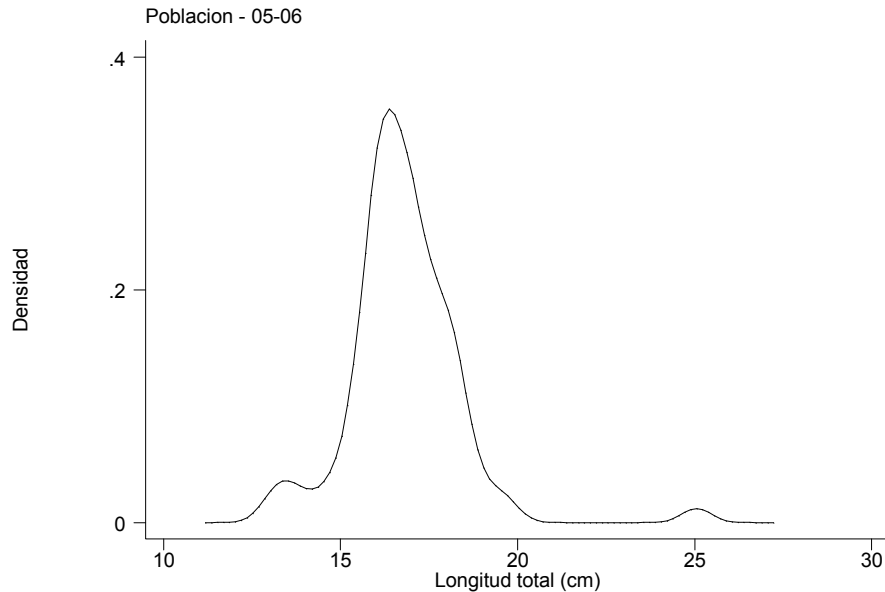


Fig.92. Estimador de densidad por kernel gaussiano con amplitud de banda de ($h=0.4176$) para longitud total de *O.niloticus* año 2005-2006.

Prueba de multimodalidad de Silverman

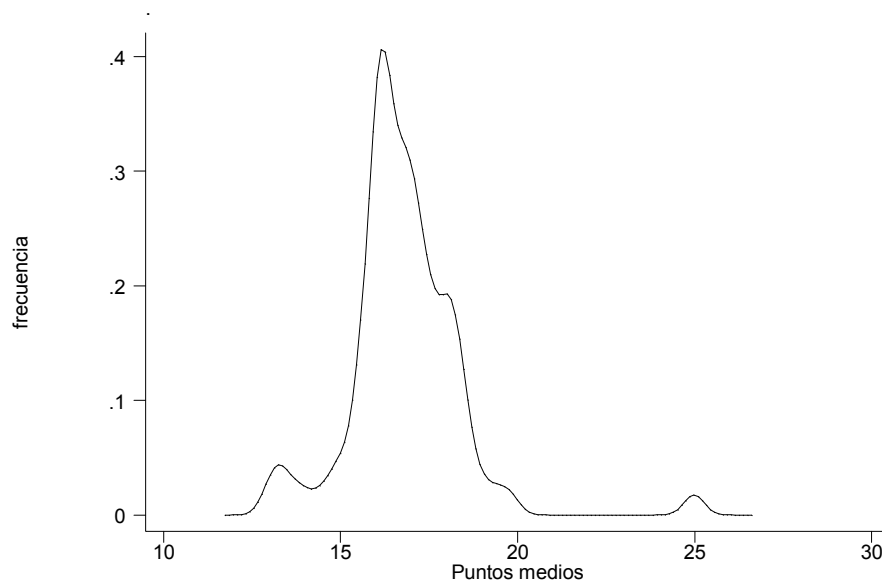
Para las diferentes poblaciones con los cuales se realizaron los análisis de estimación de densidad por kernel se realizó la determinación de la amplitud óptima de banda mediante la prueba de multimodalidad de Silverman, (bootstrap suavizado $B=2000$) aplicado a todos los datos a excepción del año 2003 el cual solo se trabajó con la regla empírica de banda óptima de Silverman y posteriormente se aplicó el método de Bhattacharya.

En la composición de tallas para las diferentes poblaciones de *O. niloticus* las distribuciones con banda óptima de Silverman sugirieron una multimodalidad con un mínimo de 3 modas para todos los años, lo que indica que existieron organismos de distintas tallas (Fig.93).

Así mismo se analizaron las amplitudes críticas de banda con sus correspondientes valores p para los datos de longitud de *O.niloticus*, (Tabla.23) estos resultados indicaron que la distribución de longitudes es consistente con la ocurrencia de modas las cuales variaron de cuatro a seis modas por año analizado. Esto nos proporcionó una evidencia sólida para apoyar la multimodalidad de los datos además de asegurar el número correcto de modas.

Tabla.23. Amplitudes críticas de banda y niveles de significancia estimados para los datos de Longitud de *O. niloticus* (continuación)

.Amplitudes críticas de banda y niveles de significancia estimados para los datos de Longitud de <i>O. niloticus</i> .		
Población B = 2000 n = 404 2004		
Número de modas	Amplitud crítica	Valor de P
1	1.4800	0.0100
2	0.5700	0.1600
3	0.3000	0.2700
4	0.2740	0.4900
Amplitud sugerida para la prueba	(0.2740+0.30)/2	0.2875
Poblacion b = 2000 n = 79 2005-06		
1	1.4800	0.0100
2	0.5700	0.1900
3	0.3010	0.2800
4	0.2840	0.4900
Amplitud sugerida para la prueba	(0.28+0.3010)/2	0.2905

Fig.93. Estimador de densidad por kernel gaussiano con amplitud de banda de ($h=0.2905$) para longitud total de la poblacion de *O.niloticus* año 2005-06.

Una vez obtenida la distribución con un número de modas estadísticamente significativo, las distribuciones multimodales se analizaron mediante el método de Bhattacharya con el fin de caracterizar a los componentes gaussianos individuales. Por este método se registraron hasta 5 grupos de talla para cada determinado grupo de datos. Una vez obtenidos los valores de cada componente se obtuvo la suma de los mismos para cada muestra (Fig.94).

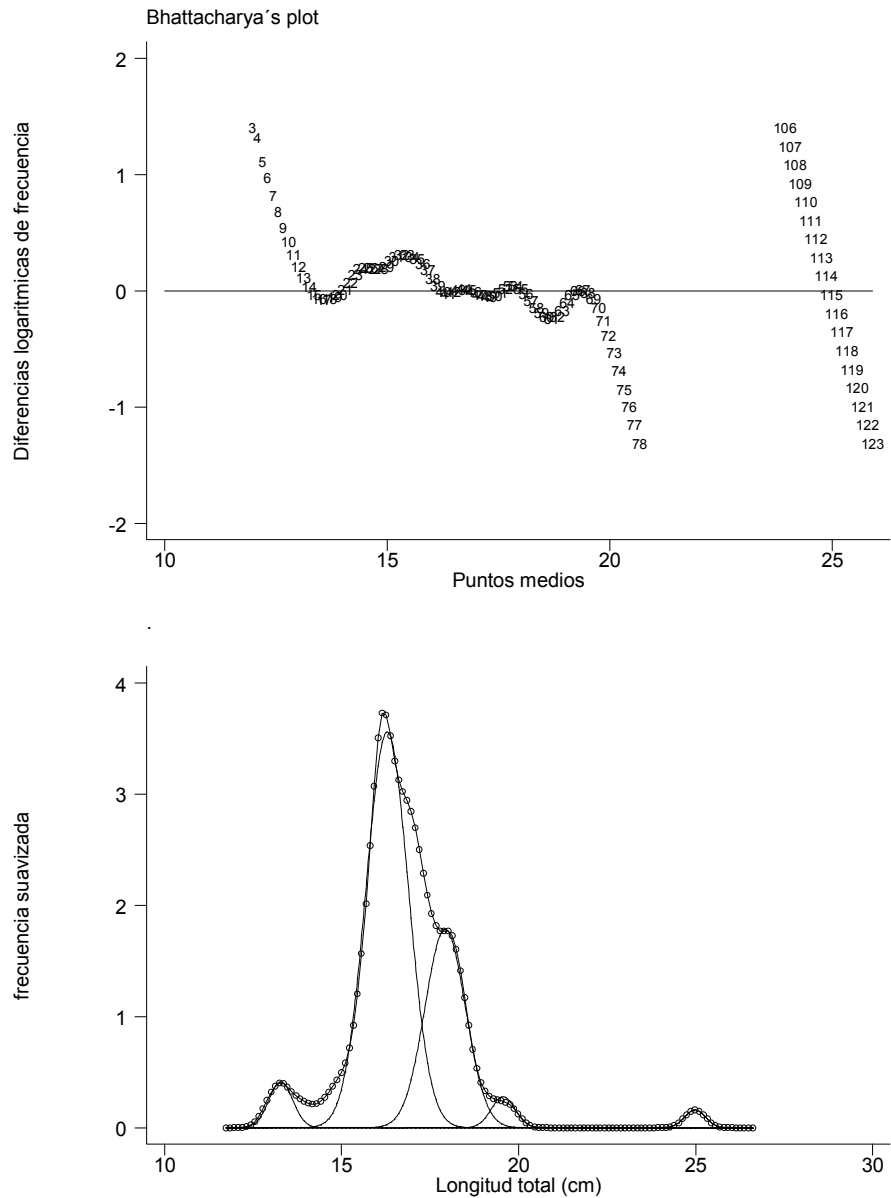


Fig.94. Aplicación del metodo de Bhattacharya para la distribución de frecuencia de tallas suavizadas y componentes gaussianos delimitados dentro del estimador de densidad por kernel gaussiano correspondiente al muestreo de la población del año 2005-06.

Tabla.24. Valores promedio de Longitud Total (cm) por grupos de edad obtenidos mediante el método de Bhattacharya para los años en estudio.

	0	1	2	3	4	5
Hembras 99		13.3750	16.3164	18.3755	19.8272	20.8521
Machos 99		15.1039	16.2599	17.3364	18.5228	19.3400
Población 99	8.9600	16.0833	18.5207	20.6116	22.1947	23.7602
Población 00		15.4747	17.6210	18.6931	20.5742	21.8073
Población 02	8.1984	11.2240	16.7979	18.0189	19.3295	22.0109
Población 03		14.8631	16.4097	17.4831	18.7803	19.0240
Población 04	8.8031	13.4093	14.9929	19.0091	20.6551	13.4093
Población 05-06		13.3672	16.2629	18.2119	19.4482	22.0265

Con los valores de los componentes gaussianos obtenidos mediante el método de Bhattacharya y la edad asignada de 0 a 3 años, con base en la distribución de frecuencias, pudieron estimarse los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy (1938) (FCVB) mediante los métodos tradicionales de Ford-Walford (1949), Gulland (1969), Gulland-Holt(1959), Beverton-Holt (1957), así como por regresión no lineal. (Tabla.25).

Tabla.25 . Parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy (FCVB) mediante los metodos tradicionales

Poblacion 99	L_{∞}	W_{∞}	K	t0	r^2
Ford-Walford	24.1091		0.5676		0.9440
Gulland	24.1091		0.5676		0.9077
Gulland-Holt	30.0431		0.3981		0.9780
Beverton -Holt			0.3995	-0.8970	0.9996
Regresión no lineal	29.5589	315.6534	0.4170	-0.8682	1.0000
Población 00					
Ford-Walford	29.2828		0.1525		0.9509
Gulland	29.2828		0.1525		0.9445
Gulland-Holt	31.1781		0.2575		0.8492
Beverton -Holt			0.2558	-1.1874	0.9930
Regresión no lineal	35.12007	219.3504	0.19256	-0.53882	0.9999
Población 02					
Ford-Walford	27.3671		0.2463		0.8729
Gulland	27.3671		0.2463		0.3488
Gulland-Holt	31.1213		0.3677		0.2018
Beverton -Holt			0.3584	0.3584	0.9707
Regresión no lineal	26.8791	299.44	0.5133	-0.1828	0.9980
Población 03					
Ford-Walford	20.4725		0.3423		0.9405
Gulland	20.4725		0.3423		0.7249
Gulland-Holt	20.7192		0.6276		0.6278
Beverton -Holt			0.6556	-0.4172	0.9780
Regresión no lineal	21.0110	152.57	0.6011	-0.5370	0.9999
Población 04					
Ford-Walford	23.4358		0.3146		0.9419
Gulland	23.4558		0.3146		0.6893
Gulland-Holt	24.1002		0.5739		0.5893
Beverton -Holt			0.5678	-0.2962	0.9860
Regresión no lineal	25.1984	246.29	0.4836	-0.4307	0.9993
Población 0506					
Ford-Walford	21.8860		0.4175		0.9997
Gulland	21.8860		0.4175		0.9990
Gulland-Holt	21.8872		0.8229		0.9986
Beverton -Holt			0.8358	-0.1289	1.0000
Regresión no lineal	21.8871	176.34	0.8362	-0.1277	1.0000

A partir de los valores de los parámetros de la FCVB obtenidos por la técnica de regresión no lineal se generaron las curvas de crecimiento para los años en análisis (Tabla.26). Además se trazaron las curvas estimadas por los modelos y los valores determinados por grupo de edad. (Fig.95).

Tabla.26. Resumen de los parámetros de crecimiento de von Bertalanffy obtenidos por regresión no lineal para datos de longitudes de *O. niloticus*.

	L_{∞}	W_{∞}	K	t_0	r^2
Población 99	29.5589	315.653	0.4170	-0.8682	1.0000
Población 00	35.1200	219.350	0.1925	-1.5388	0.9999
Población 02	26.8791	299.44	0.5133	-0.1828	0.9980
Población 03	21.0110	152.57	0.6011	-0.5370	0.9999
Población 04	25.1984	246.29	0.4836	-0.4307	0.9993
Población 05	21.8871	176.34	0.8362	-0.1277	1.0000

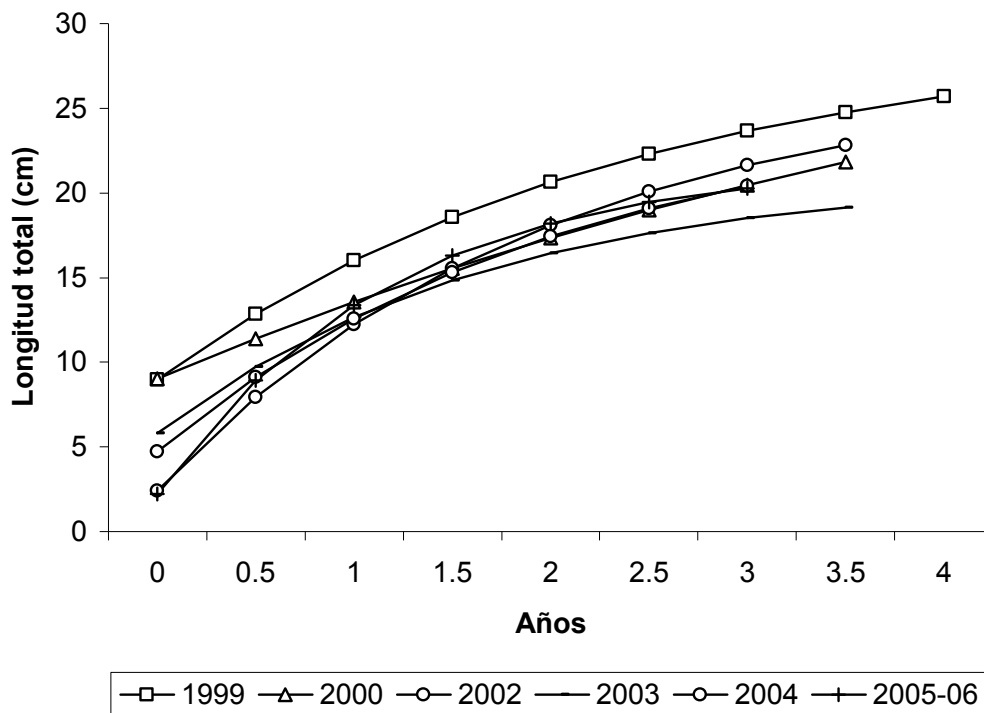


Fig.95. Relación entre la talla y edad de *Oreochromis niloticus* por medio del análisis de frecuencia de tallas.

