



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

**EDAD Y CRECIMIENTO DE *Oreochromis niloticus* EN EL BORDO LA PALAPA, MORELOS, MEXICO**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

**B I O L O G O**

P R E S E N T A:

**OROZCO BLANCARTE EDWIN ALBERTO**

DIRECTOR DE TESIS: DR. JOSÉ LUIS GÓMEZ MÁRQUEZ



México, D.F.

Marzo, 2013

## **Agradecimientos**

***A la Universidad Nacional Autónoma de México por permitirme ser parte de esta la máxima casa de estudios y en especial a la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza Campus 2 por brindarme el apoyo en mi formación profesional con sus aulas, material de laboratorio, reactivos, transporte entre muchas otras cosas.***

***A mi director de Tesis José Luis Gómez Márquez por brindarme su apoyo, conocimientos, sugerencias y disponibilidad de tiempo para realizar este trabajo.***

***A la Dra. Bertha Peña Mendoza, por ser una profesora con muy buen sentido del humor y sobretodo por su ayuda y consejos aportados.***

***Al Biol. José Luis Guzmán Santiago por sus asesorías y recomendaciones para fortalecer este trabajo.***

***Al Dr. Guillermo Blancas y Dr. Ernesto Mendoza por sus observaciones, sugerencias y ser parte del comité tutorial.***

***A tí y cada uno de los integrantes de laboratorio por su amistad, consejos y hacer de la universidad una estancia divertida e inolvidable.***

## ***Dedicatorias***

Para todas y cada una de las personas que aportaron consejos, sugerencias, palabras de aliento y se preocuparon por mi en todos aspectos gracias.

A mi madre Lidia Blancarte por su apoyo incondicional que me brindo en todo momento, en las buenas y en las malas siempre estuviste ahí cuando mas lo necesitaba, siempre dando lo mejor de ti gracias eres una mama maravillosa te quiero mucho.

A mi hija Melanne Irene ya que es mi principal motor para salir adelante, eres una niña hermosa Te Amo.

A mi esposa Yeniferd Marlenne gracias por tu amor, apoyo, consejos, durante todo este trayecto, por compartir a tu lado momentos inolvidables demostrándome el inmenso amor que sientes por mi, recuerda que yo también Te Amo.

A mi hermana Wendi Adriana por apoyarme en uno y muchos momentos, por pensar en mí y así poder terminar mi carrera gracias te quiero.

A mi padre Rafael Orozco de una o de otra forma me apoyaste gracias.

A mis suegros el señor Luis Zepeda y la señora María del Carmen Castillo, porque siempre me han abierto las puertas de su casa y sobretodo por su gran apoyo que me han brindado para poder terminar mi carrera profesional gracias por todo.

Aunque ya no estén físicamente pero siempre los llevare en mis pensamientos por que a mi abuelito Francisco Blancarte † gracias por todo cuate desde tus regaños hasta esos consejos que siempre diste con el ejemplo para toda tu familia, a mi abuelita Loreto Rosas † abuelita gracias por esas palabras y esas platicas que me recordaba lo bonito que es vivir, a mi abuelita Aurora San Vicente † gracias por esa infancia a lado tuyo fue muy linda.

Al arquitecto Roberto Reyes Varela que desde que me conoce siempre me hablo de lo importante de lo que es el estudio y por que siempre se ha preocupado del bien de mi familia gracias.

A la QFB Rosalía Rodríguez por permitirme realizar trabajos en MIR lo cual me ha ayudado para mi formación profesional y sobretodo por pensar en nosotros. Gracias Ing. Daniel Reyes Varela † porque siempre me brindaste tu ayuda y tuviste un consejo, una platica por mi bien gracias por ser muy buena persona y sobretodo por el cuidado y amor hacia los peces.

A Ing. Juan Rubio por esas pláticas que me hacían reflexionar y por aportar su experiencia laboral, así como también lo hace el Sr. Nabor Hernández que me ha sido y me será de mucha utilidad, gracias por todo lo que hace por mi familia.

A mi abuelito Luis Orozco gracias por esas platicas, por esos consejos, por todo abuelo.

A mis tíos Alfonso, Cheme, Fernando, Irma, Leticia, Marcos, Paco todos con sus respectivas familias ya que cuando requerí de su ayuda ahí estuvieron y siempre me lo demostraron gracias.

**Gracias a todos y cada uno de los integrantes de mi familia.**

# CONTENIDO

<b>RESUMEN</b>	<b>VI</b>
<b>INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
<b>ANTECEDENTES</b>	<b>5</b>
<b>DIAGNOSIS DE LA FAMILIA</b>	<b>10</b>
<b>CLASIFICACIÓN DE <i>Oreochromis niloticus</i></b>	<b>11</b>
<b>JUSTIFICACIÓN</b>	<b>12</b>
<b>ZONA DE ESTUDIO</b>	<b>13</b>
<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>15</b>
<b>OBJETIVOS ESPECIFICOS</b>	<b>15</b>
<b>MATERIAL Y MÉTODO</b>	<b>16</b>
Fase de campo	16
Fase de laboratorio	17
Fase de gabinete	17
<b>RESULTADOS</b>	<b>21</b>
Proporción Sexual	23
Relación longitud total-peso total	24
Radio de la escama-Longitud total	27
Método de Powell-Wetherall	33
Método de Bhattacharya	34
Crecimiento en longitud y peso	35
Aplicación no lineal de von Bertalanffy	38
Parámetros Físicos y Químicos	40
<b>DISCUSIÓN</b>	<b>44</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>56</b>
<b>REFERENCIAS</b>	<b>57</b>

## RESUMEN

Se han realizado estudios enfocados a la determinación de la calidad del agua y la evaluación de las especies que se explotan comercialmente, dentro de las que se incluye a la tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) esta se cultiva a nivel nacional en diferentes sistemas acuáticos y su producción anual fluctúa alrededor de las 75 000 toneladas. El estudio se llevó a cabo de marzo del 2011 a marzo del 2012 en el bordo “La Palapa”, Morelos., para determinar la edad y el crecimiento de *O. niloticus* por medio de la lectura de marcas en escamas. Se colectaron peces de la captura comercial mensualmente con una atarraya de 6.5 cm de luz de malla. A cada pez se le midió la longitud total (Lt), el peso total (Pt) y el sexo. Se colectaron 368 peces, de los cuales 110 fueron hembras y 258 machos; las tallas y pesos variaron de 15.2 a los 33.2 cm y de 66.6 a los 438.9 g respectivamente, la proporción sexual al término del estudio fue de 2:1 (macho: hembra). La relación peso-longitud indicó un tipo de crecimiento alométrico negativo para la población. La expresión que explica la relación entre el radio de la escama y la talla fue lineal. Se obtuvieron 7 marcas de crecimiento, siendo los peces con cuatro (109) y cinco marcas (145) los que se presentaron con mayor frecuencia en las capturas. La validación de la edad se realizó a través del índice de incremento marginal en el cual se ven reflejados dos meses diciembre y julio en donde se forma una nueva marca de crecimiento. El crecimiento longitud y peso se describe mediante la ecuación de Von Bertalanffy: Para hembras  $L_t = 28.17[1 - e^{-0.116(t+5.673)}]$  y para machos de  $L_t = 29.90[1 - e^{-0.166(t+3.119)}]$  también mediante los métodos de Powell-Wheterall y Bhatacharrya se estimó una  $L_\infty$  quedando de la siguiente manera  $L_\infty = 27.03$  cm y  $L_\infty = 33.02$  cm. Estos valores son similares a los reportados para los cuerpos acuáticos del estado de Morelos donde se captura, pero menores a los obtenidos en otros sistemas a nivel nacional.

## INTRODUCCION

México cuenta con una gran variedad de cuerpos de agua epicontinentales, (lagos, lagunas, presa, bordos) de distinto origen (Arredondo-Figueroa y Flores-Nava, 1992), de los cuales se han establecido aproximadamente 14000 cuerpos de agua de carácter léntico distribuidos en la región centro-occidente de México, particularmente en los estados de Guanajuato, Michoacán y Jalisco (Athié, 1987). Estos representan el 67.13% de los cuerpos hídricos y cubren 188 781 hectáreas; la mayoría de estos embalses tienen una superficie entre una y diez hectáreas (Hernández-Avilés *et al.*, 2002), constituyen el 84% del número total de cuerpos de agua en México y la mayoría son sistemas temporales (Rojas-Hoyo, 1986).

El estado de Morelos representa el 0.3% de la superficie del país, posee un gran potencial en cuanto a cuerpos de agua, tanto por su distribución como por su número. Debido a la accidentada topografía que presenta, favorece una gran diversidad de climas, diversos tipos de vegetación, fauna y una alta productividad agrícola (Contreras-MacBeth, 1995).

La mayoría de estos cuerpos de agua han sido utilizados de manera tradicional como generación de energía eléctrica, riego de cultivos, suministro de agua para la ganadería, uso doméstico e industrial (Arredondo-Figueroa y Flores-Nava, 1992, De la Lanza y García, 2002) y para actividades de extensionismo acuícola, sobre todo con la siembra de alevines para la producción piscícola, principalmente de especies exóticas (Hernández-Avilés *et al.*, 2007).

En los últimos años la creciente demanda nutricional que ha presentado nuestro país ha propiciado que la pesca en aguas continentales tenga mayor importancia, no sólo por la obtención de alimento de alto contenido proteico, sino además por la creación de fuentes de empleo. La introducción de especies exóticas como la tilapia (*Oreochromis spp.*) en los embalses ha mejorado los estándares de vida de las comunidades rurales (Contreras-Mac-Beath *et al.*, 1998).

En los estudios de biología pesquera de cualquier especie, la edad, el crecimiento y la mortalidad, son parámetros poblacionales de gran interés en el análisis de las pesquerías, ya que permiten conocer las características de una población en un momento dado y junto con otros factores como fecundidad, reclutamiento, vulnerabilidad, captura, etcétera, permiten integrar modelos predictivos, sobre un recurso pesquero determinado (Galicia, 1976).

La determinación de la edad en los peces es la asignación de un tiempo de vida a un pez que cuenta con una talla (o peso) determinada. Es la medición del tiempo desde que el pez nació hasta el momento en que se estudia. Saber cuál es la edad de cualquier organismo y en especial de los peces permite abordar estudios

sobre crecimiento, dinámica de poblaciones, manejo y gestión de pesquerías (Tesch, 1968).

La importancia de la determinación de la edad radica en que permite definir: la longevidad de las especies, las clases anuales que componen un efectivo, la edad de primera madurez y/o la tasa de reclutamiento (Gulland, 1971; Everhart y Youngs, 1981)

Existen dos métodos para determinar la edad de los peces: directos, que incluyen marcaje y recaptura, colocación de los peces con edad conocidas en cuerpos de aguas experimentales y la lectura é interpretación de marcas de crecimiento en estructuras óseas tales como escamas, otolitos hueso opercular, vértebras espinas radios de aletas y cleitrum, entre otros; e indirectos, los cuales se basan en la distribución de frecuencia de tallas en la población de peces (Gómez-Márquez, 1994; Salgado *et al.*, 2005).

En los métodos directos la lectura de estructuras duras se basa en la formación de marcas periódicas que permiten, mediante su conteo, la asignación de edades a los organismos. Estas marcas periódicas están influenciadas por los cambios estacionales del ambiente y por cambios en el metabolismo durante ciertos periodos, donde se ven reflejados como marcas en las partes duras, causadas principalmente por cambios en alimentación, temperatura y reproducción (Gómez-Márquez 1998, Gómez-Márquez *et al.*, 2008). Asimismo, se ha observado que estos cambios metabólicos en los peces origina una banda de crecimiento ancha en condiciones óptimas, mientras que en situaciones de estrés motivan un escaso aumento de dicha banda (Granado, 2002). Generalmente, el crecimiento es rápido durante los meses calurosos y se vuelve lento en los meses de invierno (Schneider *et al.*, 2000).

El crecimiento es un parámetro fundamental para el análisis de las pesquerías, ya que implica un aumento de la biomasa de la población y su evaluación es esencial para establecer la edad de los organismos. El crecimiento significa un cambio en magnitud, y la variable de cambio puede ser la longitud u otra variable de dimensiones físicas, como el volumen, peso o biomasa del organismo completo o partes de los tejidos del cuerpo; puede estar relacionado con el contenido de proteínas, lípidos o constituyentes químicos del cuerpo, o puede estar vinculado con el contenido calórico del cuerpo o de alguna parte de el con respecto al tiempo (Weatherley y Gill, 1989).

De acuerdo a Salgado-Ugarte *et al.*, (2005), el crecimiento puede estar siempre dentro de los límites del factor ambiental considerado y (Fry 1971; citado en Brett, 1979) menciona cuatro factores:



- *Factores controladores*, los cuales gobiernan las tasas de reacción por influenciar el estado de actividad molecular de los metabolitos (temperatura, pH).
- *Factores limitantes*, restringen el suministro o remoción de metabolitos, como conectores en la cadena de metabolismo (oxígeno, luz).
- *Factores enmascaradores*, quienes modifican o previenen el efecto de un factor ambiental por medio de dispositivos reguladores (humedad influenciando la temperatura corporal por afectar la pérdida de calor, o por regular la temperatura por flujo de calor en contracorriente como en los peces de sangre caliente).
- *Factores directrices*, los cuales indican o señalan al animal para seleccionar o responder a características particulares del ambiente (temperatura preferida, fotoperiodo).

La mayoría de estos factores operan libremente y varios afectan el cambio en tamaño de todo el animal en tanto que otros en la forma del mismo. Entre los factores más comunes se encuentran la cantidad, calidad y el tamaño del alimento disponible, el número de peces usando la misma fuente de alimento; la temperatura, el oxígeno y otros factores de calidad de agua, el tamaño, edad y madurez sexual del pez (Everhart y Youngs, 1981)

El análisis del crecimiento y la edad de los organismos son fundamentales para la aplicación en los modelos matemáticos. El modelo de von Bertalanffy (1938), es la representación del crecimiento más utilizada en estudios de producción pesquera (Everhart y Youngs, 1981; Guerra y Sánchez, 1998) debido a que satisface dos importantes criterios: se ajusta fácilmente a los datos observados de crecimiento y puede integrarse a los modelos de evaluación de poblaciones (Everhart y Youngs, 1981)

La tilapia o mojarra africana fue introducida en México el 1º de julio de 1964, con ejemplares procedentes de Auburn, Alabama, E.U.A., los cuales fueron depositados, en la Estación Piscícola de Temascal, Oax. En 1978 se introdujo la Tilapia nilotica (= *Oreochromis niloticus*) en el mismo sitio procedente de Panamá. En 1986 nuevamente se hace otra introducción de tilapia roja de la especie *T. nilotica*, procedente de la Universidad de Stirling en Inglaterra, con dos variedades: negra y roja, depositándose en Zacatepec, Morelos. (Morales, 1991).

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, 1988; Díaz, 1985; Arredondo-Figueroa y Lozano-García, 1996).

El uso de especies con un alto índice reproductivo como la tilapia (*Oreochromis* spp.) se caracteriza por presentar un rápido crecimiento y una fácil comercialización, debido a que son considerados como productos relativamente baratos y de fácil adquisición (Díaz 1985, Gómez-Márquez *et al.*, 2008). Esta situación ha mejorado los estándares de vida de las comunidades rurales relacionadas con la pesquería (Beltrán-Álvarez *et al.*, 2009).

La producción total nacional de la tilapia fue de aproximadamente 75927 toneladas, de las cuales el estado de Morelos contribuye con 991 toneladas, estimó la Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca (CONAPESCA 2011).

Ante la falta de información sobre aspectos biológicos y pesqueros de la tilapia *O. niloticus*, (Linnaeus, 1758), en el bordo "La Palapa", el objetivo de la presente investigación es determinar la edad y el crecimiento de esta especie con base en las capturas que realizan los pescadores, en función del arte de pesca que se utiliza para su obtención.

## ANTECEDENTES

En la República Mexicana existen muchos estudios realizados en esta área y con respecto a este género, se pueden mencionar los siguientes ordenados en base a la relación que hay con el presente estudio:

Alejo *et al.*, (1989), en su estudio con *Oreochromis mossambicus*, reportan que la proporción entre hembras y machos varía a lo largo del ciclo anual (5:4 en general), la talla mínima de madurez sexual en hembras es de 53 mm y en los machos 55 mm de longitud estándar. Conforme a la relación peso – longitud el crecimiento es de tipo alométrico negativo. Del análisis de frecuencia de tallas se obtuvieron 7 clases de edad tanto para hembras como machos, con base en el método de Bhattacharya. De la lectura de escamas se determinaron 5 grupos para hembras y machos. Los valores de los parámetros de las funciones de crecimiento de von Bertalanffy son los siguientes:  $L_{\infty} = 139.56$  cm  $l_p$ ,  $K = 0.1898$ ,  $t_0 = -0.2369$ ,  $W_{\infty} = 79.85$  g para hembras;  $L_{\infty} = 140.5847$  cm de  $L_p$ ,  $K = 0.1518$ ,  $t_0 = -0.0692$ ,  $W_{\infty} = 87.78$  g para machos.