Dadas las relaciones entre peso total-longitud total además del valor de la longitud asintótica o infinita, se determinó el peso asintótico para el peso total (W_t) . (Fig.96).

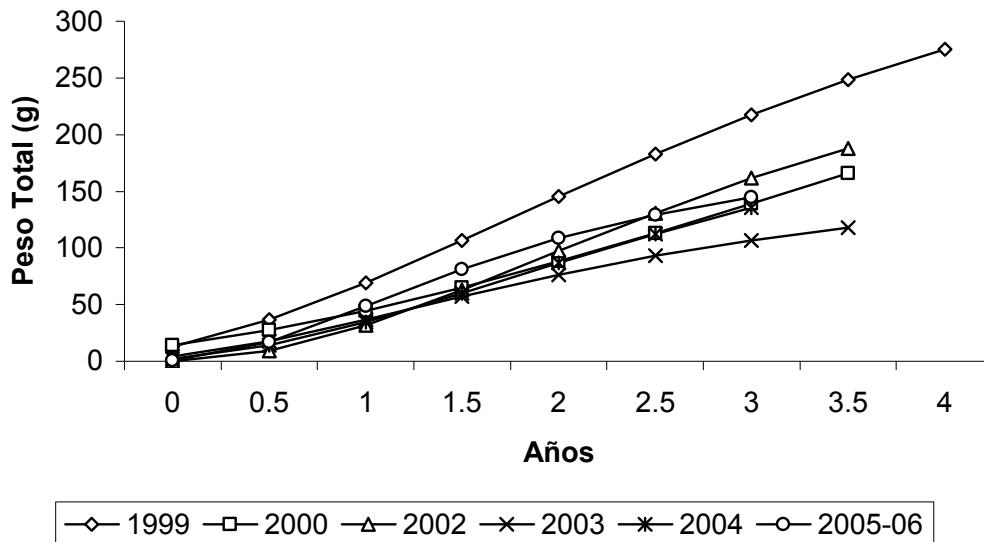


Fig.96 . Relacion entre el peso y edad de *Oreochromis niloticus* por medio del analisis de frecuencia de tallas.

Para el año 1999 se obtuvieron los parámetros de FCVB para cada sexo, pudieron estimarse los parámetros de los modelos de crecimiento de von Bertalanffy (1938) (FCVB) mediante los métodos tradicionales de Ford-Walford (1949), Gulland (1969), Gulland-Holt (1959), Beverton-Holt (1957) (Tabla.27.), así como por regresión no lineal. Se determinó además para cada sexo el peso asintótico para el peso total (Fig.97) a diferencia de los demás años de estudio donde no se pudo llevar a cabo este análisis dado que la cantidad de machos fue superior a la de hembras y se optó por tomar los datos como la población en general. (Fig.98).

Tabla.27. Parámetros de los modelos de crecimiento de von Bertalanffy (FCVB) mediante los métodos tradicionales para ambos sexos *O. niloticus* pertenecientes al año 1999.

Método	L_{∞}	W_{∞}	K	t_0	r^2
Hembras 1999					
Ford-Walford	23.2663		0.3525		1.000
Gulland	23.2663		0.3525		1.000
Gulland-Holt	23.2663		0.6977		1.000
Beverton -Holt			0.7048	-0.2135	1.000
nl vbgf	23.2677	206.152083	0.7044	-0.2142	1.000
Machos 1999					
Ford-Walford	29.8337		0.0848		0.9923
Gulland	29.8337		0.0848		0.5029
Gulland-Holt	30.4031		0.1621		0.4608
Beverton -Holt			0.1645	-3.1623	0.9985
nl vbgf	31.9900	226.8368	0.1466	-3.3502	1.000

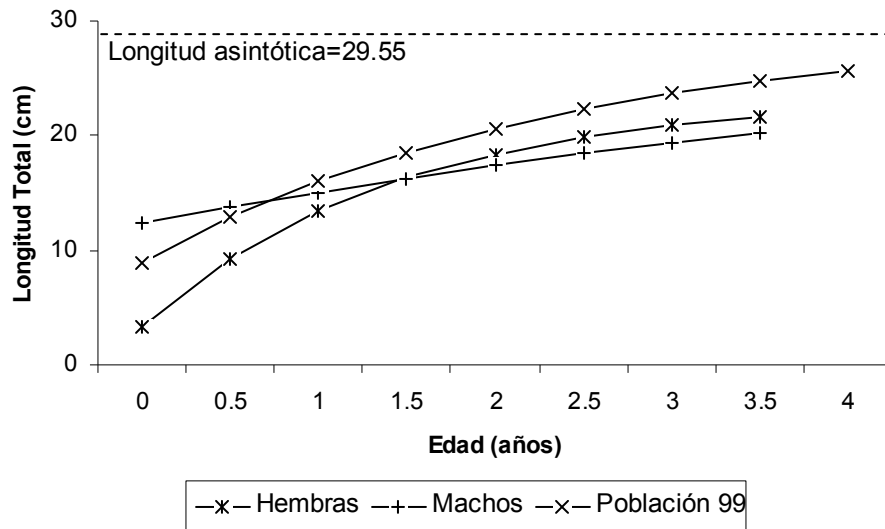


Fig.97 . Relación entre la talla y edad de *Oreochromis niloticus* por medio del análisis de frecuencia de tallas para ambos sexos.

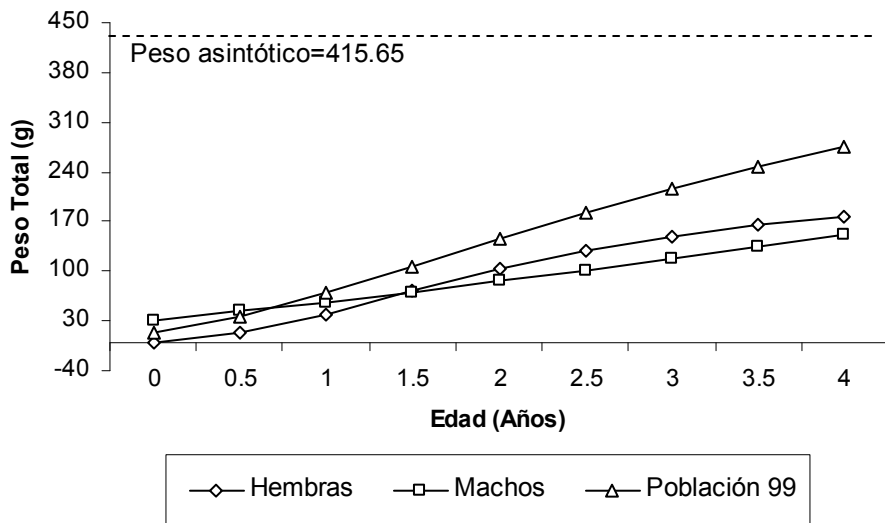


Fig. 98. Relación entre el peso y edad de *Oreochromis niloticus* por medio del análisis de frecuencia de tallas para ambos sexos.

Para concluir con el trabajo programado, se aplicó el análisis multivariado de la T^2 de Hotelling para analizar el crecimiento entre dos poblaciones de peces (en este caso hembras y machos) de *O. niloticus* pertenecientes al año 1999, a través de la comparación de los parámetros de crecimiento de la ecuación de von Bertalanffy(1938) (L_{∞} , K y t_0), con esto se determina cual es el parámetro que tiene mayor peso y es mas significativo en la ecuación de crecimiento para ambas poblaciones. Con esta prueba se describen por separado los efectos de los diferentes parámetros observados en la ecuación.

Con el resultado de este análisis multivariado se muestra que el valor crítico que mas influye en la diferencia de ecuaciones de crecimiento es el valor de K, el cual es el parámetro cuya diferencia presentó mayor significancia. (Tabla.28).

Tabla.28 . Resultados de la prueba multivariada entre los parametros del crecimiento de machos y hembras de *O. niloticus*.

=====

Prueba multivariada para la comparacion dela funcion del crecimiento
De dos poblaciones (basada en Bernard, 1981)

Matrix s	Matrix S inversa								
38.51625 -.19256063 -8.349647 .00096508 .04200413 1.8475456	22.4834819 6068.91927 -36.3674684 1737024.66 -12064.0494 110.462451								
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; padding: 5px;"> -8.7223 0.2789 6.2720 </td> <td style="padding: 5px;"> = [P1 - P2]' </td> </tr> </table>		-8.7223 0.2789 6.2720	= [P1 - P2]'						
-8.7223 0.2789 6.2720	= [P1 - P2]'								
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;"> $T^2 = 1.836e+05$ </td> <td style="padding: 5px;"> $T^2_{0.01: 3,6} = 39.1182$ </td> <td style="padding: 5px;"> $F_{0.01: 3,6} = 9.7795$ </td> </tr> </table>		$T^2 = 1.836e+05$	$T^2_{0.01: 3,6} = 39.1182$	$F_{0.01: 3,6} = 9.7795$					
$T^2 = 1.836e+05$	$T^2_{0.01: 3,6} = 39.1182$	$F_{0.01: 3,6} = 9.7795$							
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Intervalo de confianza 99 %</th> <th style="text-align: left;">Valor critico</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 5px;"> -33.2717 <= L_inf1 - L_inf2 <= 15.8271 </td> <td style="padding: 5px;">1.2345</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"> 0.1560 <= K1 - K2 <= 0.4018 </td> <td style="padding: 5px;">20.3813</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"> 0.8953 <= t_o1 - t_o2 <= 11.6488 </td> <td style="padding: 5px;">13.3077</td> </tr> </tbody> </table>		Intervalo de confianza 99 %	Valor critico	-33.2717 <= L_inf1 - L_inf2 <= 15.8271	1.2345	0.1560 <= K1 - K2 <= 0.4018	20.3813	0.8953 <= t_o1 - t_o2 <= 11.6488	13.3077
Intervalo de confianza 99 %	Valor critico								
-33.2717 <= L_inf1 - L_inf2 <= 15.8271	1.2345								
0.1560 <= K1 - K2 <= 0.4018	20.3813								
0.8953 <= t_o1 - t_o2 <= 11.6488	13.3077								

=====

S= matriz varianza-covarianza; P= valores de parametros de crecimiento; T^2 = estadistica de T^2 de Hotelling.

En relación al índice de (desempeño) interpretación del crecimiento (ϕ'), los valores muestran que los trabajos realizados para *O. niloticus* con diferentes métodos de análisis del crecimiento donde la mayoría presenta valores entre 2 y 2.7, ya que en diversas capturas se han obtenido organismos mayores de 30 cm. Sin embargo, se han reportado valores menores a 2 para la misma especie pero se observa que corresponden a datos donde la tasa de catabolismo (K) es muy baja, lo cual implica una mayor longevidad para la especie en el sitio estudiado. (Tabla.29).

Tabla.29. Comparación de los valores de longitud asintótica (L_{∞}) y tasa de crecimiento (K) para diferentes autores por medio del parámetro de ϕ'

Autor y Año	Especie	Metodo	L_{∞}	K	ϕ'
Getabu (1992)	<i>O.niloticus</i>		64.6	0.254	2.543
Wudneh (1998)	<i>O.niloticus</i>	Frecuencia de tallas	34	0.06	1.192
Jimenez-Badillo (1999)	<i>O.aureus</i> ¿?		34.46	0.46	2.556
Perez y Patlani (2002)	<i>O.niloticus</i>	Lectura de escamas	28.828	0.1363	1.656
Ahmed <i>et al.</i> , (2003)	<i>O.niloticus</i>	Frecuencia de tallas	55.59	0.39	2.776
Booth <i>et al.</i> , (2005)	<i>O.andersonii</i>	Escalas al crecimiento	28.527	0.25	2.034
		Otolitos	26.748	0.25	1.995
Tovar (2005)	<i>O.niloticus</i>	Lectura de escamas	23.74	0.64	2.484
		Otolitos	20.307	0.59	2.316
Manriquez-Ledezma (2005)	<i>O.niloticus</i>	Otolitos	20.19	0.6081	2.328
Granados-Flores (2006)		Lectura de escamas	28.11	0.33	2.200
Dache (2006)	<i>O.niloticus</i>	Otolitos	61.3	0.33	2.714
Morales-Linares (2006)	<i>O.niloticus</i>	Frecuencia de tallas	16.9988	0.3579	1.912
		Lectura de escamas	27.6751	0.2788	2.084
		Otolitos	25.7473	0.3145	2.113
Este estudio					
1999	<i>O.niloticus</i>	Frecuencia de tallas	29.5589	0.417	2.383
2000			35.12	0.1925	1.995
2002			26.879	0.5133	2.445
2003			21.011	0.6011	2.353
2004			25.198	0.4836	2.361
2005-06			21.887	0.8362	2.576

La edad límite calculada para *O.niloticus*, coincide con los datos expuestos por Nikolsky (1963) quien establece una longevidad de 2 a 5 años para peces cuya L_{∞} es menor a 100 mm. La edad límite de *O.niloticus* para cada una de las poblaciones en estudio aparece en la Tabla 30.

Tabla.30 . Análisis de Longevidad para *Oreochromis niloticus*

Año	K	t₀	Longevidad (A_{0.95})
1999	0.417	-0.8682	6.2
2000	0.1925	-1.5388	13.7
2002	0.5133	-0.1828	5.5
2003	0.6011	-0.537	4.3
2004	0.4836	-0.4307	5.6
2005-06	0.8362	-0.1277	3.4

Parámetros fisicoquímicos

Los niveles de agua en la presa Emiliano Zapata varían a lo largo del estudio; en general se puede observar que ocurren dos periodos: uno de llenado (producto de la temporada de lluvias) y otro de vaciado (que ocurre de forma gradual como resultado de la apertura de la compuerta para actividades agrícolas). Existen además otros factores que influyen en la disponibilidad del recurso, como es la evaporación y la infiltración del agua. Debido a la importancia que tiene la temperatura en los ambientes acuáticos se realizó, una comparación entre la temperatura ambiente y la del agua.

El valor mínimo de temperatura ambiental registrada en la presa Emiliano Zapata fue de 23°C correspondiente al mes de noviembre del 2005, mientras que la temperatura máxima fue de 30.9 °C y se obtuvo en el mes de Julio de 2006. La temperatura media anual ambiental para todo el estudio fue de 28°C.

Con respecto a la temperatura que presenta el agua, el valor mínimo registrado fue de 21 °C correspondiente al mes de noviembre 2005, presentado al igual que la temperatura ambiental el mismo comportamiento para este mes. El valor máximo reportado fue de 31.1°C, registrado en el mes de mayo del 2006. La temperatura media anual del agua durante todo el estudio fue de 26.8 °C.

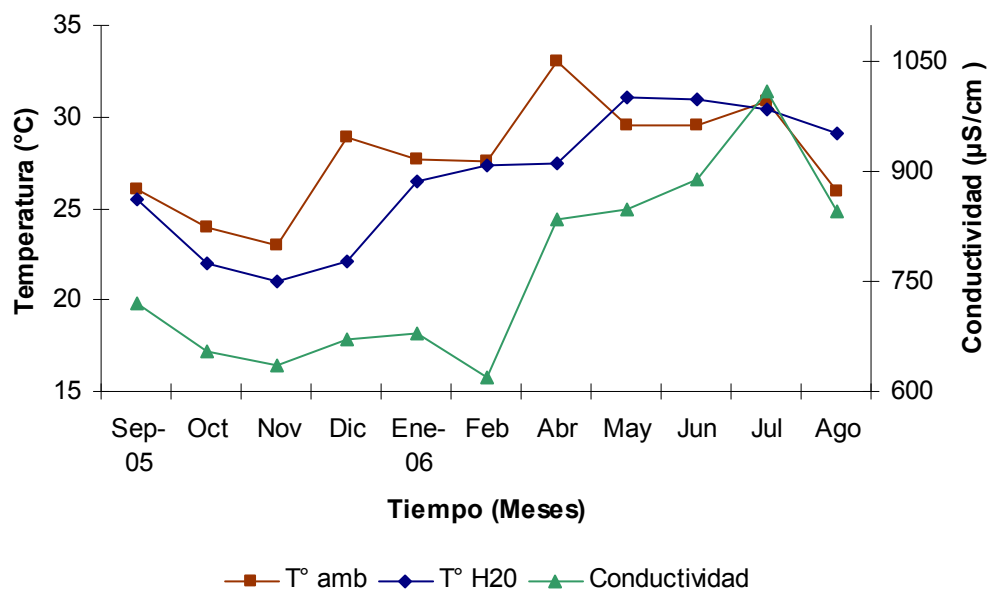


Fig.99 Comportamiento de la temperatura ambiental y del agua, de la Presa “Emiliano Zapata”.

Los valores de la temperatura ambiental siempre se mantuvieron arriba de los valores de la temperatura del agua, a excepción en los meses de mayo, junio y agosto en donde la temperatura del agua fue mayor.

En cuanto a la conductividad eléctrica, esta presentó valores que van desde los $620\mu\text{S}/\text{cm}$, en febrero del 2006 hasta $1010\mu\text{S}/\text{cm}$ en el mes de julio del 2006 con valor promedio de $764.63\mu\text{S}/\text{cm}$ para todo el año, así como una cierta tendencia en relación a la temperatura del agua.(Fig.98)

Respecto a los valores registrados de oxígeno disuelto en la presa Emiliano Zapata se obtuvo un valor mínimo de 2.1 mg/L en el mes de junio del 2006, y el valor máximo se registro en el mes de mayo de 2006 con 8.7 mg/l . El valor promedio registrado para el periodo de muestreo fue de 4.42 mg/L . Así mismo los valores bajos se presentan en la época de junio a agosto correspondiendo estos últimos meses a la época más calurosa del año.

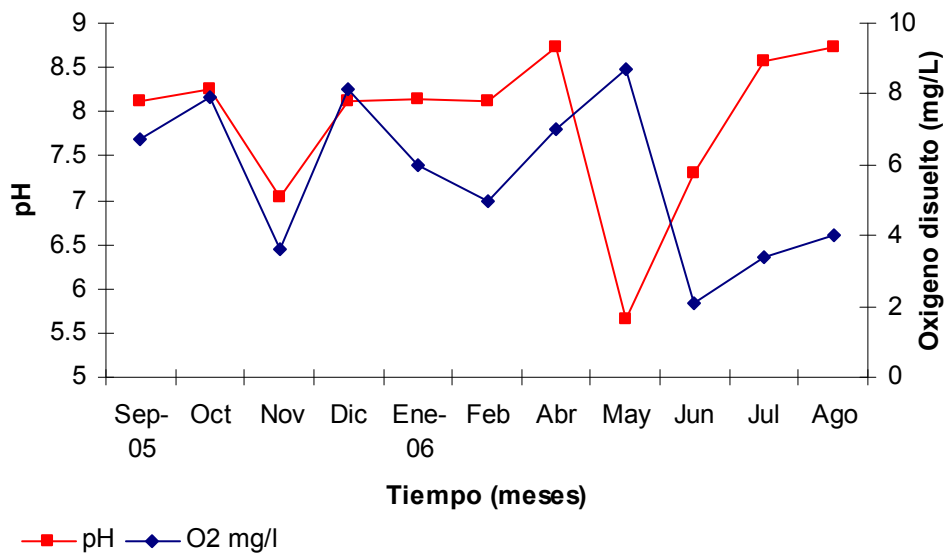


Fig.100 Comportamiento del pH y oxígeno disuelto en la Presa "Emiliano Zapata".

Respectivamente en cuanto a los valores de pH la media anual fue de 7.88 unidades mientras que el valor mínimo fue de 5.65 en el mes de mayo y el máximo de 8.76 en abril de 2006, así mismo el comportamiento del pH fue muy homogéneo a lo largo de todo el estudio. En general, es un sistema que no presenta valores muy alejados de 7, por lo cual la calidad del agua se mantiene estable a lo largo del estudio. (Fig.99)

Discusión

Para llevar a cabo el análisis de los aspectos biológicos de la tilapia, se trabajó con la base de datos pertenecientes a *Oreochromis niloticus*, de los años 1999 al 2004, exceptuando el año 2001 obtenida del Laboratorio de Limnología de la FES Zaragoza, así como con una muestra de 911 organismos obtenidos por medio de la captura comercial realizada de Septiembre del 2005 a Agosto del 2006, en la presa “Emiliano Zapata”, Estado de Morelos.

Las muestras estuvieron compuestas por organismos con longitud total máxima registrada para *O. niloticus* de 28.5 cm y peso de 300 g para machos y de 25 cm con 271.4 g para hembras, datos correspondientes para el periodo 2000 y para el periodo 05-06 fue de 17.02 cm para machos y 19.2 para hembras. Basurto (1994) reporta tallas de 20.5 cm y 39.5 cm para *O. niloticus* en la laguna de Chila, Veracruz; Ramírez-Noguera y Cruz-Miguel (2000) y Pérez-Ortiz y Patlani-Santiago (2002) reportaron 255 mm de longitud total y 271.4 g de peso total de *O. niloticus* en la misma presa. Gómez-Márquez *et al.* (2003), reportaron tallas entre 117 y 206 mm de longitud total en el lago Coatetelco para *Oreochromis niloticus*; Khallaf *et al.* (2003), reportaron longitudes promedio de longitud total de 19 cm para hembras y 23 cm para machos de *O. niloticus* en los lagos Nasser, Máznala y el canal Ceben en Egipto; Tovar (2005) reportó una talla máxima de 215 mm y 182.4 g para machos y 203 mm y 146.7 g para hembras en la presa Emiliano Zapata para el 2004.

Con lo anterior se puede observar que al menos para este sistema y para este tipo de estudio los machos son los que alcanzaron una mayor talla que las hembras. Esta especie no presenta un marcado dimorfismo sexual primario, excepto durante la época reproductiva.

En la mayoría de las especies de tilapia los machos tienen un crecimiento mayor que las hembras, debido principalmente a diferentes factores como la temperatura, que juega un papel importante en cuanto al crecimiento y desarrollo de la especie (Fry e Iles, 1972; Balfour, 1985 ; Morales, 1991; Oliveira y Almada, 1995). Además las hembras una vez que alcanzan la madurez sexual, destinan mayores recursos energéticos a la maduración de productos sexuales que al crecimiento.

Sin embargo, existen otros factores que pueden afectar el crecimiento y desarrollo de la especie, la dinámica poblacional de los recursos y la adaptación que pueda adquirir contra sus depredadores en las diferentes etapas del desarrollo. Esta diferencia en tamaños para *O. niloticus* en la presa puede deberse a factores como disponibilidad el alimento (calidad y cantidad), temperatura del agua, depredación, competencia área de captura, abertura de luz de malla y aspectos de explotación y reproducción.

De los 911 organismos capturados en el periodo 05-06 el 78.04 % correspondió a machos (711), el 8.89 % a hembras (81) y el 13.06 % a crías cuyo sexo no pudo ser definido (119), lo que permitió estimar una proporción sexual macho: hembra de 8.77:1. Saito-Quezada (2004) en la presa “Emiliano Zapata” reportó una proporción de 1:1.99; Pérez-Ortiz y Patlani-Santiago (2002) 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; Peña-Mendoza, *et al.* (2005) registraron una proporción de 1:1.29 hembra:macho, Tovar (2005) reportó una proporción sexual de 1:16.6 (hembra:macho) en la presa Emiliano Zapata. Llama la atención observar que con base en los resultados del estudio de una población abierta, hubo una mayor cantidad de machos que de hembras; sin embargo, en las prácticas de cultivo con tilapia se recomienda emplear una proporción 2:1 en su relación (Morales, 1991). Así, los machos fueron el sexo predominante en todo el estudio y las hembras se presentaron en menor proporción a excepción en el periodo 1999.

Al respecto, Jiménez-Badillo (1999) reporta para *Oreochromis aureus* una proporción sexual con dominancia de los machos sobre las hembras y señala que esta situación puede deberse al efecto de la sobre-pesca a la cual es sometida la tilapia.

En la presa Emiliano Zapata los machos dominaron de forma significativa durante todos los años de estudio a excepción de 1999. Se nota que existe una segregación espacial entre sexos incrementándose la cantidad de machos hacia la parte mas profunda de la presa, en cambio la presencia de hembras se percibe en las zonas mas cercanas a la orilla de la misma.

Otro factor que influye es el arte de pesca (red agallera y atarraya) la cual muchas veces se coloca lejos de la orilla del lago provocando que las hembras que se encuentren lejos de los nidos sean capturadas, aunque estas regularmente suelen estar protegidas por la vegetación de igual manera los pescadores de la presa hacen una selección de los organismos por cursos y conocimientos sobre el sexado de la especie y en la mayoría de los casos regresan a la hembras al cuerpo de agua y esto también ocasiona un sesgo en la población favoreciendo en cantidad a los machos de *O. niloticus*. Así con esto, los machos son capturados en las áreas de animación y suelen desplazarse en la orillas o en el centro del embalse en busca de alimento.

Nikolsky (1963) menciona 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. Gómez-Márquez (2002) cita que cuando las capturas están compuestas por un mayor número de machos, se favorece a la pesquería, puesto que actúa como un mecanismo regulador de la proporción sexual.

Otro factor que posiblemente ocasionó la disminución de alguno de los sexos, es la sobre-explotación del recurso que ocasiona un desplazamiento en el tamaño promedio de la captura, por lo que se altera la composición de la población y de alguna manera esto es un reflejo en este estudio, ya que los machos presentan un mayor crecimiento que las hembras (Nikolsky, 1963)

Fryer e Illes (1972), Wudnek (1998), Balirwa (2006) y Dache (2006) en sus resultados revelan que en los lagos africanos es común que en las poblaciones de cíclidos los machos dominen, porque ellos generalmente presentan mayor crecimiento en comparación con las hembras, sin esto representar una situación de riesgo para la pesquería.

Relación peso-longitud

La relación peso-longitud es una característica que resulta ser importante dentro del análisis de las pesquerías, ya que proporciona información sobre la condición de una población. Además permite establecer el peso como una potencia de la longitud, es decir la forma del cuerpo como reflejo de los cambios fisiológicos que sufre a través de su vida. (Jiménez-Badillo, 1996).

Se aplicó el análisis de covarianza (ANDECOVA) a los datos obtenidos de la población en los diferentes años y el resultado fue que de acuerdo a este análisis existen diferencias significativas entre sexos, para la mayoría de los periodos exceptuando el año 2000, por lo cual los sexos fueron trabajados de forma independiente así como para la población total. Estos resultados indican que el dimorfismo sexual de esta especie se manifiesta en el peso total y la longitud total de cada organismo.

Las constantes alométricas de las ecuaciones de la regresión peso-longitud para las diferentes poblaciones mostraron en general un comportamiento de tipo alométrico negativo, es decir, crecen más en longitud que en peso, aunque para el año 1999 y la para la población del año 2003 así como para las hembras del periodo 05-06 hubo una tendencia hacia la isometría, es decir, que crecen en la misma proporción tanto en peso como en longitud.

Garduño-Paredes y Avelar-Esquivel (1996) en su estudio realizado en la presa Emiliano Zapata mencionan un crecimiento alométrico negativo para *O. niloticus*; Santiago-López y Jardón-Olvera (1997) reportan para la misma especie crecimiento alométrico positivo en la presa Cerro de Oro. Pérez-Ortiz y Patlani-Santiago (2002) mencionan un crecimiento de tipo isométrico para los machos así como para toda la población de *O. niloticus*, mientras que para las hembras el crecimiento fue alométrico negativo en la presa “Emiliano Zapata”. Gómez-Márquez (2002) reportó un crecimiento alométrico negativo para *O. niloticus* en Coatetelco al igual que Manríquez-Ledesma (2005); Saito-Quezada (2005) reportó una relación de tipo alométrico negativo y no detectó diferencias estadísticas entre sexos en la presa “Emiliano Zapata”; en 2006 Granados-Flores indica que los organismos estudiados mostraron en general un crecimiento de tipo isométrico entre longitud total y peso total.

En condiciones naturales era de esperarse que el crecimiento de los organismos fuera alométrico negativo por el efecto que los factores ambientales ejercen hacia ellos, sin embargo, para los organismos que presentaron un tipo de crecimiento con tendencias a la isometría, esto se pudo haber debido a que el número de organismo con el que se trabajó fue muy bajo principalmente para el caso de las hembras. Cordova (1994) realizó un estudio sobre la misma especie bajo condiciones controladas de laboratorio y menciona que en bajas densidades de organismos por área, los dos sexos presentan un crecimiento que tiende a la isometría.

Bagenal y Tesch (1978), afirman que las constantes alométricas pueden variar dentro de una especie por diversos factores, entre ellos la madurez gonádica; Ricker (1975) afirma que la relación peso-longitud proporciona un conjunto de información biológica referente al crecimiento alométrico, los cambios alimenticios y la madurez gonádica, que afectan en conjunto al estado fisiológico del pez.

Las diferencias o similitudes respecto al valor de la pendiente de la relación peso-longitud además de ser atribuidas a factores intrínsecos (i.e. genéticos) de las especies, se relacionan también con el hábitat, época del año y reproducción, como se mostró aquí al graficar los valores de las pendientes que estas representaron dos picos máximos, correspondientes a los dos periodos reproductivos que presenta *O.niloticus*, viendo así que este último factor provoca que los organismos incrementen su peso durante la maduración sexual (Ricker, 1975; Weatherley *et al.*, 1987; Gómez-Márquez, 1998).

Por otra parte, Nikolsky (1963) menciona que el peso de los organismos suele ser afectado por la época del año, temporada de reproducción y contenido estomacal. Esto es, el peso en las hembras puede ser afectado por el número y tamaño de los ovocitos en las gónadas y ante un mayor desarrollo de las gónadas, el peso corporal de los individuos aumenta proporcionalmente (Tesch, 1968).

De acuerdo a este análisis realizado se puede decir que los valores de la pendiente de la relación peso-longitud obtenidos para esta especie, se corroboran con estudios realizados en *Oreochromis niloticus* y *Oreochromis aureus* en diferentes ambientes donde muestran que el valor de la pendiente en condiciones naturales oscila entre 2.5 y 3.5 (Granados-Flores, 2006).

Así mismo, desde un punto de vista ecológico el que las especies presenten un crecimiento alométrico se debe a que los peces en condiciones naturales para evitar la depredación por otras especies, deben crecer mas en longitud y posteriormente en peso, de lo contrario la densidad de los organismos por unidad de área tendería a ser mas baja y la biomasa disponible para el consumo de las especies seria mínima.

Factor de condición

El factor de condición de Fulton (1902) y Clark(1928) (FC) son indicadores del bienestar o robustez de una población de peces el cual sirve de base para inferir cambios en la condición de los organismos al aumentar la talla, edad, variaciones estacionales en el balance metabólico ocasionadas por la disponibilidad del alimento, así como la condición sexual antes y después del desove (Lagler, 1956; Weatherley *et al.*, 1987).

En el análisis de los valores de la condición de las hembras, se observó que ocurre un descenso en el factor de condición en los meses de marzo y julio, esto debido al proceso de la reproducción que se dan en estos periodos para la especie, coincidiendo con los valores del Índice Gonadosomático (IG) y esto ocasionado, por el efecto de temperaturas así como por la disponibilidad del alimento para las crías.

En los machos se presenta el mismo comportamiento, ocasionado de igual forma por la reproducción pero estos siempre presentan un valor más alto, esto debido a que son ellos los que protegen el nido y gastan más energía para buscar pareja. Sin embargo, se observa una tendencia del FC a disminuir conforme transcurre el ciclo reproductivo. Garduño y Avelar (1996) reportan que los valores del factor de condición para los peces de *O. niloticus* del lago Coatetelco están afectados por la época de reproducción. Así mismo, Ramírez-Noguera, y Cruz-Miguel, (2002) indican que los valores del factor de condición son afectados y coinciden los máximos con la época de reproducción, que se presenta en época de lluvias y secas.