Jaramillo y Sánchez (1991), hicieron la evaluación del crecimiento de la carpa (*Cyprinus carpio rubrofuscus*) y la tilapia (*Oreochromis urolepis hornorum*) bajo condiciones de policultivo en el bordo de temporal Chavarría, Morelos, estos autores determinaron las constantes de la función de crecimiento de von Bertalanffy (FCVB) y obtuvieron los siguientes valores:  $L_{\infty} = 148$  mm,  $K = 0.4471$  y  $t_0 = -0.3201$ .

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

Booth y Merron (1996), realizaron estudios de edad y crecimiento de la tilapia *Oreochromis macrochir*, de aguas subtropicales africanas. El análisis de la zona marginal mostró que los anillos de crecimiento se forman en verano y la formación de las marcas de crecimiento son anuales. La edad máxima estimada fue de once años. El crecimiento fue descrito con el modelo de von Bertalanffy, cuyas constantes fueron:  $L_{\infty} = 215$  mm;  $k = -0.42$ ;  $t_0 = -0.08$ .

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 23.34 cm, mientras que con escamas se obtuvieron 6 anillos de crecimiento y el valor de  $L_{\infty} = 19.73$  cm.

Garduño-Paredes y Avelar-Esquivel (1996), realizaron un estudio de edad y crecimiento en *Oreochromis niloticus* en la Laguna de Coatetelco Morelos, basados en estructuras óseas (escamas y hueso opercular). Señalan que la formación de marcas en escamas es cada 6 meses. Los parámetros estimados para la función de crecimiento de von Bertalanffy son:  $L_{\infty} = 27.81$  cm longitud estándar,  $K = 0.0665$ ,  $t_0 = -0.5225$  por medio del análisis de frecuencia de tallas.  $L_{\infty} = 27.76$  cm longitud estándar,  $K = 0.0727$ ,  $t_0 = -0.5070$  a partir de la lectura de escamas.  $L_{\infty} = 24.40$  cm longitud estándar,  $K = 0.0560$ ,  $t_0 = -1.3574$  utilizando la lectura del hueso opercular.

Gómez-Márquez (1998), realizó un estudio de edad y crecimiento de *Oreochromis niloticus* en el Lago de Coatetelco, Edo. de Morelos; encontrando valores de  $L_{\infty} = 29.19$  cm y una  $k = 0.07$ . Observó que existe un periodo de depositación de un nuevo anillo en el mes de Diciembre, además de reportar 4 marcas de edad en escamas.

Jiménez (1999), realizó un estudio acerca de la pesca *Oreochromis ssp*, en la presa Adolfo López Mateos, Michoacán. Analizó la edad, crecimiento, reproducción, taxonomía y explotación. Evaluó los hábitos alimentarios, reproductivos y la influencia que tiene sobre ellos el medio ambiente. Además efectuó un análisis 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:  $L_{\infty} = 344.6$  mm;  $P_{\infty} = 478.5$  g;  $k = 0.46$  y  $t_0 = -0.055$ .

Admassu y Casselman (2000), realizaron un estudio sobre edad de *Oreochromis niloticus* utilizando estructuras duras (otolitos) en el Lago Awassa, en Etiopía. Analizaron las zonas opacas y las traslúcidas de los otolitos y encontraron dos periodos de depositación; el primero correspondía a los meses de Enero-Febrero, mientras que el segundo correspondió a los meses Junio-Julio, validando su información por medio del índice de incremento marginal.

Gómez-Márquez (2002), realizó un análisis sobre la morfometría, batimetría, calidad del agua y aspectos biológico pesqueros de la tilapia del Nilo, *Oreochromis niloticus*, del lago Coatetelco, Morelos, México. La estimación de edad y crecimiento se hizo mediante los anillos observados en escamas y huesos operculares, además de un análisis de frecuencia de tallas; Los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy para la muestra conforme al análisis de frecuencia de tallas,  $L_{\infty} = 27.8$  cm,  $K = 0.0649$ ,  $t_0 = -0.5225$ ,  $W_{\infty} = 421.36$  g; con base en la lectura de escamas,  $L_{\infty} = 29.19$  cm,  $K = 0.0692$ ,  $t_0 = -0.4249$ ,  $W_{\infty} = 552.36$ .

Pérez y Patlani (2002), estimaron edad y crecimiento en *Oreochromis niloticus* de la presa "Emiliano Zapata", Morelos, con base en la lectura de escamas, determinaron una periodicidad semestral para la formación de anillos, coincidente

con eventos reproductivos (diciembre y julio). Determinaron cinco grupos de edad, tanto para hembras como machos; las constantes de la función de von Bertalanffy son  $L_{\infty} = 28.83$  cm,  $K = 0.1363$ ,  $t_0 = -0.1295$ ,  $W_{\infty} = 398.68$  g, para toda la muestra;  $L_{\infty} = 29.78$  cm  $K = 0.1342$ ,  $t_0 = -0.6170$ ,  $W_{\infty} = 431.89$ , para machos;  $L_{\infty} = 27.04$  cm,  $K = 0.1208$ ,  $t_0 = 0.6170$ ,  $W_{\infty} = 320.62$  g para hembras.

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

Manríquez (2005), estimó la edad y crecimiento para *Oreochromis niloticus* en el lago 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. Al calcular los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy encontró diferencias significativas entre sexos; los valores para estos son:  $L_{\infty} = 20.19$  cm longitud total,  $K = 0.6081$ ,  $t_0 = -0.420$ ,  $W_{\infty} = 122.5$  g peso total, para toda la muestra;  $L_{\infty} = 19.51$  cm longitud total,  $K = 0.463$ ,  $t_0 = -0.973$ ,  $W_{\infty} = 105.48$  g peso total, en hembras y  $L_{\infty} = 20.32$  cm longitud total,  $K = 0.627$ ,  $t_0 = -0.363$ ,  $W_{\infty} = 112.54$  g peso total, en machos.

Granados (2006), en su estudio 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 y los cuales fueron  $L_{\infty} = 28.11$  cm longitud patrón,  $K = 0.33$ ,  $t_0 = -0.86$ ,  $W_{\infty} = 877.177$  g peso total.

Jiménez-Badillo (2006), en su evaluación incluyó la lectura de marcas de crecimiento en escamas y opérculos, y el análisis de frecuencia de tallas. Los parámetros de crecimiento estimados fueron:  $L_{\infty} = 479$  mm,  $K = 0.46/\text{año}$ ,  $t_0 = -0.055$  año. La población de tilapia en la presa Infiernillo está dominada por juveniles menores de año y medio de edad. La actividad pesquera está afectando el crecimiento de la población de tilapia, puesto que éstas son capturadas antes de que desoven.

Gómez-Márquez *et al.*, (2008), determinaron la edad y el crecimiento de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) La talla para las hembras osciló entre 9.0 y 16.5 cm longitud patrón y para los machos entre 8.9 y 14.8 cm. La relación peso total-longitud patrón para toda la población fue  $P=0.1207 L^{2.469}$ . Los datos de edad obtenidos a través de los anillos del hueso opercular se utilizaron para estimar los parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy:  $L_{\infty}=17.88$  cm,  $K=0.3409$ ,  $t_0=-1.543$  y  $P_{\infty}=149.21$  g. La edad máxima obtenida para hembras y machos fue de 2.5 año. La proporción sexual (hembra: macho) para la especie fue de 1:1 ( $\chi^2=0.02$ ,  $p>0.05$ ).

Beltrán-Álvarez *et al.*, (2009), realizó un estudio de *Oreochromis aureus* sobre su edad y crecimiento. La edad se determinó mediante lecturas de marcas de crecimiento en escamas y su validación se realizó mediante el índice marginal e índice gonadosomático. Se colectaron 384 peces, las tallas y pesos variaron de 125 a 345mm y de 40 a 671g, respectivamente. El crecimiento en longitud y peso se describe mediante las ecuaciones de von Bertalanffy:  $L_{\infty}= 416 [1-e^{-0.3682 (t+0.4975)}]$  y  $P_{\infty}= 1323 [1-e^{-0.3682 (t+0.4975)}]^{3.0652}$ . Se determinaron dos marcas de crecimiento durante el año.