Weatherley *et al.* (1987) mencionan que en muchas especies esta diferencia en el factor de condición entre los sexos se da después que los individuos llegan a la madurez. Así mismo, se observa que las condiciones en el factor de condición han disminuido para la especie, esto debido a la endogamia predominante en la presa y, a que no existe un repoblamiento o introducción de nuevos individuos, lo que ocasiona una disminución en las tallas y peso para la especie. Además, esto también podría deberse a que las condiciones ambientales del sistema no son las óptimas, debido al aporte de aguas de desecho municipales que son vertidas hacia la presa sin algún tratamiento, lo que conduce a una baja en la disponibilidad del oxígeno disuelto para degradar la materia orgánica así como para realizar las actividades metabólicas de los organismos y por lo tanto, la disponibilidad del alimento no es suficiente, ya que los valores obtenidos están por debajo a los obtenidos por Flores (1994) y Bernal (1998) que reportan valores mayores de 3.5.

Una buena condición física puede ser el factor determinante en el desarrollo y vida de los organismos, ya que esto aseguraría mayor tamaño, mayor madurez y mejor calidad de productos sexuales y por ende mayor calidad del animal para su explotación. Así, una baja condición, asegura una baja reserva de energía y un metabolismo bajo, lo que sugiere una mayor mortalidad en los organismos.

Así la energía destinada al crecimiento y a la reproducción se encuentra íntimamente relacionada. A partir del momento en que el organismo inicia su maduración sexual el crecimiento se ve disminuido, se manifiestan cambios en sus proporciones, los cuales pueden ser evaluados por el Factor de Condición. Wiegert (1968) describe que se utiliza en forma diferencial de acuerdo con la edad, el sexo y los cambios estacionales, en: a) Mantenimiento de las funciones propias. b) Búsqueda del alimento, de resguardo y de la pareja. c) Para el crecimiento tisular. d) finalmente, para los procesos relacionados con la perpetuación de la especie, es decir, para la reproducción.

Finalmente, se tiene que el factor de condición afecta directamente las capacidades de crecimiento, así como el desarrollo sexual en las especies, incluso durante una corta temporada, lo cual puede afectar las variaciones en las interacciones de las especies, lo cual puede resultar en el cambio de las estructuras de consumidores y recursos. Sin embargo, las variaciones en el factor de condición y las diferencias entre las capacidades del crecimiento así como de competencia por el alimento, ocasionan una mayor competencia intraespecífica, lo que ocasiona un mayor desempeño y pérdida de energía en la condición del pez.

Esto establece una competencia entre individuos a través del uso similar de recursos, así como profundos efectos en los intervalos de crecimiento, condición física y sus efectos sobre la dinámica de la población. (Bystróin y García-Berthou, 1999).

La eficiencia en la captura del alimento y las demandas metabólicas dependen en gran medida del tamaño corporal y condición de los organismos; por esto, las especies difieren en sus intervalos de desarrollo ontogenético y en sus trayectorias de crecimiento. Así se ocasiona una competencia asimétrica entre individuos, con esto el tamaño y condición tiende a cambiar con el tiempo. (Bystróin y García-Berthou, 1999).

Wiegert (1968) señaló que los factores que determinan la condición de los peces pueden ser además de los genéticos, la calidad de la alimentación, hábitos alimenticios, estado sanitario, etapas de desove y talla por edad.

El conocimiento del factor de condición en las especies, así como de sus capacidades es de suma importancia para comprender a una población y su dinámica. Esto debido a que la madurez sexual es una función del tamaño del animal y puede estar influenciada por la abundancia y disponibilidad del alimento, temperatura, fotoperíodo y por otros factores ambientales en las diferentes regiones donde se localiza la especie. Por lo tanto, las tilapias al canalizar la mayor parte de su energía para la reproducción y su mantenimiento metabólico destinan muy poca energía para crecer, con lo cual se presenta en la mayoría de las poblaciones en México y a nivel mundial el enanismo como lo mencionan Fryer e Iles (1972).

Índice gonadosomático (IGS) y Hepatosomático (IHS)

En este estudio los valores medios mensuales del IGS presentaron gran variación a lo largo de los periodos de estudio en ambos sexos y aunque los valores son claramente mayores en el caso de las hembras, se observan tendencias similares en ambos sexos. Se detectaron valores máximos en todos los años analizados, que corresponden a dos picos: marzo y agosto, este último mes coincide con los valores más altos de temperatura ambiental y de agua, debido a que es cuando se presenta el periodo de lluvias cuando hay una mayor disponibilidad de alimento por aporte de materia orgánica.

Esto indica que existe una relación entre las lluvias y el desarrollo gonadal en varias especies de cíclidos, lo cual puede ser una respuesta que asegure la sobrevivencia de las crías, en una época donde las condiciones son más favorables (Reardon y Chapman 2007; Getinet y Amrit, 2007).

Babiker y Ibrahim (1979) mencionan que es posible que en la mayoría de las especies de teleosteos la oogénesis procede interrumpidamente y cíclicamente a través de su vida reproductiva y De Vlaming *et al.* (1982) reporta que este comportamiento en sus ciclos reproductivos es reflejado por pronunciadas variaciones en el tamaño y peso de las gónadas. Es por eso que la variación en el IGS, es usada ampliamente y consistentemente como una validación y verificación del tamaño y actividad en las gónadas de los organismos.

Los valores medios mensuales del IGS no presentan una tendencia clara, por el contrario, presentan gran variación a lo largo de todos los años de estudio. Esto puede deberse a que hay actividad reproductiva todo el año y no toda la población se reproduce al mismo tiempo dando como consecuencia que cada mes se presente más de un estadio de madurez (por lo tanto gónadas de diferentes pesos y en diferentes etapas de madurez) y con ello se produzca variación en los valores del IGS. Así mismo, esta variación también se puede deber al comportamiento de las tallas de los individuos, la cual durante el periodo de estudio tendió a disminuir, como se mencionó anteriormente.

Gómez-Márquez (2003) señala que la época de reproducción para *O. niloticus* en el lago Coatetelco se realiza en junio y enero. Peña-Mendoza *et al.* (2005) reportan para la presa Emiliano Zapata que la época de reproducción se lleva a cabo en agosto y febrero, lo cual coincide con los valores obtenidos en este estudio.

El IGS para los machos siempre fue menor en comparación con el de las hembras. Esto asociado con el peso relativo de las gónadas que presentan las hembras, lo cual sugiere una variación en el patrón de la media del peso de la gónada, esto evidencia la estación de lluvias y de secas como épocas de procreación para la especie.

La mayoría de las especies de tilapia tiene una reproducción continua, pero en algunas de estas especies, esta actividad incrementa durante periodos de intensa luz solar y lluvia. Bardach *et al.* (1996) mencionan que cuando las tilapias alcanzan la madurez sexual, ellas pueden reproducirse cada tres o seis semanas mientras el agua esta calida y cuando las condiciones ambientales no son favorables, la actividad reproductiva se suspende.

De Vlaming *et al.* (1982) mencionan que los datos y la información proporcionada por el IGS podría no ser una medida total así, como una indicación de la actividad gonadal. Por lo cual, García-Berthou y Moreno-Amich (1993) mencionan que el uso del índice gonadosomático con individuos de diferentes tamaños puede ser incorrecto, porque el crecimiento gonádico frecuentemente es alométrico y con esto se parte del supuesto erróneo de una relación lineal entre las dos variables que se utilizan para el cálculo.

Por lo tanto, se recomienda el uso del análisis multivariado de covarianza (ANAMUCOVA), que elimina este error entre variables, bajo el supuesto que establece el índice gonadosomático; aunque, se debe considerar al IGS como predictivo de los principales picos de actividad reproductiva.

Salgado-Ugarte (1995) menciona que una pobre condición somática durante la época de procreación es una observación común en muchas especies de peces y da como indicación que el crecimiento somático es limitado junto con el desarrollo de las gónadas, además la disminución en la condición siempre esta acompañada en una baja en las reservas corporales durante la maduración gonadal.

Para apoyar la época reproductiva se utilizó el índice hepatosomático (IHS), que al igual que el factor de condición se considera que en peces también es un buen indicador de la condición fisiológica. Así mismo, el IHS puede ser usado para hacer inferencias en la condición nutricional de los peces (Yamaguchi *et al.*, 1990). Tyler y Dunn (1976), evidenciaron una posible transferencia energética durante el proceso reproductivo, el cual solo fue efectuado en las hembras, ya que en el hígado de estas se producen las vitelogeninas, proteínas que son depositadas en el folículo ovárico durante la madurez gonadal. Estas además contienen compuestos de calcio (calcitonina) que ayudan a prevenir una descalcificación en las hembras gestantes (Redding y Patiño, 1993).

En el caso de *O. niloticus* los valores altos de IHS durante los periodos de baja actividad reproductiva pueden ser producidos por la acumulación de sustancias de reserva, para ser usados durante la madurez sexual.

La presencia de valores altos del IHS durante el desarrollo gonadal y durante el desove, pueden ser interpretados como una baja en las reservas energéticas almacenadas en el hígado en forma de glucógeno, el cual es transferido a la gónada para ser usado en el proceso reproductivo produciendo una baja en la condición de los peces durante el periodo de desove (Bagenal 1957; Bwanika *et al.* 2004; Khallfi, *et al.* 2003; Reardon y Chapman 2007).

Para el caso del IHS se observó que los valores medios mensuales presentan una gran variación a lo largo de los diferentes años analizados y este siguió la misma tendencia en todos los periodos. A pesar de que no se observa una clara relación directa o inversa entre los valores del IGS y IHS, si es posible notar que en los meses donde se observan dos picos del IGS, los valores del IHS son bajos. Así, este presentó valores máximos antes de la temporada reproductiva en los meses de febrero y junio, lo cual coincide con lo esperado para esta especie.

Gómez-Márquez *et al.* (2003) mencionan que la temporada reproductiva para estas especies muestra que el peso del hígado es siempre mínimo en época de secas.

El decremento en el IHS durante la temporada de lluvias, sugiere que las hembras usan su acumulación de recursos almacenados en el hepatopancreas para mantenerse a ellas mismas, porque la reducción de la actividad alimenticia durante el desove e incubación tiende a ser limitada (Getinet y Amrit, 2007).

En complemento a lo anteriormente citado, durante el proceso de obtención de las gónadas se registró que las hembras al prepararse para la reproducción tienden a almacenar grasa, misma que fue observada al llevar a cabo la disección de dichas hembras, la cual sirve como fuente de energía de reserva, ya que pasan de 20 a 30 días de ayuno, mientras incuban y protegen las crías.

Así, las hembras ovígeras dividen su energía entre el mantenimiento fisiológico, el desarrollo de los huevos y cuidados parentales. Todos estos procesos son simultáneos y demandan grandes cantidades de energía, así las reservas acumuladas en el hepatopáncreas cubren estas necesidades (Getinet y Amrit, 2007).

Por lo tanto, la disminución del factor de condición conforme transcurre el ciclo reproductivo confirma lo anterior y se explica por el hecho de que la actividad reproductiva implica un alto costo energético para los organismos.

Collins y Anderson, (1995) señalan que el índice gonadosomático se relaciona directamente con el FC y el IHS debido a una demanda de energía por parte del pez para procesos reproductivos, ya que en los peces iteróparos el costo de la reproducción puede ser considerable y a menudo hay una alternancia entre el llenado de las reservas del soma y el desarrollo gonadal; esta alternancia de energía provoca que los peces muestren distintas maneras de almacenamiento y agotamiento de energía en relación a sus ciclos reproductivos .

A pesar de no encontrar una relación clara entre el IGS y el IHS, se encuentra que en los meses de máximo valor para el IGS, los valores del IHS son bajos. Por lo tanto se puede sospechar que existe una relación inversa entre la actividad reproductiva con la condición fisiológica de *O. niloticus*. (Arellano-Martínez *et al.* 2001)

Por lo tanto, la tendencia en el IGS, IHS y FC pueden estar reflejando condiciones fisiológicas en *O. niloticus* que le permitan soportar la madurez, el crecimiento, así como un proceso de reproducción continuo.

El estudio de la madurez sexual y del ciclo reproductivo de *O. niloticus* constituye una primera aportación al conocimiento de la biología básica de esta especie, la cual promete en un futuro una pesquería de gran importancia.

Al analizar la variación de fases de desarrollo de las gónadas de machos y hembras de *O. niloticus*, en la presa Emiliano Zapata, éstas se encontraban en un proceso de maduración constante, debido al porcentaje de organismos en estado de inicio de madurez y en maduración, indicando que los peces presentan dos periodos de desove máximos al año con una mayor intensidad en la época de secas y una máxima principal en época de lluvias.

Babiker e Ibrahim (1979); Castrejon *et al.* (1995) así como Basurto-Origel (1994) y Admassu (1996) reportan que las hembras desovan más de una vez al año. Morales (1991) menciona que la frecuencia de los desoves varía considerablemente en función de los factores ambientales y que en México pueden presentarse de uno a diez desoves durante un año. La distinta frecuencia con que se encuentran los diferentes estadios de madurez gonádica indica que diversos cíclidos son peces con características de desove parcial (Holding, 2006).

Sin embargo, bajo ciertas condiciones ambientales, pueden comportarse con una gran plasticidad reproductora, esta gran plasticidad reproductiva podría explicarse por la ubicación geográfica de la especie, así se da una respuesta reproductiva de la población independientemente de otros factores internos de la propia población, como factores de denso-dependencia y disponibilidad de recursos no detectados que, no obstante, deben tener también cierta influencia en el ciclo reproductivo. (Njiru *et al.* 2006; Kolding, 2006; Reardon y Chapman 2007).

Esto se hace evidente al comparar con el IGS y IHS, que la mayoría de las hembras se encuentran en procesos de maduración constante lo cual queda de manifiesto al observar el aumento y variación de estos índices con los estadios de madurez y observar la misma tendencia en sus estadios de madurez encontrados.

Como es de todos los biólogos pesqueros, el conocimiento de los aspectos reproductivos, como ciclo de desove, talla y edad de primera madurez sexual, fecundidad y potencial de desove (fertilidad), son aspectos de importancia relevante tanto para el conocimiento de la biología básica del recurso, como para el empleo de métodos de evaluación de stocks.

Es por esto que la talla de primera madurez sexual se estimó para cada sexo y año, ajustando la proporción de individuos maduros en cada intervalo de tallas a una función logística, de acuerdo a los criterios establecidos por King (1995).

La estimación de la talla de primera madurez por medio de un modelo logístico minimiza el sesgo por errores en el muestreo, así como las deficiencias en la representatividad de los ejemplares en algunas de las clases de tallas. Desde el punto de vista de la administración del recurso, esta talla debe servir de base para la selectividad de los artes de pesca con que se explota, facilitando así la liberación de los ejemplares de dicha talla.

Basurto-Origel (1994) reporta tallas para *O. niloticus* de 235 mm para las hembras y 240 mm para los machos, obteniendo una media de individuos maduros entre los 270 mm y 320 mm de longitud total para ambos sexos. Huet (1978) reporta para la tilapia el inicio de la reproducción es a los 15 cm de longitud total; Morales (1991) cita para *Oreochromis aureus* una talla mínima de reproducción a los 16 cm, mientras que *O. mossambicus* tiene un comportamiento mas precoz, llegando a su etapa reproductiva desde los 7 cm de longitud total.

Se observó además que las hembras inician el proceso de madurez a menor edad y talla que los machos. Las tallas registradas en este estudio son similares a las reportadas por Peña-Mendoza *et al.* (2005) quienes obtuvieron 15.13 cm para hembras y 15.20 para machos; Gómez-Márquez (2002) reportó para el lago Coatetelco que las hembras alcanzan su maduración a los 12 cm y los machos a los 11.7 cm y Ramos-Cruz (1995) menciona que *O. aureus* alcanza la madurez sexual a los 22 cm de longitud total.

Esto es debido a que la madurez sexual es una función del tamaño del animal y puede estar influenciada por la abundancia y disponibilidad del alimento, la temperatura, el fotoperíodo y por otros factores ambientales en las diferentes regiones donde se encuentre la especie. (Getinet y Amrit, 2007).