Peña-Messina *et al.*, (2010), realizaron un estudio obteniendo los parámetros de crecimiento, reproducción y mortalidad de *Oreochormis aureus*, en un total de 2413 organismos, de los cuales 1 371 fueron machos y 1 042 hembras. Se analizó la relación longitud estándar y peso total mediante modelos potenciales. Los parámetros de crecimiento de la ecuación de von Bertalanffy fueron estimados usando la distribución de frecuencia de tallas con ayuda del programa ELEFAN-I. Los resultados indicaron que tanto hembras como machos presentaron crecimiento alométrico negativo. No existieron diferencias significativas en el crecimiento por sexo y la tasa de explotación estimada (0.57/año) sugiere que la pesquería durante el periodo de estudio mostró signos de sobreexplotación. La tilapia azul se reproduce a lo largo del año con mayor intensidad entre enero y mayo.

Gómez-Ponce *et al.*, (2010), determinaron la edad y el crecimiento de la tilapia *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus* por medio de la lectura de escamas. Del total de 382 individuos las tallas y pesos de recolecta variaron entre 38 a 232mm y de 8.7 a 311.9g de peso total respectivamente. El recuento de los anillos anuales en escamas, permitió establecer cuatro grupos de edad. El cálculo de los incrementos marginales del crecimiento mensual de las escamas, sugirió la formación de dos anillos, uno de ellos se forma en los meses de noviembre-enero y otro en los meses de abril-mayo, los cuales coinciden con la época de bajas temperaturas y de madurez gonádica respectivamente. Los parámetros de crecimiento quedaron establecidos en:  $L_{\infty}=281.1$ mm,  $W_{\infty}=877.1$ g,  $K=0.33$  y  $t_0=0.88$ /año.

Costa-Novaes y Carvalho (2012), tomaron muestras mensuales y se analizó un total de 1 715 animales desde julio-2004 a junio-2005 La población de *O. niloticus* presentó una proporción sexual 1.3:1 (M:H). Los parámetros estimados del crecimiento fueron los siguientes:  $L_{\infty}=33.60\text{cm}$ ,  $k=0.63/\text{ano}$ . Estos resultados indican que la población de *O. niloticus* esta bien establecida en el embalse de Barra Bonita. Además, su reproducción ocurre durante todo el año, pero es más intensa en el invierno y primavera; su dieta tiene como base el fitoplancton. Los resultados indican que no esta ocurriendo sobrepesca de *O. niloticus*.

## DIAGNOSIS DE LA FAMILIA

*Oreochromis niloticus*, pertenece a la familia Cichlidae. Es una gran familia de peces nativos de los ríos de África, América Central y del Sur de México, la porción sur-occidental de los E.U.A. y con un género (*Etroplus*) que se encuentra en Asia. Los cíclidos son peces de acuario muy populares debido a su comportamiento reproductivo y a sus brillantes colores (Eddy y Underhill, 1984; Axelrod y Schultz, 1990). La mayoría de las especies son de agua dulce y unas pocas viven en aguas salobres y actualmente se reconocen cerca de 680 especies (Page y Burr, 1991).

En México esta familia es una de las más importantes y diversas dentro de la fauna ictiológica dulceacuícola (Torres-Orozco, 1991). Su potencial biológico les ha permitido una gran adaptabilidad a diversos ambientes a donde se les ha trasladado, con finalidades piscícolas o de cultivo, especialmente en climas cálidos, propiciando una gran dispersión fuera de su área natural (Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo, 1986).

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

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

Son peces de rápido crecimiento, sumamente fértiles, adaptables a condiciones ambientales muy diversas y de gran resistencia al manejo. Aunque pueden rebasar los 30 cm de longitud, alcanza la madurez sexual a los 11 ó 12 cm; esta precocidad se da en condiciones de sobrepoblación, puede acarrear enanismo. Existen herbívoras, zooplanctófagas y omnívoras (Torres-Orozco, 1991).



## CLASIFICACIÓN DE *Oreochromis niloticus*

De acuerdo a la clasificación propuesta por Berg y modificada por Trewavas (1983) para las tilapias existentes en México, quedando situada de la siguiente manera (Figura 1):

PHYLUM: CHORDATA  
SUBPHYLUM: VERTEBRATA  
SUPERCLASE: GNATHOSTOMATA  
SERIE: PISCES  
CLASE: ACTINOPTERYGI  
ORDEN: PERCIFORMES  
SUBORDEN: PERCOIDEI  
FAMILIA: CICHLIDAE  
GENERO: *Oreochromis*  
ESPECIE: *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758)

(ITIS, 2013; FISH BASE, 2013).



Figura 1. *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758)

## JUSTIFICACIÓN

Es importante realizar este tipo de estudios en México, en especial en el bordo “La Palapa”, ya que en la actualidad no hay estudios registrados que aporten información del como a sido el manejo en este cuerpo de agua, el cual es importante para los municipios cercanos, debido a que es una fuente de empleo, así como para la obtención de alimento.

Debido a la actividad pesquera que se lleva a cabo en el bordo “La Palapa” es de suma importancia tener el conocimiento de la composición de tallas y edades de la población de *Oreochromis niloticus*, mediante la estructura de edad y los parámetros de crecimiento que está presente, para así poder saber, las tasas de mortalidad, la edad de reclutamiento y primera madurez, para establecer un adecuado manejo en la selectividad de arte de pesca que ayuden a explotar este recurso pesquero de una manera sustentable. Es por ello que determinar correctamente la edad es fundamental dentro de la biología pesquera.

## ZONA DE ESTUDIO

El microembalse "La Palapa" se encuentra en el municipio de Ayala, estado de Morelos con coordenadas geográficas 18°43'17.07" latitud Norte y 98°54'44.56" longitud, a 1,220 metros sobre el nivel del mar, (Figura 2) (INEGI, 2000).

El municipio limita al norte con los municipios de Yautepec, Cuautla y Yecapixtla, al sur con Tepalcingo y Tlaquiltenco; al este con Temoac, Jantetelco y Jonacatepec y al oeste con Tlaltizapán y Yautepec, teniendo una extensión territorial de 345.688 kilómetros cuadrados y representa el 6.97% con respecto a la superficie del estado, (SEGOB, 2005)

El clima que predomina en esta zonas es Aw''(w) (i') g, cálido sub-húmedo, este estrato climático, se localiza en alturas sobre el nivel del mar menor a 1,400 m., Su precipitación y temperatura media anual es de 800 mm y 24° C respectivamente (García, 2004).

La vegetación es, selva baja caducifolia, principalmente encontramos, quintonil, (*Maranthus hybridus*); chirimoyo, (*Annona cherimolia*); anona (*Annona squamosa*); nanche (*Byrsonima crassifolia*); bonete (*Pileus mexicana*), pápalo (*Porophyllum tagetoides*); verdolaga (*Portulaca oleraceae*); guayaba (*Psidium guajaba*); ciruela (*Spondias mombin*); pitayo (*Stenocereus dumortieri*); canelillo (*Vitex pyramidata*, *querengue*).

La fauna también es muy variada, entre ellos tenemos murciélago vampiro (*Desmodus rotundus*), murciélago lengüilargo (*Glossophaga soricina*), conejo (*Sylvilagus floridanus*), rata de campo (*Sigmodon hispidus*), ratón (*Liomys irroratus*), tlacuache (*Didelphis marsupialis*), zorra (*Urocyon cinereoargenteus*), zorrillo (*Spilogale angustifrons*). Entre los peces se cuenta con bagre (*Ictalurus balsanus*) y mojarra tilapia (*Oreochromis niloticus*) (INEGI, 2000).

El municipio de Ayala se beneficia con la fluencia de la microcuenca del río Cuautla, del río Ayala que se favorece con los escurrimientos de las barrancas, El Hospital y Calderón, los tipos de suelo que predominan en el municipio son Chernozem, Castañozem, Feozem háplico, Litosol y Vertisol Pélico, compuesto generalmente de rocas sedimentarias clásicas (S.P.P.,1981). Tiene a los alrededores cultivos principalmente de maíz (*Zea mays*), caña (*Saccharum sp*), sorgo (*Sorghum spp*), arroz (*Oryza sativa*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), pepino (*Cucumis sativus*) y cebolla (*Allium cepa*) (SEGOB, 2005).