El predominio de tallas medias se correspondería con la estructura de una población bajo una intensa explotación pesquera. En este contexto, Csirke (1980) señala que de acuerdo a los regímenes de pesca que se adopten, la población puede sufrir cambios en la estructura de edades o tamaños de los individuos, en su tasa de crecimiento y en su capacidad reproductiva. Lo que indica además, el cambio mas evidente es la reducción de la talla promedio, producto de la declinación de peces viejos.

Las tallas reportadas también podrían deberse a que las tilapias canalizan la mayor parte de su energía para reproducirse y no para crecer tanto en longitud como en peso por carecer de depredadores naturales en los sistemas donde ha sido introducida. Tales diferencias entre las tallas en distintas regiones geográficas, pudieran estar asociadas con los sistemas y artes de pesca utilizados en la explotación, así como con las características ambientales de la zona de distribución de la especie.

Estas diferencias estarían justificadas por el comportamiento reproductivo de la especie en el área, ya que se ha determinado que el proceso de maduración está relacionado con las condiciones ambientales, geográficas y con caracteres intrínsecos de la especie, lo que induce a suponer que se tratan de stocks o poblaciones diferentes.

Adicionalmente, diferentes intensidades de pesca entre regiones geográficas pueden influir sobre el tamaño de los ejemplares encontrados en ellas. El efecto causado por una pesquería sobre una población o stock, cuando es explotada intensamente, o cuando los artes no tienen efecto selectivo sobre la fase explotada, es la reducción gradual de la talla promedio de la población con el tiempo (Ricker, 1979). Este efecto se produce también cuando se ejerce presión pesquera sobre el estrato joven de la población.

La talla también está supeditada a la selectividad al arte de pesca que se utilice en la captura de los peces, ya que dependiendo de la luz de malla, esta permitirá que al menos los peces que se capturen por arriba de la primera talla de madurez sexual se reproduzcan una vez en el sistema y por lo tanto, exista un reclutamiento hacia la población con la finalidad de sostener la pesquería de tilapia en la presa Emiliano Zapata (Gómez-Márquez, 2002). El establecimiento de tallas mínimas va encaminado en primer lugar a asegurar los rendimientos pesqueros, evitando situaciones de sobreexplotación de crecimiento.

En estos casos la talla mínima se establece en función de criterios técnicos, estando muy relacionada a la estimación de tamaños de malla óptimos en las redes que prevengan la captura de individuos por debajo de esa talla. Dicho de otro modo, regulando la selectividad de los artes mediante la autorización de determinada luz de malla, se pretende la captura de productos pesqueros por encima de las tallas mínimas autorizadas.

Análisis multivariado de covarianza

García-Berthou y Moreno-Amich (1993) mencionan que el estudio de la reproducción es un tópico fundamental y que requiere cierta complejidad en ciencias pesqueras, por eso proponen un método que en lugar de tener una sola variable de respuesta, hacen la propuesta de incluir todas las variables morfométricas relacionadas con la actividad reproductiva y se ajusten por medio de la covariada (longitud).

Estos autores emplean el análisis multivariado de covarianza (ANAMUCOVA). Las medias predichas del modelo describen las variaciones estacionales y de otros factores haciendo innecesario el empleo de índices.

Con la aplicación del análisis multivariado de covarianza, en relación con los datos agrupados (hembras y machos) los resultados fueron altamente significativos, lo que nos sugiere que existe una variación estacional y una dependencia sobre el tamaño del cuerpo y las diferentes variables del peso (gónada, hígado y eviscerado) analizadas.

El análisis por sexos separados mostró la misma tendencia y esto sugiere que el comportamiento del peso promedio de las gónadas presenta variación estacional. Asimismo, se registró una clara relación inversa entre el valor medio del peso del hígado y de las gónadas; valores medios elevados de peso de las gónadas se presentaron en época de secas (abril-marzo) y época de lluvias (julio-agosto).

De esta forma se observó una diferencia significativa en el aumento y cambio de las medias analizadas durante los periodos de máxima reproducción analizada para *O. niloticus*. El peso eviscerado se comportó de manera semejante a los pesos medios del hígado, mostrando valores bajos durante la época reproductiva, como ya se había mencionado y una baja condición somática durante la estación de desove en los peces, es una observación en numerosas especies de peces e indica que el crecimiento somático esta limitado debido al desarrollo de las gónadas.

Gómez-Márquez (2002) indica que el peso mínimo del hígado podría ser debido a que este órgano presenta una mayor relación con los ovarios que con los testículos debido al proceso de vitalogénesis. El ANAMUCOVA presentó un patrón de variabilidad mensual más claro y definido en comparación con los métodos tradicionales, por lo cual se facilitó la interpretación de resultados.

Generalmente el peso somático tiende a reducirse durante la época de desove, debido a la cantidad de energía gastada en el acto que precede a esta función fisiológica y que es liberada en forma de productos sexuales.

Diferencias en la variación del peso de la gónada e hígado han sido interpretadas como medidas de varios caracteres biológicos tales como almacenamiento de grasa, conveniencia del medio ambiente, salud de un individuo o desarrollo gonadal por parte de Le Cren (1951).

Tapia *et al.* (1988) señalaron que el peso de las diferentes estructuras de los peces, están asociadas a fenómenos biológicos y ecológicos del reclutamiento, crecimiento, madurez y desove y los valores bajos coinciden con la época de desove y presencia de individuos de tallas grandes, mientras que los valores altos coinciden con el reclutamiento de los individuos juveniles y subsiguiente una maduración reproductiva de la población.

Las tendencias similares entre el peso eviscerado y peso del hígado y gónada, sugieren una importancia equiparable de grasa y músculo como una reserva para la actividad reproductiva. La variación así como la disminución en el peso eviscerado, se puede interpretar como una baja en la condición de los peces.

Además al considerar a la longitud como covariada todas las medidas fueron ajustadas al tamaño de los peces. Así mismo, al separar los datos por sexo no se registraron diferencias significativas, al igual que en el estudio general.

Salgado-Ugarte (1995), al tomar en cuenta los comentarios de García-Berthou y Moreno-Amich (1993), cita que el uso del análisis multivariado de covarianza presenta algunas ventajas. Por ejemplo, un análisis preliminar del índice gonadosomático, muestra una clara heterocedasticidad lo cual hace difícil las comparaciones y por otro lado, la comparación de los valores medios adyacentes permitió evaluar la significancia de la variación de las medias a lo largo de los diferentes periodos en estudio.

El ANAMUCOVA permite la interpretación simultánea de tendencias en los valores medios ajustados, lo que hace posibles compararlos, en una escala semejante, en los diferentes niveles de los factores considerados. (García-Berthou y Moreno-Amich, 1993). Así mismo, al usar la longitud como covariada se realiza un mejor ajuste ya que es la variable más apropiada para este propósito porque depende menos de las características ambientales y de condiciones fisiológicas. Por otra parte, estima los valores medios de los pesos a un mismo tamaño del organismo y con esto se puede considerar a este análisis como el más confiable a considerar en cuanto a resultados obtenidos.

Distribución de frecuencia de tallas

En los estudios de pesquerías, el uso de las modas en las distribuciones de frecuencia de tallas de organismos acuáticos se ha promovido como un intento de identificar grupos de peces con edad semejante. La recuperación total de información sobre el crecimiento sería el caso para muestras no sesgadas y si la especie bajo análisis se reproduce durante un lapso de tiempo relativamente corto a intervalos regulares (King, 1995). La forma de una distribución de tallas en una muestra tomada de una determinada población es el resultado del reclutamiento, crecimiento, mortalidad y de los errores realizados durante el muestreo. Las variaciones anuales del reclutamiento y la variabilidad individual del crecimiento frecuentemente oscurecen la interpretación de las clases modales en la frecuencia de tallas (Morales-Nin, 1991).

Para analizar la distribución de frecuencia de los tamaños de peces, se han venido utilizando los histogramas. Estos estimadores presentan cuatro principales problemas: dependencia del origen, ancho y número de intervalos, discontinuidad y ancho fijo de clases. Los EDKs resuelven algunos de los problemas del histograma y son adecuados para el análisis de datos de frecuencia de tallas; al trabajar con estimadores de densidad por kernel, el efecto del origen desaparece, son estimadores continuos, existen lineamientos para definir el ancho y número de intervalos y es posible implementar estimadores de ancho variable de clase; así finalmente, los EDKs son estimadores eficientes de la distribución de datos y proporcionan varias formas de probar y evaluar la multimodalidad.

La composición de tallas de los periodos analizados por medio de los estimadores de densidad por kernel, sugirió distribuciones multimodales en la mayoría de los años analizados, con un mínimo de 4 modas por año, lo que significa que la muestra fue relativamente significativa al abarcar diferentes tamaños de muestra. Además se considera que *O. niloticus* en la presa Emiliano Zapata presenta un periodo reproductivo mas o menos definido, lo cual determina un reclutamiento temporal reflejado en muestras con varias modas. Nelson (1981) menciona que la consecuencia de un proceso de reproducción constante origina reclutamiento continuo que no permite distinguir clases modales en las muestras.

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.

Esta situación se podría explicar debido a los diferentes artes de pesca utilizados, ya que la muestra de los individuos pequeños fue obtenida mediante un chinchorro playero de 1.0 cm de luz de malla así como con una atalaya de 6.5 cm de abertura de luz de malla, que representa la captura y medidas de los individuos maduros, además del 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.

El análisis de la frecuencia de tallas se basa en el supuesto de que cada una de las clases modales en la distribución de frecuencias corresponderá a una cohorte y representa diferentes clases de edad determinadas a intervalos de tiempo regulares. La presencia de modas en la distribución de tallas depende de la distancia entre las medias, el tamaño de la varianza, la proporción de cada clase de edad en la población y el tamaño de la muestra estudiada.

Salgado-Ugarte et al. (2000) mencionan que el número de modas depende del ancho del intervalo del histograma; generalmente este intervalo se fija en 0.5 cm para especies pequeñas menores a los 30 cm y de 1 a 2 cm en especies mayores a los 30 cm.

Se obtuvieron especímenes pequeños de *O. niloticus*, entre 8.8 a 16.0 centímetros de longitud total, en comparación con los organismos de *Oreochromis aureus* (7.62 a 10.16 cm de longitud total) reportada en otros depósitos en México por Bernal (1984), Morales (1992) y Guzmán (1994).

Así, la selectividad del arte de pesca puede influir en la forma de la distribución de frecuencia de tamaños, en la cual las tallas menores que no son completamente reclutadas al arte, estarán representadas en la frecuencia y ésta selectividad debe corregirse calculando la probabilidad de captura (Brey y Pauly, 1986). Cuando el arte es también selectivo en relación con las tallas superiores, como los trasmallos y los palangres, es mucho más difícil y a veces imposible utilizar los métodos basados en los análisis de frecuencia de tallas (Morales-Nin, 1991): Una secuencia temporal de distribuciones de frecuencia de tallas permite separar clases de edad que de otra manera podrían estar oscurecidas por la sobreposición de sus frecuencias en un análisis de las muestras juntas.

Prueba de multimodalidad de Silverman

Para entender mejor el comportamiento multimodal de los datos se realizó la prueba de multimodalidad de Silverman (bootstrap suavizado). Esta prueba se utiliza para encontrar la amplitud de banda que representa de manera adecuada a una distribución, poniéndose énfasis en el número de modas, el cual queda respaldado por un valor de significancia estadística. Mediante esta prueba se encontró que la distribución de los datos es multimodal con un valor de P significativo (≥ 0.40) y se encontró un ancho de banda (h), muy semejante al obtenido mediante las reglas prácticas de estimación (EDKs) (Silverman, 1986; Salgado-Ugarte, 2002).

Dado que la prueba de multimodalidad de Silverman 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 un respaldo objetivo a los resultados obtenidos.

La aplicación de estos métodos a los datos de este estudio sólo en el mes de diciembre llevó a la apreciación de seis modas, cuando se trazó el estimador de densidad correspondiente.

Gómez-Márquez (1998) encontró para *O. niloticus* en el lago de Coatetelco una longitud modal promedio de 10.5-11.5 cm de longitud patrón, así como tallas mayores a los 12 cm de longitud estándar que aproximadamente se acercan a los valores reportados para este estudio para el total de la muestra.

Una vez que se obtuvo el número correcto de modas para cada periodo por medio de la prueba de Silverman, se obtuvieron los componentes gaussianos mediante el método de Bhattacharya (1967). Este método se basa en la transformación lineal de una distribución gaussiana al considerar diferencias de frecuencia en escala logarítmica. En pesquerías se ha usado para definir a las distribuciones gaussianas presentes en una distribución mezclada que se supone representan diferentes clases de edad determinadas a intervalos de tiempo regulares (Salgado-Ugarte, *et al.* 2000a; Salgado-Ugarte *et al.* 2005). La presencia de modas en la distribución de tallas depende de la distancia entre las medias, el tamaño de la varianza, la proporción de cada clase de edad en la población y el tamaño de la muestra estudiada (MacDonald y Pitcher, 1979; Fournier, 1983).

En el proceso de selección de modas se han utilizado diversos acercamientos; métodos gráficos que determinan el área de la frecuencia acumulativa (Cassie, 1954; Bhattacharya, 1967) y métodos estadísticos que utilizan la máxima verosimilitud. Dentro de este segundo grupo, los parámetros del crecimiento pueden ser determinados por medio del ajuste de modelos complejos a una frecuencia de tallas (Schnute y Fournier, 1980). La determinación y verificación de estas hipótesis es posible cuando se atribuyen determinadas características a los procesos, en estos casos el método propuesto por Bhattacharya es de gran ayuda en estas determinaciones.

Los componentes gaussianos mostraron varias cohortes que determinaron la existencia de 6 clases de talla correspondientes a los periodos 1999, 2002 y 2004; y cinco para los años 2000, 2003 y 2005-06.

El método de Bhattacharya puede ser útil en la determinación de componentes gaussianos siempre y cuando los intervalos de las clases de tallas que se escojan sean pequeños y las frecuencias de cada clase estén bien representadas.

Las deficiencias de este método, se presentan en la obtención grafica de longitudes medias, ya que en ocasiones se observa la dispersión de algunos puntos, los cuales no se pueden agrupar, resultando difícil de establecer un criterio objetivo, sobre que puntos se deben tomar en cuenta para trazar la rectas y obtener así las medias que se utilizaran en la ecuación de von Bertalanffy (1938).

Una vez identificados los componentes gaussianos para cada año analizado 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 (Garduño-Paredes y Avelar-Esquivel, 1996; Beltrán-Álvarez *et al.*, 1998; Gómez-Márquez, 2002), entonces cada grupo modal corresponderá a una cohorte, por lo tanto, deberá haber una diferencia entre cohortes de aproximadamente medio año. Con esta información y con los valores medios de talla por grupo se estimaron los parámetros correspondientes a los modelos de crecimiento de von Bertalanffy (1938).

Edad y crecimiento

La determinación exacta de la edad de los peces es uno de los elementos más importantes para el estudio de la dinámica de sus poblaciones y es la base para hacer los cálculos que permiten conocer el crecimiento, mortalidad, reclutamiento y otros parámetros fundamentales de su población.

Snelson (1984) propone que los peces que presentan una alta mortalidad tienden a madurar a una edad más temprana y que con esto suplen la alta mortalidad mediante una reproducción más temprana y en la mayoría de las especies, los machos envejecen y mueren a una más temprana edad que las hembras.

El crecimiento se basa en la relación de los procesos anabólicos y catabólicos de los individuos (peces) y estos crecen a medida que la formación de estos procesos sobrepasa a la degradación y se detiene cuando ambos se equilibran. Por consiguiente el crecimiento de un pez es el resultado de su alimentación, su asimilación y la capacidad de construir tejidos en su cuerpo y puede ser definido de diferentes maneras; sin embargo, todas concuerdan que es el efecto de la adición de material corporal (Nikolsky, 1963).

Las constantes del modelo de von Bertalanffy(1938), se pudieron estimar mediante los métodos tradicionales de Ford-Walford (1949), Gulland (1969), Gulland-Holt (1959), Beverton-Holt (1957), así como por el método de regresión no lineal, del paquete estadístico Stata (1999) y por las rutinas de Salgado-Ugarte *et al.* (2000b).

Los diferentes modelos obtenidos mostraron que la longitud asintótica de la población del año 2000 ($L_{\infty}= 35.12$) fue la mayor de todos los periodos de estudio y la menor se registró para el año 2003 ($L_{\infty}= 21.01$). Aun así las diferentes L_{∞} obtenidas oscilaron en el mismo promedio de valores; en cuanto al peso el año 1999 fue el que presentó el mayor peso ($W_{\infty}= 315.65$ g) y el menor fue registrado para el año 2003 ($W_{\infty}= 152.57$ g).

Estos contrastes en la longitud y el peso se deben a la reducción de tallas en la presa, lo cual puede deberse a factores como disponibilidad del alimento (calidad y cantidad), temperatura del agua, competencia, área de captura, abertura de luz de malla y aspectos de explotación y reproducción.

Para el único periodo por el cual se analizó por sexo fue el correspondiente a 1999 donde se obtuvo que los machos ($L_{\infty}= 31.99$) presentan una talla asintótica mayor a la de las hembras ($L_{\infty}= 23.26$), mientras que en peso las hembras alcanzaron un peso aproximado de $P_{\infty}= 206.15$ g y los machos ($W_{\infty}= 226.83$ g). En el caso de algunas especies de tilapia, el macho crece más rápido que las hembras, esto como producto de la maduración de las gónadas (lo cual en muchas especies de peces puede inhibir o suspender por completo o temporalmente el crecimiento), ya que las reservas son orientadas al desarrollo de las gónadas y por lo tanto el crecimiento somático resulta inhibido (Weatherley *et al.* 1987; Dache, 2006; Bwanika *et al.*, 2007). Así mismo, la tasa de crecimiento fue diferente para cada grupo analizado con lo cual aparentemente se presentaron años donde se desarrollaron con una mayor lentitud en relación a otros periodos.

Pauly (1984) menciona que el valor de L_{∞} debe encontrarse cerca de los valores máximos observados en los peces capturados; en este caso esta regla se cumple, ya que el valor máximo obtenido de las diferentes bases de datos analizadas fue de 28.5 cm, lo que significó que existe una buena relación entre los resultados obtenidos por el método de frecuencia de tallas por medio de los EDKs.

Con referencia a los parámetros de crecimiento, Morales (1991) para *O. aureus* y Yamaguchi *et al.* (1990) para *O. niloticus*, reportan valores similares de longitud de 25 cm. La similitud de estos resultados, tal vez se deba al intervalo de temperatura del agua en el cual estos se realizaron, (24° a 30° C) y al cual están sometidos en los sistemas acuáticos.

Valores diferentes a los reportados en este estudio son los realizados por Getabu (1992) en el lago Victoria donde obtuvo los parámetros de crecimiento para *Oreochromis niloticus* y encontró un valor de $L_{\infty}= 646$ mm con una tasa de crecimiento de $K= 0.254$. Jiménez-Badillo (1999) realizó un estudio de crecimiento en *Oreochromis aureus*, con el propósito de proponer medidas que permitan regular la explotación del recurso. Las constantes obtenidas para el modelo de crecimiento de la población total fueron de $L_{\infty}= 344.6$ mm; $W_{\infty}=478.5$ g; $K= 0.46$ y $t_0= -0.055$.

Tovar (2005) Mediante el análisis de lectura de escamas y otolitos registró 4 anillos de crecimiento, de *O. niloticus* en la presa Emiliano Zapata obteniendo mediante métodos lineales, los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy para la población en general, respecto a la lectura de escamas $L_{\infty}= 230.74$ mm longitud total, $K= 0.64$, $t_0= -0.168$, $W_{\infty}= 200.2$ g peso total y de otolitos $L_{\infty}= 203.07$ mm longitud total, $K= 0.59$, $t_0= -1.01$, $W_{\infty}= 135.1$ g peso total.

Manríquez-Ledezma (2005) reporta valores de $L_{\infty}= 20.19$ cm longitud total, $K= 0.6081$, $t_0= -0.420$, $W_{\infty}= 122.5$ 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 de *O. niloticus* en el Lago Coatetelco, Morelos. Morales-Linares (2006) mediante la determinación, por análisis de frecuencia de tallas consiguió los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy para *O. niloticus* en la presa Emiliano Zapata para el periodo 2004 donde obtuvo $L_{\infty}= 22.8640$ $K= 0.3579$ y $t_0= 0.4796$ y un peso asintótico de $W_{\infty}= 169.9882$.

La aplicación del análisis multivariado de T^2 - Hotelling nos describe que las condiciones ambientales, son similares para ambos sexos, e influyen de igual manera, durante la etapa juvenil; sin embargo después de la maduración sexual las características en la fisiología reproductiva y el comportamiento, son diferentes en cada sexo. En este análisis se aplicó únicamente al periodo 1999, ya que como se indicó anteriormente en este año se realizó el análisis de crecimiento por sexos, mostrando que la tasa de crecimiento K fue el parámetro que más influyó en las diferencias de sexos. Lo anterior reafirma que para evaluar el crecimiento en peces no sólo se requiere de realizar evaluaciones considerando a los sexos por separado, sino que además es necesaria la aplicación de procedimientos estadísticos más robustos que permitan la detección de diferencias más sutiles.

La tasa de crecimiento o constante de catabolismo (K) es uno de los factores que más influyen en la ecuación de crecimiento, durante el tiempo que el pez es joven. Por lo tanto la relativa significancia entre L_∞ y K se considera es una típica diferencia entre la fisiología reproductiva y el comportamiento sexual de los organismos (Bernard, 1981).

Así mismo las variaciones entre años y localidades de la tasa de crecimiento en una misma especie podrían ser atribuidas a diferencias de temperatura y disponibilidad de alimento en el lugar donde viven los recursos, esto si se considera que el parámetro de crecimiento K se relaciona con la tasa metabólica del pez y ésta a su vez con la temperatura (Sparre y Venema 1995).

Bernard (1981) menciona que cuando se lleva a cabo una prueba estadística univariada esta resulta inadecuada cuando se comparan diferencias entre parámetros semejantes de dos grupos de peces. Asimismo, cita que el utilizar el procedimiento de la T^2 permite probar diferencias entre dos grupos de peces, cuando la correlación entre los valores de los parámetros de crecimiento es significativa.

Al comparar los diferentes estudios, se puede apreciar que existe variación en los parámetros de crecimiento de los peces de un lugar a otro, dependiendo de la ubicación geográfica de los diferentes sistemas acuáticos, de las condiciones ambientales de los cuerpos de agua así mismo de la presión por pesca a la que son sometidos los organismos así como las características tróficas de los sistemas. Por lo tanto las características así como el potencial de adaptación, han permitido estar presente en el embalse y ser una fuente alta en proteínas así como una fuente económica para la población local.

Los estudios de crecimiento son importantes, particularmente para las especies que son utilizadas como alimento para el hombre, debido a que el crecimiento es el resultado del consumo del alimento con la consecuente construcción de tejido en el cuerpo, lo que significa un aumento en la biomasa de los organismos y esto ocurre cuando la tasa de anabolismo supera a la tasa de catabolismo (Nikolsky, 1963).

La variación en los valores del índice de interpretación se puede deber a las condiciones de los parámetros de crecimiento ya que pueden variar aún entre la misma especie ya que dependen de las condiciones en donde se desarrollen y del metabolismo de los organismos (Pauly, 1984). Además se considera que este índice varía en función de la talla máxima capturada, así como por el arte de pesca utilizado y al estrés que produce la calidad del agua a la que estuvieron sometidas las especies (Gómez-Márquez, 2002).

Así mismo Jones (1976) menciona que existe una correlación negativa entre los valores de K y L_{∞} y que la tasa de reducción en K conforme incrementa el valor de L_{∞} no es uniforme. Así mismo existe una tendencia positiva entre el valor de L_{∞} y la edad máxima que obtienen los individuos.

Las variaciones entre los años pueden ser atribuidas a diferencias de temperatura y disponibilidad de alimento en el lugar donde se encuentran los recursos, y por esto es la variabilidad registrada para el índice Φ' .

Nikolsky (1963) y otros autores han señalado algunas consecuencias más serias. Si los individuos crecen a ritmos diferentes, que pueden describirse por las diferencias en los parámetros de crecimiento K y L_{∞} , los resultados que darán muchos análisis no serán los mismos que los que se obtendrían si todos los peces crecieran a un ritmo igual, descrito por unos parámetros K y L_{∞} equivalentes a las medias de los valores individuales de K y L_{∞} . Por ejemplo, si estamos estudiando el crecimiento de peces marcados y aplicamos el índice de interpretación a organismos grandes, estos serán los que tendrán los valores más altos de L_{∞} . Estos ejemplares crecerán más de lo previsto, y los incrementos disminuirán menos de lo que cabía esperar.

Las diferencias en el índice catabólico K , indican diferencias en la longevidad, talla de primera captura, índice de mortalidad natural y otros parámetros de dos o más poblaciones en un área determinada. Dichos cambios se traducen en variaciones de la biomasa de las distintas poblaciones, es decir, el peso ganado para cada población debido al crecimiento, y el peso de cada población, perdido por la mortalidad natural. (Gallardo-Cabello, 1983). Taylor (1968) (Citado en Gallardo-Cabello, 1983) establece que el coeficiente K guarda una relación directamente proporcional con el logaritmo de la temperatura media del agua superficial; y una relación inversamente proporcional al valor de la temperatura con respecto a L_{∞} y la edad límite. También es de suponerse, que la longitud y edad límite dependen especialmente de la cantidad del alimento, del desove y de los efectos de la explotación pesquera.

Las diferencias del valor de K entre las mismas especies, pueden estar relacionadas con lo establecido por Wheatherly (1966). Este autor pone de manifiesto, que las familias o especies, pueden llegar a presentar tasas potenciales de crecimiento determinadas genéticamente. Dichas tasas pueden variar dentro de cada especie o población de acuerdo con las condiciones ambientales de un área determinada. Como son la temperatura, la disponibilidad del alimento y la intensidad de la competencia, las cuales producen variaciones.

También es importante señalar que las tasas de crecimiento de una familia o especie, pueden presentar importantes variaciones debidas a la explotación pesquera. La cual puede producir una disminución en la talla comercial de las especies sometidas a explotación, y por lo tanto, desviaciones del valor del coeficiente K. (Gallardo-Cabello, 1983).

Con respecto al crecimiento los resultados obtenidos en este trabajo en cuanto a la interpretación de la edad por medio del análisis de distribución de tallas nos indicó que la población esta siendo sobre explotada o ya lo estaba por el arte de pesca utilizado. Los datos aquí presentados ayudaran a conservar y manejar el recurso, con lo cual se podrán implementar modelos y políticas de pesca, fortaleciendo la pesquería de *O. niloticus* así como las necesidades económicas de la población que dependen de este medio.

Parámetros fisicoquímicos

Las aguas epicontinentales reciben componentes de la atmósfera, de las rocas del suelo y de los organismos, por lo que su composición está restringida por las condiciones internas (Wetzel, 1981). Por lo tanto, la calidad del agua de cualquier cuerpo acuático dependerá de la cuenca en la que se ubique de la altitud, de la latitud, de la época del año en la que se realice el monitoreo, de los aportes por medio de los afluentes y de la tasa de renovación que presenta el sistema acuático.

La presa Emiliano Zapata presentó condiciones de temperatura en el agua que oscilaron entre 21 ° y 31.1° C, características que presentan los sistemas de climas subtropicales (Contreras-Macbeath, 1995).

La temperatura del agua juega un papel trascendente en el sistema, ya que modifica el metabolismo de los organismos y por lo tanto la producción del sistema. Así mismo influye en el proceso de estratificación aunque la producción primaria del lago o embalse sea relativamente baja (Prat y Rieradevall, 1998)

Díaz-Pardo *et al.* (1986) mencionan que un factor importante que determina en cierto grado el comportamiento de la temperatura a través de la columna de agua del agua, es la relación entre temperatura de la superficie del cuerpo de agua y la del aire, que se manifiestan en el intercambio de calor entre ambas fases.

La temperatura es uno de los factores que se debe tomar en cuenta para un estudio limnológico, por que influye en el comportamiento de los organismos y tiene una participación importante en la solubilidad de los gases, en la tasa fotosintética, en el crecimiento y en la reproducción de las especies. (Dorantes y Zavala, 2003).

Dorantes y Zavala (2003) afirman que el intervalo de temperatura de 20 a 30°C es adecuado para el cultivo de peces. Bardach *et al.* (1986) reportan que cuando las tilapias han alcanzado la madurez sexual, estas pueden reproducirse entre las tres y seis semanas siguientes mientras el agua está cálida y, cuando las condiciones ambientales son desfavorables la actividad reproductiva se suspende, lo cual para el estado de Morelos podría suceder durante la estación de invierno cuando la temperatura del agua disminuye hasta los 21°C, como consecuencia de la temperatura ambiente. Sin embargo, durante esta temporada también se lleva a cabo la reproducción de los peces en este cuerpo de agua como lo muestra la variación de los estadios de maduración gonádica.

Así la similitud de los resultados referentes al crecimiento es probable que se deban al intervalo de temperatura del agua en el cual estos se realizaron, que fue entre 24° a 32°C así como al grado de eutrofización y nivel de captura al cual está sometido este sistema acuático.

Con respecto al oxígeno disuelto su concentración durante todo el periodo de estudio fue variable. El oxígeno disuelto presentó valores bajos durante la época del año en donde las temperaturas ambientales son altas y los valores aumentan conforme la temperatura ambiental disminuye. Lo cual se puede traducir de que a mayor temperatura ambiental, el oxígeno se encontrará en menor proporción y esto es debido principalmente a la solubilidad que presenta este mismo.

El oxígeno disuelto es uno de los parámetros mas importantes de los lagos, por que es esencial para el metabolismo de todos los organismos acuáticos que presentan una respiración de tipo aeróbica (Wetzel, 1981) por lo tanto se convierte en un factor limitante para la vida en el agua (Delince, 1992).

La tilapia puede vivir en condiciones ambientales adversas, ya que soporta bajas concentraciones de oxígeno disuelto con valores que van de 1 a 5 mg/l. A lo largo de periodo de estudio el agua de la presa presento concentraciones de oxígeno que permitieron a la tilapia desarrollarse en forma adecuada.

El pH es el resultado de las interacciones de los procesos bióticos y abióticos y es una medida de acidez, alcalinidad o neutralidad del agua. (Romero-Rojas, 1999). De acuerdo a los valores reportados a lo largo de un año de estudio, indico que el agua va de ligeramente neutra a ligeramente alcalina con presencia de formas bicarbonatadas. (Delincé, 1992).

Arredondo-Figueroa (1986) sugiere que las aguas que presentan un pH entre 6.5 y 9 son las más apropiadas para el desarrollo de los peces. La reproducción y crecimiento disminuyen en valores inferiores a 6.5 o mayores a 9.5 por debajo de 4, se presenta la muerte ácida y por encima de 11 la muerte alcalina.

Morales (1991) establece que los valores de pH deben oscilar entre 6.5 y 8.5, por lo que en la presa el pH resulta ser un factor que no influye de manera negativa en el desarrollo óptimo de la tilapia aun en la temporada de secas cuando el nivel del embalse disminuye en más del 70% de su capacidad.

Wetzel (1981) menciona que los lagos que tienen cantidades elevadas de carbonatos y bicarbonatos derivadas de la disolución de la calcita (CaCO_3) provocan valores elevados de alcalinidad y de pH.

La conductividad del agua es una expresión numérica de su habilidad para transportar una corriente eléctrica. La conductividad del agua depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua y de la temperatura a la cual se realice la determinación (Romero-Rojas, 1999). El agua presentó valores que oscilan entre $620\mu\text{S/cm}$, hasta $1010\mu\text{S/cm}$. La conductividad tiene una estrecha relación con la temperatura, (Fig.99), la conductividad es alta en los meses mas calurosos del año, mientras que en los meses fríos, la conductividad disminuye notablemente.

En general, los valores mínimos y máximos obtenidos en cada uno de los parámetros fisicoquímicos tomados en este estudio, corresponden con los valores reportados por autores que trabajaron en años anteriores en la misma presa como Granados (1990), González y López (1997), Pérez y Patlani (2002), Dorantes y Zavala (2003), Tovar, (2005) y Morales-Linares (2006).