---

## OBJETIVO GENERAL

Estimar la edad y el crecimiento de la tilapia *Oreochromis niloticus*, a partir de métodos directos y métodos indirectos en el bordo "La Palapa" estado de Morelos.

## OBJETIVOS ESPECIFICOS

Realizar la lectura de escamas para estimar la edad de la tilapia.

Determinar la relación que hay entre el tamaño de la escama y la longitud de la tilapia.

Determinar la relación peso total-longitud total para obtener el tipo de crecimiento para esta especie en el microreservorio.

Aplicar el método de Powell-Wheterall como elemento de análisis de distribución de frecuencias de tallas así como el método de Bhattacharya.

Determinar la periodicidad de la formación de los anillos de crecimiento.

Obtener las constantes del modelo de von Bertalanffy.

## MATERIAL Y MÉTODO

### Fase de campo

Los muestreos de los organismos se efectuaron mensualmente durante 13 meses, de marzo del 2011 a marzo del 2012, así para la colecta de agua se utilizó una botella Van Dorn de dos litros de capacidad para colectar la muestra a dos niveles de profundidad (0.30 y 1 m) depositando la muestra en una botella de polietileno de un litro, para determinar los siguientes parámetros:

Temperatura ambiental y del agua (Termómetro de  $\pm 1$  °C)

Transparencia (utilizando el disco de Secchi)

Conductividad eléctrica, pH y sólidos disueltos (Multiparámetros Marca HANNA Modelo HI 991300)

- OXIGENO DISUELTO (Oxímetro Marca: HANNA Modelo: HI9146)
- ALCALINIDAD TOTAL (Método de indicadores)
- DUREZA TOTAL (Método complejométrico)
- DUREZA DE CALCIO (Método complejométrico)

(Cervantes, 1984)

Con la finalidad de garantizar la representatividad de las muestras en tallas, edades y sexos, así como disminuir el efecto de la selectividad del arte de pesca, los organismos se obtuvieron de la captura comercial realizada por los pescadores mediante el empleo de la red atarraya de 6.5 cm luz de malla.

Se registró la biometría de los organismos que consistió en la toma de la longitud total (cm), longitud patrón (cm) y altura del cuerpo (cm) utilizando un ictiómetro convencional. El peso total (g) y el peso eviscerado (g) se obtuvieron con una balanza digital Ohaus triple Beam de 0.01g de precisión. El sexo se determinó mediante la observación directa de las gónadas y su grado de madurez, utilizando la escala de maduración propuesta por Holden y Rait (1979).

Para la obtención de las estructuras duras se tomó una muestra representativa de 15 a 20 escamas de cada pez, obtenidas a la altura de la aleta pectoral y debajo

de la línea lateral, estas fueron depositadas en frascos de plástico etiquetados con una solución de Hidróxido de amonio al 5%.

### Fase de laboratorio

Con ayuda de un estereoscopio y en una caja de petri, las escamas fueron limpiadas con un pincel de cerdas finas y agua corriente, del total de estas se seleccionaron de 8 a 10 escamas y se montaron entre dos portaobjetos los cuales se etiquetaron con el registro de cada ejemplar y el mes correspondiente.

Las imágenes de las escamas fueron obtenidas utilizando un microscopio estereoscópico Marca Leica acoplado a una cámara digital Leica de 7.4 mega píxeles y a una computadora. Las imágenes digitales fueron utilizadas para medir el radio de la escama ( $R$  = distancia del foco al margen anterior de la escama) y la distancia del foco a cada uno de los anillos formados ( $r_n$ ), utilizando el programa de análisis de imágenes (Motic Images Plus, version 2.0 ML, Multi Language vers. Motic Group Corporation).

### Fase de gabinete

Para la fase de gabinete, que comprende el trabajo estadístico, se realizó lo siguiente:

Antes de aplicar la relación peso-longitud se realizó un análisis de covarianza (ANCOVA,  $p < 0.05$ ) para determinar si existían diferencias estadísticas entre el peso y la longitud entre los sexos. Posteriormente se realizó el análisis de la relación peso-longitud y se obtuvo aplicando la siguiente fórmula:

$$P = aL^b$$

Donde:

P = Peso total

L = Longitud total

a y b = constantes

Para llevar a cabo la linearización de la relación se aplicaron logaritmos, obteniendo la ecuación transformada como:

$$\log P = \log a + b \log L$$

y por medio del análisis de regresión con el método de mínimos cuadrados (Marques, 1988) se obtienen los valores de  $a$  y  $b$ .

Este análisis se aplicó a la muestra total, así como para hembras y machos por separado en caso de que se den diferencias entre los sexos. Se analizaron los valores de pendiente obtenidos en cada una de las regresiones anteriores con el fin de verificar su igualdad o desigualdad con tres, y así definir el tipo de crecimiento. Si  $b = 3$  se tiene un crecimiento isométrico, mientras que si  $b \neq 3$  el crecimiento es alométrico (Ricker, 1975).

También se compararon las pendientes de las regresiones para hembras y machos mediante una prueba de "t" student (Pauly, 1984) para determinar si existe diferencia en el crecimiento entre ambos sexos.

Se analizó el número de componentes presentes en la distribución de frecuencias de tallas mediante el método de Bhattacharya (Pauly y Caddy, 1985) por medio del programa de la FAO-ICLARM Stock Assessment Tools (Gayanilo *et al.*, 1994) a través del módulo de Análisis de Progresión Modal.

La determinación directa de la edad mediante las marcas presentes en las escamas se realizó utilizando el método de retrocálculo a través del método de Fraser-Lee (Everhart y Youngs, 1981; Gómez, 1994) para obtener las longitudes promedio correspondientes a las edades pretéritas, cuya ecuación es la siguiente:

$$l_n = r_n / R (L - c) + c$$

donde:

$l_n$  = longitud del pez cuando el anillo n fue formado

$r_n$  = Radio del anillo n

R = Radio de la estructura ósea (escama)

L = Longitud total del pez cuando se obtiene la escama

c = Intercepto de la relación radio de la escama - longitud total del pez.

El análisis retrospectivo o retrocálculo es una técnica que permite utilizar esa información para estimar longitudes corporales en edades o etapas previas de la historia de vida a través de relaciones entre mediciones realizadas en la estructura dura y las dimensiones del pez

Obtenidas las longitudes correspondientes a cada edad, se utilizó el diagrama de cajas, para visualizar la dispersión de los datos y determinar si los grupos corresponden a edades distintas.



Para validar la edad y periodicidad de la formación de los anillos se utilizó la prueba de índice de incremento marginal, la cual fue realizada a todas las escamas obtenidas durante todo el periodo de muestreo y fueron analizadas mensualmente.

La relación entre la longitud total ( $L_t$ ) y el radio de la escama ( $R$ ) se estimó mediante el modelo lineal antes mencionado y se comparó por sexo, utilizando el análisis de covarianza (ANCOVA:  $p < 0.05$ ). Para establecer el periodo en que se formó el anillo de crecimiento y para validar su periodicidad, se estimó el incremento marginal ( $IM$ ) usando la relación propuesta por Lai y Liu (1979):

$$IM = \frac{R - r_n}{r_n - r_{n-1}}$$

Donde  $R$  es el radio de la escama,  $r_n$  es la distancia del foco al borde inferior del último anillo,  $r_{n-1}$  es la distancia que va del foco al penúltimo anillo. Para medir el  $IM$  únicamente se utilizaron peces que presentaron al menos un anillo en sus escamas.

El crecimiento de los organismos se determinó empleando el modelo de von Bertalanffy (Ricker, 1975; Everthart y Youngs, 1981):

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

cuya ecuación ponderal es:

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

donde:

$L_{\infty}$  = longitud asintótica del pez

$P_{\infty}$  = peso asintótico del pez

$K$  = Tasa de crecimiento ó constante de catabolismo

$t$  = Edad

$t_0$  = tiempo teórico de inicio de crecimiento cuando  $L_t = 0$  y  $P_t = 0$

$b$  = pendiente de la regresión peso-longitud.

$L_{\infty}$ ,  $P_{\infty}$ ,  $k$  y  $t_0$  se calculó por los siguientes métodos:

- Gráfico de Ford-Walford (1933 y 1946, respectivamente). Consiste en una versión reordenada de la función de crecimiento de von Bertalanffy FCVB. Este método permite la estimación de  $L_{\infty}$  y  $k$ .
- Gráfico de Gulland (1969). Considerado como una variación del gráfico de Ford-Walford. El método se basa en el uso de un constante intervalo de

tiempo. Los parámetros de crecimiento derivan de Sparre y Venema (1997). Por este método se estima el valor de  $L_{\infty}$  y  $k$ .

- Gráfico de Beverton y Holt (1957). Se utilizó para estimar  $k$  y  $t_0$  para una  $L_{\infty}$  dada, la cual puede obtenerse de alguno de los métodos mencionados.
- Estimación de  $L_{\infty}$  utilizando la relación:  $L_{\infty} = L_{\max} / 0.95$ , donde  $L_{\max}$  es la longitud del organismo más grande de la muestra (Gulland, 1971; Ricker, 1975; Pauly, 1984; Gómez, 1994).

Para tener una idea del valor máximo de longitud total se utilizó el método gráfico de Powell y Wetherall (1986) de acuerdo al procedimiento presentado en Sparre y Venema (1997) y King (1995). Se obtuvo el crecimiento de los peces en función del peso utilizando el valor de la pendiente de la relación peso total-longitud total y se graficaron contra el tiempo. En distribuciones multimodales es posible suponer que cada moda representa a un grupo de organismos con edad semejante (cohorte), estos grupos suelen estar representados de forma Gaussiana, por lo tanto fue posible determinar parámetros como (media, desviación estándar y tamaño) logrando con esto utilizar el método de Bhattacharya (1967) y con esto poder dar mayor confiabilidad a los resultados obtenidos por los demás métodos.

Por último, se utilizó el procedimiento estadístico multivariado como una prueba de comparación de los parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy de dos grupos de datos (hembras y machos) por medio de la  $T^2$  de Hotelling (Bernard, 1981; Salgado *et al.*, 2005).

## RESULTADOS

Durante los 13 meses de muestreo entre marzo de 2011 y marzo de 2012 se recolectaron un total de 368 individuos, de los cuales 258 fueron machos (70%) y 110 hembras (30%) (Figura 3). En cuanto al análisis de la composición por tallas y biomasa para toda la población, se registraron longitudes y pesos que variaron de los 15.2 a los 33.2 cm y de 66.6 a los 438.9 g respectivamente (Tabla 1).

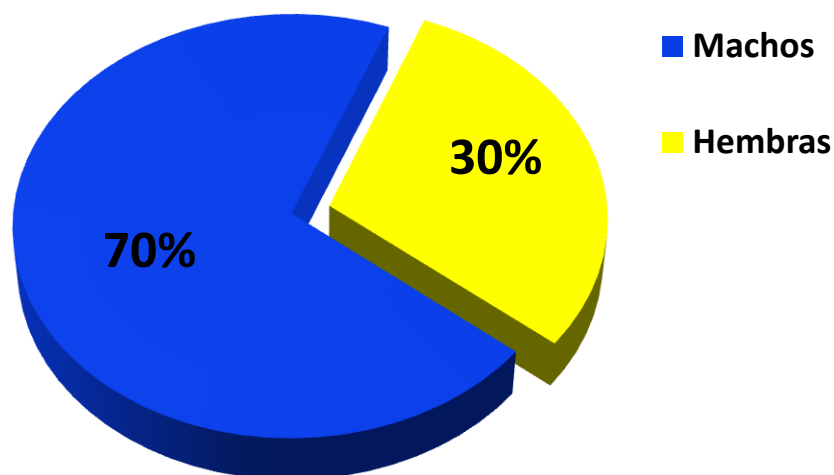


Figura 3. Composición por sexos para el bordo "La Palapa", Morelos

La longitud total promedio para la población de *O. niloticus* fue de 18.64 cm y el peso promedio de 114.92 g.

Las hembras mostraron tallas que van desde los 15.5 cm a los 21.6 cm, con pesos entre 67.1 g y 181.9 g siendo los promedios de 17.6 y 97.2 g respectivamente. En cambio los machos mostraron una talla que oscila de 15.2 a 33.2 cm y sus pesos que van de los 66.6 hasta 438.9 g, los promedios de estos respectivamente son de 19.05 cm y de 122.46 g (Tabla 1).

Tabla 1. Valores de longitud total y el peso de *Oreochromis niloticus*.

	MACHOS			HEMBRAS		
	MIN	MAX	PROM	MIN	MAX	PROM
Lt (cm)	15.2	33.2	19.05	15.5	21.6	17.56
Pt (g)	66.6	438.9	122.46	67.1	181.9	97.24

Mediante el histograma de frecuencia de tallas realizado para sexos separados los resultados mostraron variación, ya que los machos resultaron ser más grandes que las hembras ( $t\text{-student} = -9.25$ ;  $p < 0.05$ ). La moda de talla que mayor frecuencia se obtuvo fue con una longitud de 17 cm, tanto para los machos como para las hembras.

En este estudio se registró un organismo que sobresale de los datos promedio, ya que este al realizarle la mediciones correspondientes mostro una longitud total de 33.2 cm (Figura 4).

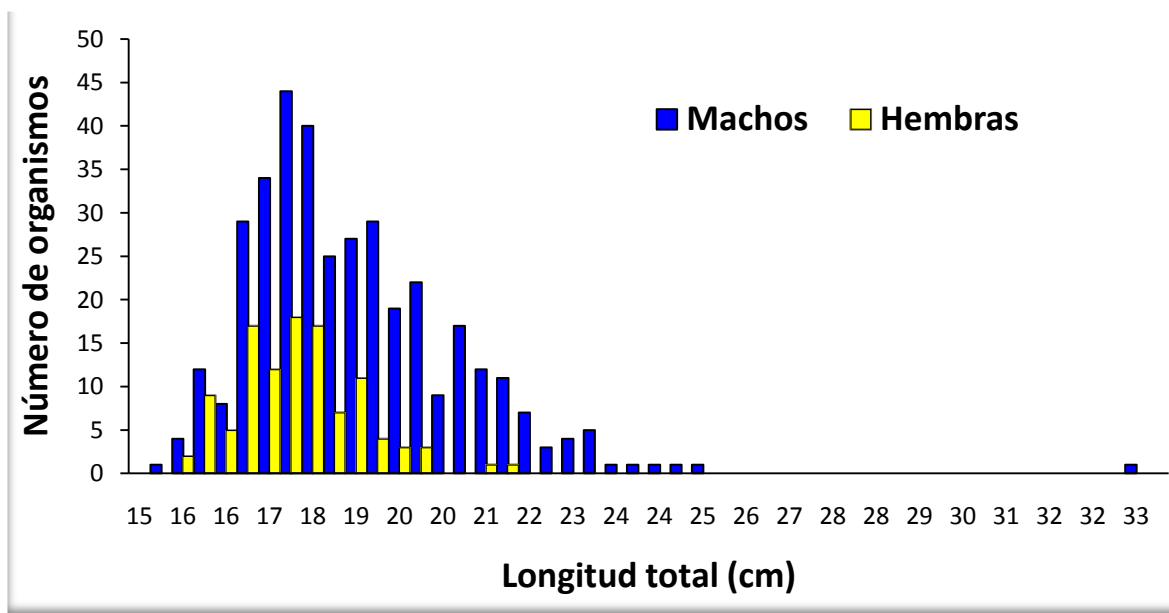


Figura 4. Distribución de frecuencia de tallas para sexos separados

### Proporción Sexual

Durante el año de muestreo los machos fueron más frecuentes y dominaron sobre las hembras (Figura 5). Solo en el mes de marzo, diciembre y febrero mediante la prueba de  $\chi^2$  estadísticamente, se cumplió con lo sugerido por Nikolsky (1963) de una proporción 1:1 hembras: machos.