Estos resultados servirán de base para el diseño y manejo de proyectos acuícolas para el sistema, cuyo plan de manejo se percibe necesario a fin de garantizar la sustentabilidad ambiental de su aprovechamiento. *Oreochromis niloticus* es una especie que cuenta con buena aceptación en el mercado, sobre todo en el ámbito mundial, donde su cultivo genera una fuente de alimento para la población así como empleo y divisas.

El manejo adecuado de los parámetros fisicoquímicos en un programa de producción de cría puede llevar a resultados útiles y económicamente deseables, ya que en muchos centros de producción piscícola y estanques se incrementa notablemente la supervivencia de alevines, crías y juveniles con respecto a lo que sucede en la naturaleza; lo anterior pone de manifiesto la importancia de mantener y vigilar de cerca estos parámetros.

Conclusiones

- El intervalo de tallas para los machos presentó tallas entre 5.1 a 28.5 cm de longitud total con peso total entre 12.15 a 300 g de peso total, mientras que para las hembras fue de 7.8 a 25 cm de longitud total y de 8.1 a 271 g de peso total.
 - La proporción sexual en este sistema acuático se vió favorecida a favor de los machos en comparación con las hembras a lo largo del estudio (mas de cuatro machos por cada hembra en promedio), debido a factores reproductivos de la especie así como influencia antropogénica en la captura.
 - El tipo de crecimiento presentado por la especie en el sistema es alométrico negativo (mayor crecimiento en longitud que en peso), así mismo se encontró que el peso incrementa alométricamente con la talla.
 - La variación de los valores de las pendiente (b) derivadas de la relación peso-longitud de los diferentes años, expresaron una tendencia en su comportamiento relacionada con la época reproductiva, donde se observa un aumento de esta en los meses de febrero y agosto, lo que apoya los dos máximos periodos de reproducción de *O.niloticus* que se registran en la presa Emiliano Zapata.
 - Respecto a los valores del factor de condición de Fulton (1902) y Clark (1928), estos mostraron una variabilidad adecuada de condición para machos y hembras, así como para la población en general durante época de secas (Febrero a Junio) y una baja en la condición durante la época de lluvias (Julio a Octubre).
 - Con base en la proporción de estadios gonádicos y el apoyo de los índices gonadosomático y hepatosomático, se establece que la época de reproducción máxima para la especie es de julio a octubre para *O. niloticus* en la presa Emiliano Zapata.
 - La longitud de primera madurez sexual para los machos de *Oreochromis niloticus* osciló entre tallas de 15.07 y 17.9 cm y para las hembras en tallas de 16.6 a 17.9 cm.
 - El comportamiento presentado por las medias ajustadas (ANAMUCOVA), en el caso del peso de la gónada, sigue la misma tendencia para todos los años en estudio, presentando siempre dos picos que concuerdan con la época reproductiva de la especie. La primera ligeramente menor, registrándose casi siempre de febrero a marzo (época de secas) y la segunda comprendida entre los meses de junio-agosto (época de lluvias).
-

- La composición de tallas de los periodos analizados por medio de los estimadores de densidad por kernel, revelaron distribuciones polimodal en la mayoría de los años analizados, con un mínimo de 4 modas por año determinadas con el apoyo de la prueba de multimodalidad de Silverman (1986).
- Con la aplicación del método de Bhattacharya (1967), se determinaron la existencia de 6 clases de talla correspondientes a los periodos 1999, 2002 y 2004 y cinco para los años 2000, 2003 y 2005-06.
- La determinación, por análisis de frecuencia de tallas, para los valores correspondientes a los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy (1934) se realizó por el análisis de regresión no lineal simple. Por lo tanto, los modelos de crecimiento en longitud (L_t) y peso (W_t) son:

1999	$L_t = 29.5589 [1 - \exp^{-0.4170(t + 0.8682)}]$
2000	$L_t = 32.1200 [1 - \exp^{-0.1925(t + 1.5388)}]$
2002	$L_t = 26.8791 [1 - \exp^{-0.5133(t + 0.1828)}]$
2003	$L_t = 21.0110 [1 - \exp^{-0.6011(t + 0.5370)}]$
2004	$L_t = 25.1984 [1 - \exp^{-0.4836(t + 0.4307)}]$
2005-06	$L_t = 21.8871 [1 - \exp^{-0.8362(t + 0.1277)}]$
1999	$W_t = 315.65 [1 - \exp^{-0.4170(t + 0.8682)}]^{2.659}$
2000	$W_t = 219.35 [1 - \exp^{-0.1925(t + 1.5388)}]^{2.767}$
2002	$W_t = 299.44 [1 - \exp^{-0.5133(t + 0.1828)}]^{2.846}$
2003	$W_t = 152.57 [1 - \exp^{-0.6011(t + 0.5370)}]^{2.817}$
2004	$W_t = 246.29 [1 - \exp^{-0.4836(t + 0.4307)}]^{2.823}$
2005-06	$W_t = 176.34 [1 - \exp^{-0.8362(t + 0.1277)}]^{2.962}$

- Con base en el análisis multivariado de la T^2 de Hotelling para comparar el crecimiento entre dos poblaciones de peces (machos y hembras pertenecientes al periodo 1999), se obtuvo que el valor crítico que más influye en la ecuación de crecimiento para machos y hembras de *O. niloticus* pertenecientes al año 1999 es el valor de K ($T^2 = 20.3813$, $P = 0.01$).
- Con relación al índice de interpretación del crecimiento (ϕ'), los valores muestran valores entre 2 y 2.7 para *O. niloticus*. Sin embargo, se han reportado valores menores a 2 para la misma especie, pero se observa que corresponden a datos donde la tasa de catabolismo (K) es baja.
- La edad límite encontrada para *O. niloticus*, establece una longevidad promedio de 6 años.

REFERENCIAS

- Admassu, D. y I. Ahlgren. (2000). Growth of juvenile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. from lakes Zwai, Langeno and Chamo (Ethiopian rift valley) based on otolith microincrement analysis. Ecology of freshwater fish. 9 (3).127-137.
 - 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 p.
 - Ahmed, K. K. U.; S. M. N. Amin; G. C. Halder 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, FES Zaragoza, UNAM., México, D. F., 130 p.
 - Alvarado C.R.M., G.M. J. Fabila y D.V.A.Zamora (1990). Algunos aspectos reproductivos de *Oreochromis mossambicus* (Osteichthyes: cichlidae) en la laguna El Rodeo, Morelos. Tesis de Licenciatura FES Zaragoza, UNAM. México. 1-26.
 - Anónimo. (1981). Síntesis geográfica del estado de Morelos. INEGI. S.S.P. México. 110 p.
 - Anónimo (2004). Anuario Estadístico de Pesca (2003). Dirección de Estadística y Registro Pesquero. Secretaría de Pesca. 235 p.
 - 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. Acui. 12: 1 – 12.
-

- Arredondo-Figueroa, J. L. (1983). Especies animales acuáticas de importancia nutricional introducidos en México., *Biótica* 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 UNAM. 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) (1): 59-68.*
 - APHA, AWWA y WPCF (1971). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.*. Washington, D.C. Edition. 874 p.
 - Banda, M. C. (1992). Age and growth parameters of the chambo (*Oreochromis* spp.) in the south-east arm of Lake Malawi, as determined from opercular bones., GOM7UNDP/FAO Chambo Fisheries Research Project, Malawi., FI: DP/MLW/86/013, Field Document 20: 31 p.
 - Balirwa, J.S. (2006). The evolution of the fishery of *Oreochromis niloticus* (Pisces: Cichlidae) in Lake Victoria. *Hydrobiologia* 232(1):85-89.
 - Bagenal, T.B. (1957). The breeding and fecundity of the long rough *dad Hippoglossoides platessoides* (Fabr.) and the associated cycle in condition. *Journal of Marine Biology Association.U.K* 36:339-375.
 - Bardach, E. J., J. H. Ryther y W.O. McLareney. (1986). *Acuicultura. Crianza y cultivo de organismos marinos y de agua dulce.* AGT Editor, S.A.: 288-316.
 - Basiao, Z.U., R.W, Doyle y A.L, Arago. (1996). A statistical power analysis of the internal reference technique for comparing growth and growth depensation of tilapia strains. *Journal of Fish Biology.* 49 (2):277-286.
 - Basiao, Z.U y R.W, Doyle (1999). Test of size- specific mass selection for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L., cage farming in the Philippines. *Aquaculture research.* 30 (5):373-378.
 - Basurto, M. (1984). Estudio preliminar al conocimiento biológico y pesquero de la Tilapia nilotica (Linneo) en la Laguna de Chila, Veracruz. Tesis profesional. Universidad del Noroeste, Tampico, Tamp.
-

- Bwanika, G. N., L. J. Chapman., Y. Kizito y J. Balirwa. (2004). Observations on the biology of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L., in two Ugandan crater lakes. *African Journal of Ecology* 42 (s1), 93–101.
 - Bwanika, G. N., L. J. Chapman., Y. Kizito y J. Balirwa (2006). Cascading effects of introduced Nile perch (*Lates niloticus*) on the foraging ecology of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Ecology of Freshwater Fish* 15 (4), 470-481.
 - Bwanika, G.N., D.J, Murie y L.J, Chapman. (2007). Comparative age and growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) in lakes Nabugabo and Wamala, Uganda. *Hydrobiologia*. Online. Primary Research Paper.
 - 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.
 - Bernal, E.O. (1998). Cultivo de *Oreochromis niloticus* en estanques de concreto con fertilizacion organica y quimica. Tesis de licenciatura, FES Zaragoza, UNAM 50 p.
 - Bernard, R.D. (1981). Multivariate analysis as a mean of comparing growth in fish. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 38: 233-236.
 - Bhattacharya, C.G. (1967). A Simple Method of Resolution of a Distribution into Gaussian Components. *Biometrics*, 23: 115-135.
 - Booth, J.A. y G.S, Merron. (1996). The age and growth of greenhead tilapia *Oreochromis macrochir* (Pisces: Cichlidae) from the Okavango delta, Botswana. *Hydrobiology*.321 (1):29-34.
 - Booth, J.A, G.S, Merron y Buxton, C.D. (2005). The growth of *Oreochromis andersonii* (Pisces: Cichlidae) from the Okavango delta, Botswana, and a comparison of the scale and otolith methods of ageing. *Environmental Biology of Fishes*. 43 (2) 171-178.
 - Brey, T. y D. Pauly. (1986). Electronic Length frequency Analysis. A revised an expanded user's guide to ELEFAN O, 1 and 2. *Berichte aus dem Institut fur Meereskunde* 149: 49 pp.
 - Britton, J.R y D. M. Harper. (2006). Length-weight relationships of fish species in the freshwater rift valley lakes of Kenya. *Journal of applied Ichthyology*. Vol. 22 (4): 334-336.
 - Cassie, R.M. (1954). Some use of probaility paper in the analysis of size frequency distributions. *Australian Jounal of Marine and Freshwater Research*, 5: 513–522.
-

- Cifuentes-Lemus, J.L, M.P. Torres-García y M, Torres–Mondragón (1990). El océano y sus recursos. Ed. Fondo de Cultura Económica. México.
 - Chimits, P. (1957). The tilapias and their culture. A second review and bibliography, Fisheries Bulletin, FAO, Roma, Italia., 10 (1): 1 – 24.
 - Chmylevskii, D. A. (1998). Influence of Increased Temperature on Growth of *Oreochromis mossambicus*. Biological Research Institute, St. Petersburg State University, Russia. 125 p.
 - Csirke, J.(1980). Small Schooling pelagic fish stocks. In Gulland J. (Ed.). Fish population dynamics: The implications for management .2nd de. Wiley Interscience. UK. 422 p.
 - Collins, A.L y T.A, Anderson (1995). The regulation of endogenous energy stores during starvation and refeeding in the somatic tissues of the goleen perch. Journal fish Biol. 47:1004-1015.
 - Contreras-MacBeath, T. (1995). Ecosistemas acuáticos del Estado de Morelos. Ciencia y desarrollo. 20 (122):42-51.
 - Cordova, C.A. (1994). Influencia de la intensidad y fotoperíodo con diferentes temperaturas en el crecimiento de la tilapia del nilo (*Oreochromis niloticus*) en condiciones controladas de laboratorio. Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza, UNAM.71p.
 - Dache, S. (2006). Observations on the fisheries, growth and mortality rate of *Oreochromis niloticus* (tilapia) in the Nyanza Gulf of Lake Victoria. Proceedings of the Second EEC Regional Seminar on Recent Trends of Research on Lake Victoria Fisheries, Nairobi : ICIPE SCIENCE, p. 59-65.
 - Daniel, W. W. (1997). Bioestadística. Base para el análisis de las ciencias de la salud. 3ª Edición. Limusa. México, 878 p.
 - 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, UNAM., México, D. F.
 - Delincé, G.(1992). The ecology of the fish pond system. With special reference to Africa. Klumer Academic Publisher. 230 p.
 - De Vlaming, V., G. Grossman y F. Chapman (1982). On the use the gonosomatic index. Comp. Biochem. Physiol. Vol 73 A, No. 1: 31-39.
 - Díaz-pardo E., C. Guerra y G. Vázquez, (1986). Estudio bioecológico de la laguna de Atezca. Hidalgo, México. I Análisis limnológico. Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, 30:171-180.
-

- Dorantes, G.E y M. M.Zavala (2003). Estudio de la calidad de agua de tres cuerpos de agua acuáticos en el estado de Morelos. Tesis de licenciatura, FES Zaragoza, UNAM., México.92p
 - Duphonchelle, F. y M. Legendre (2000). *Oreochromis niloticus* (Cichlidae) in Lake Ayame, Cote d'Ivoire. Life history traits of a strongly diminished population., *Cybiu* 24(2): 161-172.
 - Duphonchelle, F. y J. Panfili (2004). Variations in age and size at maturity of female Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, populations from man-made Lakes of Côte d'Ivoire. *Journal Environmental Biology of fishes*. 52.(4): 453-465.
 - 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.
 - Figueredo, C.C y A. Guiani. (2005). Ecological interactions between Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, L.) and the phytoplanktonic community of the Furnas Reservoir (Brazil).*Freshwater Biology* 50 (8):1391-1403.
 - Flores-Maldonado, O. (1994). Crecimiento de *Oreochromis niloticus* en estanques con diferente fertilización en un clima templado., Tesis de licenciatura, FES. Zaragoza, UNAM., 56 p.
 - Fournier, D.A. (1983). Use of length and age data for estimating the age structure of a collection of fish. *In* W.G. Doubleday and D. Ricard, (eds). *Sampling commercial catches of marine fish and invertebrates*. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences 66: 206–208.
 - 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 p.
 - Gallardo-Cabello, M. (1983). Análisis del crecimiento de la anchoveta *Engraulis mordax girard*, en aguas de baja california norte (pisces: engraulidae). *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Auton. México*.12(1):173-186.
 - Gallardo-Cabello, M. (1986). Análisis de las frecuencias de tallas por medio de los métodos de Petersen, Cassie y Bhattacharya, para la determinación de la edad de la brótola *Phycis blennoides* (Brunnich 1768) en el Mediterráneo Occidental (Pisces: Gadidae). *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Auton. México*, 13(2): 187-195.
 - García-Berthou, E. y R. Moreno-Amich (1993). Multivariate analysis of covariance in morphometric studies of the reproductive cycle. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 50: 1394-1399.
-