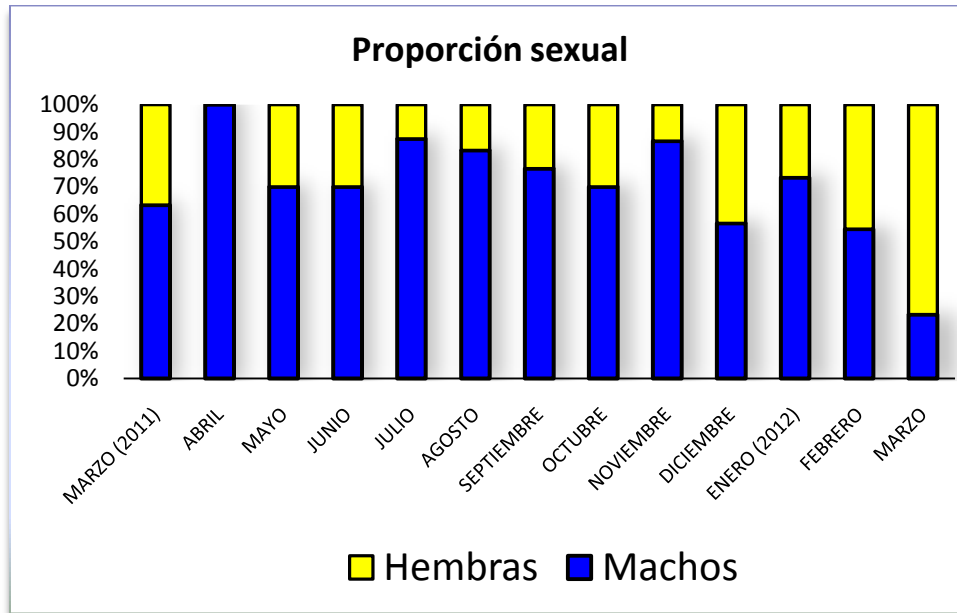


Figura 5. Variación temporal de la proporción sexual para *O. niloticus*

Al término del estudio en el bordo "La Palapa" la proporción sexual durante el año quedo de la siguiente manera 2:1 (macho: hembra), aunque esta varió de tal forma que en abril de los 30 organismos que se recolectaron en su totalidad todos fueron machos y al contrario, en el mes de marzo prevaleció una gran cantidad de hembras.

### Relación longitud total-peso total

Para conocer el tipo de crecimiento se muestran los modelos mediante la relación entre las tallas (patrón y total) y peso (Tabla 2).

Tabla 2. Diferencias entre longitud (patrón y total) y peso de *Oreochromis niloticus*.

	Longitud patrón (cm)	Longitud total (cm)
Población	$P=0.1507Lp^{2.463}$	$P=0.0683Lt^{2.5304}$
$r^2$	0.8896	0.9183

Para el manejo de las pruebas estadísticas se usó la longitud total por tener una mayor relación con el peso ( $r^2=9183$ ,  $p<0.05$ ).

Para determinar si existían diferencias significativas entre sexos se realizó un análisis de covarianza (ANDECOVA) con la relación peso total–longitud total (Tabla 3). El resultado permite observar que estadísticamente no existen diferencias significativas entre los sexos ( $F= 1.26$ ,  $p>0.05$ ), pero se trabajo por separado machos, hembras y a la población total, para conocer por separado el comportamiento de cada uno de los casos, ya que no existe información sobre el recurso pesquero para este embalse.

Tabla 3. Análisis de covarianza entre el peso y la longitud total para la población de *O. niloticus*

		Raíz MSE = .037202		R-cuadrada ajus.= 0.8940	
Fuente	Parcial SS	gl	MS	F	Prob > F
Modelo	4.28891504	3	1.42963835	1032.96	0.0000
long lt	1.84656793	1	1.84656793	1334.20	0.0000
sexo	.001811538	1	.001811538	1.31	0.2533
long lt*sexo	.001748352	1	.001748352	1.26	<b>0.2618</b>
Residuos	.503784417	364	.001384023		
Total	4.79269946	367	.013059127		

En la grafica se muestra el análisis de la relación entre el peso total-longitud total para *O. niloticus* el cual tiende a un comportamiento de tipo potencial; por lo tanto, el modelo matemático (Figura 6) quedo expresado de la siguiente manera  $Pt = 0.0683Lt^{2.5304}$  con un coeficiente de determinación de  $r^2 = 0.9183$  ( $p < 0.05$ ). La relación se realizó para los machos así como para las hembras y el comportamiento de los datos fue tipo potencial, con coeficiente de determinación de  $r^2 = 0.9172$ , ( $p < 0.05$ ) para machos y  $r^2 = 0.8459$ , ( $p < 0.05$ ) para hembras (Figuras 7 y 8).

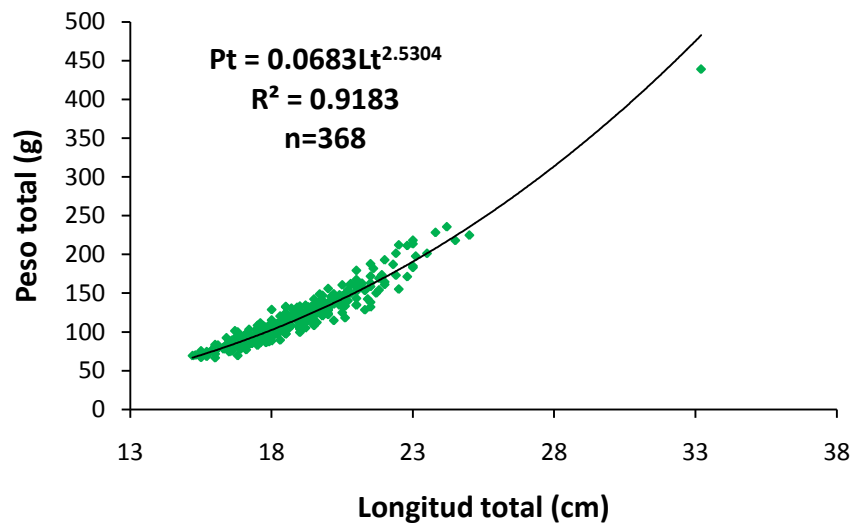


Figura 6. Relación peso total-longitud total para la población de *O. niloticus*.

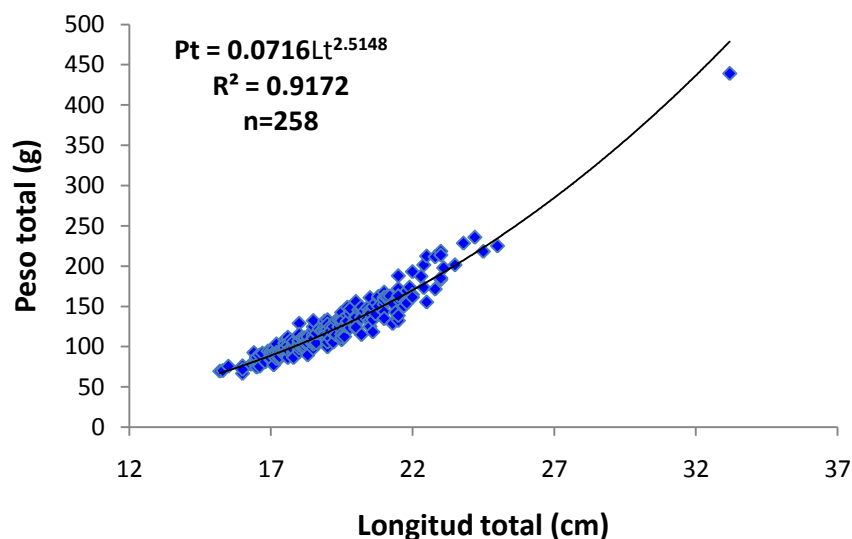


Figura 7. Relación peso total-longitud total para los machos de *O. niloticus*.

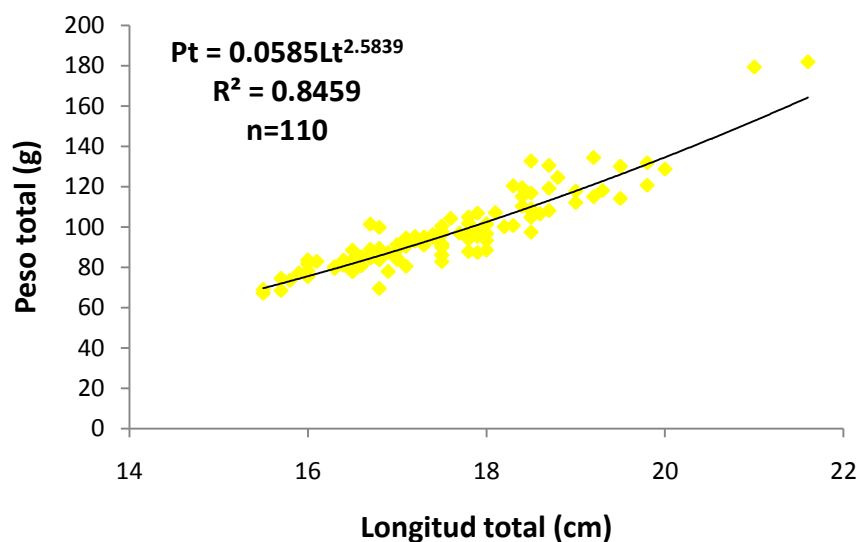


Figura 8. Relación peso total-longitud total para las hembras de *Oreochromis niloticus*.