- Garduño P.M y J.E Avelar (1996). Edad y Crecimiento de la mojarra en la Laguna de Coatetelco. Morelos. Tesis de Licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM. 71p.
 - Garduño, P.M.,J.Avelar-Esquivel y J.L.M. Gómez .(1993). Obtención del crecimiento a través del método de Bhattacharya y de estructuras duras. Memorias del XII Congreso Nacional de Zoología. UANL.79 p.
 - Getabu, A. (1992).Growth parameters and total mortality in *Oreochromis niloticus* (Linnaeus) from Nyanza Gulf, Lake Victoria., Hidrobiología 232: 91 – 97.
 - Getinet, G.T y N.B, Amrit. (2007). Characterization and comparison of variations in reproductive performance of Chitralada strain Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). Aquaculture Research. (Online early articles).doi.1111/j.1365-2109.
 - Gómez-Márquez, J.L. (1994). Métodos para determinar la edad en los organismos acuáticos, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. U.N.A.M. 89 p.
 - Gómez-Márquez, J.L. (1998). Age and growth of *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) in México. Rev.Biol.Trop.46 (4):929-936.
 - Gómez-Márquez, J.L. (2002). Estudio limnológico pesquero del lago Coatetelco, Morelos, México. Tesis Doctorado. Facultad de Ciencias, UNAM.181 p.
 - Gómez-Márquez, J.L., B. Peña-Mendoza, I.H, Salgado-Ugarte y M. Guzmán-Arroyo (2003). Reproductive aspects of *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) at Coatetelco lake, Morelos, Mexico. Rev. Biol. Trop. (1): 221-228.
 - Granados-Flores, K. M. (2006). Estudio preliminar de edad y crecimiento de la tilapia (*Oreochromis niloticus* y *Oreochromis aureus*), con base en escamas, en la presa Fernando Hiriart Balderrama “Zimapan”., Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM.
 - González, R.J.M. y G.A. López (1997). Aspectos Hidrobiológicos de la presa Emiliano Zapata, Morelos, México. Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza, UNAM. 82 p.
 - 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, UNAM., 70 p.
 - 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, UNAM., México, D. F., 33 p.
-

- Haddom, M. (2001). *Modelling and quantitative methods in fisheries*.ed. Chapman & Hall/CRC.405p.
 - Holden, M.J y D.F.S. Raitt (1975). *Manual de ciencia pesquera. Parte 2. Métodos para investigar los recursos y su aplicación. Doc. Tec. Fao. Pesca (115). Rev. 1: 211p.*
 - Horrpila, J., K. Nyberg (1999). *The validity of different methods in the backcalculation of the lengths of roach-a comparison between scales and cleithra. Journal of fish Biology.54: 489-498.*
 - Jaramillo-Salazar, G. y A. Sánchez-Vázquez. (1991). *Evaluación del crecimiento de la carpa barrigona (Cyprinus Carpio rubrofuscus) y tilapia (Oreochromis urolepis 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, ENEP. Zaragoza, UNAM. 87 p.*
 - Jepsen, D.B, K.O. Winemiller y D.C. Taphord. (1999) *Age structure and growth of peacock cichlids form rivers and reservoirs of Venezuela. Journal of Fish Biology. 55(2):433-450.*
 - Jiménez-Badillo, M.L. (1999). *Análisis de la pesquería de tilapia Oreochromis spp. (Pisces: Cichlidae) en la presa Adolfo López Mateos, Michoacán-Guerrero. Tesis doctoral. Inst. De Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. México. 178 p.*
 - Jiménez-Badillo, M.L. (2004). *Application of holistic and analytical models for the management of tilapia fisheries in reservoirs. Hidrobiológica 14(1):61-68.*
 - Jiménez-Badillo, M.L. (2006). *Age-growth models for tilapia Oreochromis aureus (Perciformes, Cichlidae) of the Infiernillo reservoir, México and reproductive behaviour. Revista Internacional de Biología Tropical y Conservación. 54(2): 577-588.*
 - Jones, R.(1976) *Growth of Fishes. En Cushing, D.H y J.J, Walsh,(eds) The ecology of the seas. W.B Saunders Company, Philadelphia, Toronto.251-282.*
 - Kaliba, A.R., K.O. Osewe., E. M. Senkondo., B. V. Mnembuka y K. K. Quagraine (2006) *Economic Analysis of Nile Tilapia (Oreochromis niloticus) Production in Tanzania. Journal of the World Aquaculture Society. 37(4):464–473.*
 - Kaliba, A.R., C. C. Ngugi., J. Mackambo y K. K. Quagraine. (2007). *Economic profitability of Nile tilapia (Oreochromis niloticus L.) production in Kenya. Aquaculture Research (OnlineEarly Articles).*
 - Khallaf, E.A., M. Galal y M. Authman. (2003). *The biology of Oreochromis niloticus in a polluted Canal. Journal of ecotoxicology. 12(3):405-416.*
-

- King, M. (1995). Fisheries Biology, Assessment and Management. 2ed. Ed. Fishing News Books. 341 p.
 - Kolding, J. (2006). Population dynamics and life-history styles of Nile Tilapia *Oreochromis niloticus*, in Ferguson's Gulf, Lake Turkana, Kenya. Environmental Biology of Fishes. 37(1):25-46.
 - Lagler, K.F. (1956). Freshwater fishery biology. Ed.WM.C. Brown Company Publishers, Dubuque, Iowa. 421p.
 - Le Cren E. (1951). The length-weight relation and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch, *Perca fluviatilis*. J. Anim. Ecol. 20 (2): 201-219.
 - Manríquez-Ledezma, Y. (2005). Edad y crecimiento de *Oreochromis niloticus* por medio de otolitos en el lago de Coatetelco, Morelos., Tesis de licenciatura, FES Zaragoza, UNAM., 111 p.
 - McDonald, P.D.M. y T.J. Pitcher, (1979). Age groups from size-frequency data: a versatile and efficient method of analysing distribution mixtures. Journal of the Fisheries Research Board of Canada 36: 987–1001.
 - Morales, A. D. (1991). La tilapia en México, Ed. AGT, S. A., México, D. F., 190 p.
 - Morales, D.A., Castañeda, C.A., De la Paz, O.C., H.S., Galván, U.R.J., Montoya M.J.M., Pérez-Galicia R.M y Cabañas, P.L. (1988) Manual técnico para el cultivo de la tilapia en los centros acuícolas de la Secretaria de Pesca. Secretaria de Pesca, México, D.F. 202 p.
 - Morales-Linares, C.A (2006). Estimaciones de la edad y modelos matemáticos del crecimiento de *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1757) en la presa Emiliano Zapata, Morelos, México. Tesis de Maestría, Posgrado de Ciencias Biológicas. FES Zaragoza, UNAM., 2002 p.
 - Morales-Nin, B. (1991). Determinación del crecimiento de peses óseos en base a la micr estructura de los otolitos. FAO. Documentos técnicos de pesca. 58p.
 - Nikolsky, G. W.(1963) Biological basis of mathematical simulation of fish population dynamics. Vopr. Ikhtiol. 2934p.
 - Njiru, M., P. Nzungi., A. Getabu., E. Wakwabi., A. Othina., T. Jembe y S. Wekesa. (2006). Are fisheries management, measures in Lake Victoria successful? The case of Nile perch and Nile tilapia fishery. African Journal of Ecology. (OnlineEarly Articles).
 - Oliveira, R.F y V.C, Almada. (1995). Sexual dimorphism and allometry of external morphology in *Oreochromis mossambicus*. Journal of Fish Biology. 46:(6),1055-1064.
-

- 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, UNAM. 81p.
 - Panfili, J y J. Tomas. (2001). Validation of age estimation and back-calculation of fish based on otolith microstructures in tilapias- Pisces, Cichlidae. Fishery Bulletin. 58:1046-1061.
 - Pauly, D. (1984). Fish population dynamics in tropical waters. A manual for use with programmable calculators. Ed. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines. 323 p.
 - Peña, M.B. (1999). Análisis de los factores ambientales y neuroendocrinos que regulan al crecimiento y la maduración sexual de la tilapia *Oreochromis niloticus*. Tesis de doctorado. FES Zaragoza, UNAM, México. 91 p.
 - Peña-Mendoza, B.L, J.L. Gómez-Márquez, I.H. Salgado-Ugarte y D. Ramírez-Noguera. (2005) Reproductive biology of *Oreochromis niloticus* (Perciformes:Cichlidae) at Emiliano Zapata dam, Morelos, México. Rev. Biol. Trop. 53:(3-4)515-522.
 - Pérez-Ortiz, G. y Santiago-Patlani, J (2002) Edad y crecimiento de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) de la Presa Emiliano Zapata, Morelos. Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza, UNAM.84.pp.
 - Petersen, C.G. (1891). Eine Methode zur Bestimmung des Alters und Wuchses der Fische. Mitteilungen. Deutscher Seefischerei-Verein 11: 226–235.
 - Prat Narcis y Rieradevall Maria, (1998). Criterios de evaluación de la calidad del agua en lagos y embalses basados en los macroinvertebrados bentónicos. Actual. Biol. 20(69):137-147.
 - Pullin, R.S.V. (1983). Choice of tilapia species for aquaculture. P 64-67. In: Fishelson, L. and Yaron, Z. (Compilers). Proceeding of the fish International Symposium on tilapia in aquaculture. Tel Aviv University, Tel Aviv Israel.
 - Ramírez-Noguera, D y Cruz-Miguel, C. L (2000) Aspectos reproductivos de *Oreochromis niloticus* en la presa Emiliano Zapata, Morelos. Tesis de licenciatura, FES Zaragoza .UNAM.53 p.
 - Ramos-Cruz, S. (1995). Reproducción y crecimiento de la mojarra tilapia (*Oreochromis aureus*) en la presa Benito Juárez, Oaxaca, México en 1993.Ciencia Pesquera. INP- Semarnat.11:54-61.
 - Regan, C. T. (1920).The Clasification of the Fishes of the Family Cichlidae 1. The Tanganyika Genera., Ann. Mag. Nat. Hist. Ser. 9 (5): 33 – 53.
-

- Ricker, E.W. (1975). Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bull. Fish. Res. Bd. Canadá. (191): 145-157.
 - Ricker, E. W. 1979. Growth rates and model. Fish Fhisiology, (8): 677-743.
 - Roff. D.A.(1983). An allocation model of growth and reproduction in fish. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 40:1395-1404.
 - Romero-Rojas, J.A. (1999). Calidad del agua. Ed. Alfaomega. México, DF. 273 p.
 - Salgado-Ugarte, I.H. (1985). Algunos Aspectos biológicos del Bagre *Arius melanopus* Günther (Osteichthyes; Ariidae) en el Sistema Lagunar de Tampamachoco. Veracruz. Tesis Profesional, ENEP Zaragoza, UNAM, México. 108 p. 21 figuras, 20 tablas y un cuadro.
 - Salgado-Ugarte, .I.H. (1992) Análisis Exploratorio de datos biológicos. FES Zaragoza UNAM y Marc Ediciones, México. 242p.
 - Salgado-Ugarte, I.H. (1995) Nonparametric Methods For Fisheries Data Analysis And Their Application In Conjunction With Other Statistical Techniques To study Biological Data of The Japanese Sea Bass *Lateolabrax japonicus* in Tokyo Bay. Tesis Doctoral. Universidad de Tokio, Japón: 389 p.
 - Salgado-Ugarte, I.H. (2002). Suavización no paramétrica para análisis de datos. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM., México. 139 p.
 - Salgado-Ugarte, I.H., M. Shimizu, y T. Taniuchi, 1993. Exploring the shape of univariate data using kernel density estimators. *Stata Technical Bulletin*, 16: 8 - 19.
 - Salgado-Ugarte, I.H., M. Shimizu, y T. Taniuchi, 1994. Semi-graphical determination of Gaussian components in mixed distributions. *Stata Technical Bulletin*, 18: 15 - 27.
 - Salgado-Ugarte, I.H., M. Shimizu. y T. Taniuchi. (1995).ASH, WARPing, and kernel density estimation for univariate data. *Stata Technical Bulletin*, 26:23-31.
 - Salgado-Ugarte, I.H., M. Shimizu y T. Taniuchi, 1997. Nonparametric assessment of multimodality for univariate data. *Stata Technical Bulletin* 38: 27-35.
 - Salgado-Ugarte, I.H., M. Shimizu, T. Taniuchi, y K. Matsushita, 2000a. Size frequency analysis by averaged shifted histograms and kernel density estimators. *Asian Fisheries Science* 13 (2000): 1-12. . ISSN: 0116-6514.
 - Salgado-Ugarte, I.H., J.L.Gómez-Márquez y B. Peña-Mendoza, 2005, Métodos actualizados para análisis de datos biológico-pesqueros., FES, Zaragoza-DGAPA, UNAM. (PAPIME IN221403). México, D. F., 240 p.
-

- Salgado-Ugarte, I.H., J. Martínez-Ramírez, J.L. Gómez-Márquez y B. Peña-Mendoza, 2000b. Some programs for growth estimation in fisheries biology. *Stata Technical Bulletin* 53: 35-47.
 - 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, FES. Zaragoza, UNAM.87 p.
 - 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, FES Zaragoza, UNAM., 68 p.
 - Schnute, J. y D. Fournier.(1980). A new approach to length-frequency analysis: growth structure. *Canadian Journal Fisheries and Aquatic Sciences* 37: 1337–1351.
 - Silverman, B.W. (1986). Density estimation for statistics and data analysis. London: Chapman & Hall.
 - Siddiqui, A.Q., M.S. Howlader y A.E. Adam. (1991) Effects of water exchange on *Oreochromis niloticus* (L.) growth and water quality in outdoor concrete tanks.*Aquaculture* 95:67-74.
 - Sparre, P. y S.C. Venema (1997). Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte I. Manual. FAO Documento Técnico de Pesca, No. 306.1 Rev. 2: 420 p.
 - SPSS Inc. (1989). SPSS user’s guide.SPSS Inc., Chicago III. 476-551.
 - SEPESCA, (1991). Diagnóstico pesquero de Michoacán. Dir. Gral. de Plan Inf. y Estd. Marzo. 25 p.
 - Summerfelt, R.C y G.E, Hill.(1987) Age and growth of fish. Ed. Iowa State University Press. 544 p.
 - Tapia G., A. Yañez-Arancibia, P. Sánchez-Gil y M. García-Abad. (1988). Biología y ecología de *Cynoscion nothus* (Holbrook), en las comunidades demersales de la plataforma continental del sur del golfo de México (Pisces: Sciaenidae). *Rev. Biol. Trop.* 36(1):29-54.
 - 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 p.
-

- Thyler, R. y R.S. Dunn. (1976). Ration, growth and measures of somatic and organ condition in relation to meal frequency in winter flounder, *Pseudopleuronectes americanus*, with hypotheses regarding population homeostasis. Journal of the Fisheries Research Board of Canada. 33:63-75.
 - Torres-Orozco, B. (1991). Los peces de México., AGT editor, S. A., México, 198 p.
 - Tovar, G.A. (2005). Edad y crecimiento de (*Oreochromis niloticus*) por medio de estructuras duras. Tesis de licenciatura, FES Zaragoza, UNAM., 74 p.
 - Trewavas, E. (1973). On cichlid fish of genus (*Pelmatochromis*) on the relationship between *Pelmatochromis* and Tilapia and recognition of *Sarotherodon* 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 *Sarotherodon*, *Oreochromis* and *Danakilia* British Museum (Natural History), 583.
 - 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. Nipón Suisan Gakkaishi 56: 437-443.
 - Weatherley, A.H. (1966) Nature, Ecology of fish growth. 2(12)1321-1324.
 - Weatherley, A.H, H.S, Gill y J.M, Casselman. (1987). The biology of fish growth. Academic Press. 443 p.
 - Wetzel, G.R. (1981). Limnologia. Ed. Omega. Barcelona, España. 679 p.
 - Wiegert, R.G.(1968) Ecological energetics, Dowden, Hutchinson and Ross, Inc. Thermodynamic in animal nutrition. In: R. Wiegert (Ed).Benchmark Paper in Ecology, 15-25.4.
 - 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 p.
 - 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. Nipón Suisan Gakkaishi 56: 437-443.
 - Zengeya, T. A y B. E. Marshall. (2007). Trophic interrelationships amongst cichlid fishes in a tropical African reservoir (Lake Chivero, Zimbabwe). Hydrobiologia. (Online articles). 0.1007/s10750-007-0790-7.
-

- Zhang, Z. N y W. Runham. (1992). Otolith microstructure pattern in *Oreochromis niloticus* (L.). *Journal of fish Biology*. 40:(3)325-332.
- Zhang, Z. N. (1993). Ultrastructure of otolith increments and checks in the teleost fish *Oreochromis niloticus*. *Journal of Morphology*. 211(3):213-222.