Para determinar el tipo de crecimiento que presenta la población se aplicó la prueba de *t-student*, para comparar las pendientes y determinar si eran iguales o diferentes de tres ( $H_0: b=3$ ,  $H_a: b \neq 3$ ), en el caso de la población total se determinó que el tipo de crecimiento es alométrico negativo ( $b= 2.53$ ,  $t\text{-Student}= 11.90$ ;  $p < 0.05$ ), así como para los machos ( $b = 2.51$ ,  $t\text{-Student} = 10.27$ ;  $p < 0.05$ ) y para las hembras ( $b = 2.58$ ,  $t\text{-Student}= 3.92$ ;  $p < 0.05$ ) (Tabla 4).

Tabla 4. Prueba de *t de student* para las pendientes de la relación longitud total-peso total de *Oreochromis niloticus*.

	Pendiente (b)	t calculada (t)	t teórica	Prueba de Hipótesis Ho: B=3, Ha:B≠3	N
P. total	2.53	11.90	1.96	Se Rechaza Ho	368
Machos	2.51	10.27	1.96	Se Rechaza Ho	258
Hembras	2.58	3.92	1,98	Se Rechaza Ho	110



### Radio de la escama-Longitud total

Para determinar la edad de la población total se leyeron ocho escamas a cada pez teniendo un total de 2576 que corresponde a los 368 organismos, al seleccionar las escamas se tomaron en cuenta las siguientes características, anillos bien macados, no ser regeneradas y estar completas.

Para determinar si existían diferencias significativas entre machos y hembras se realizó el análisis de covarianza (ANDECOVA) entre el radio total de la escama y la longitud total y el sexo (Tabla 5).

Tabla 5. Análisis de covarianza entre la longitud total del pez y el radio total de la escama de la población de *O. niloticus*

Numero de observaciones =		368	R-cuadrada =	0.3767	
Raiz MSE =		.177443	R-cuadrada ajust.=	0.3716	
Fuente	Parcial SS	gl	MS	F	Prob > F
Modelo	6.9276357	3	2.3092119	73.34	0.0000
longitud~1	3.11020999	1	3.11020999	98.78	0.0000
sexo	.069317064	1	.069317064	2.20	<b>0.1387</b>
longitud~1*sexo	.070907917	1	.070907917	2.25	<b><u>0.1343</u></b>
Residual	11.4609699	364	.031486181		
Total	18.3886056	367	.050105192		

El resultado mediante el análisis de (ANDECOVA) indica que no hay diferencias significativas entre machos y hembras ( $F= 2.25$ ,  $p>0.05$ ), lo cual al realizar la regresión entre estas variables da un intercepto diferente a cero; por lo tanto, no hay relación directa entre el radio total de la escama y la longitud total. Aunque no hay diferencias entre los sexos se realizaron las regresiones para cada sexo (Figuras 9, 10 y 11).

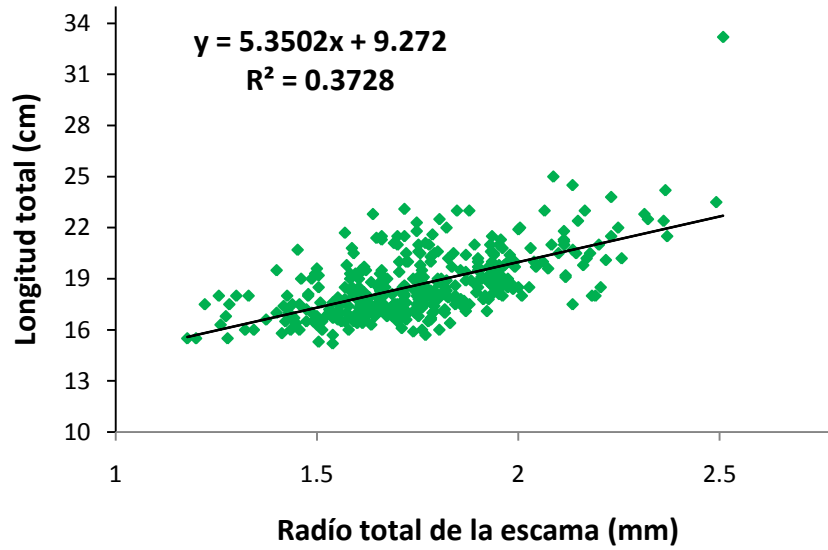


Figura 9. Relación entre el radio de la escama y la longitud total para la población total de *O. niloticus*

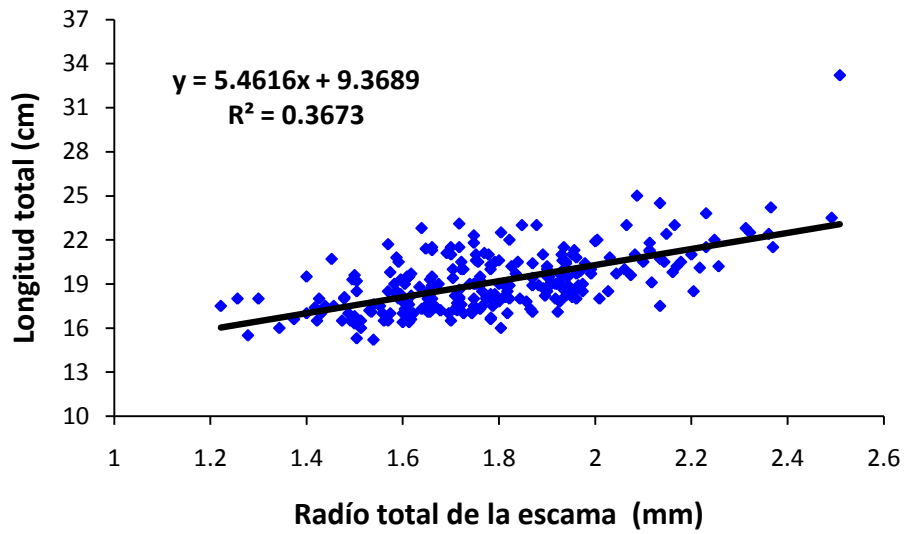


Figura 10. Relación entre el radio de la escama y la longitud total para los machos de *O. niloticus*

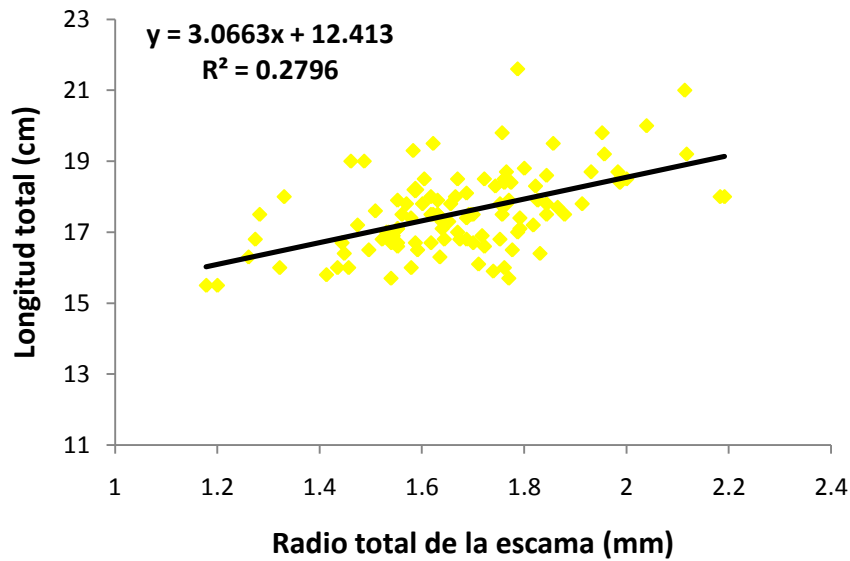


Figura 11. Relación entre el radio de la escama y la longitud total para las hembras de *Oreochromis niloticus*.

Se realizó un diagrama de cajas (Figura 12) para representar cada clase de edad con las longitudes retrocalculadas correspondientes, en el cual se observa que las medianas corresponden a una clase de edad en particular y estas no se traslaparon. Se identificaron seis clases de edad (6 cajas), cabe mencionar que en las edades 2, 2.5 y 3 se encontraron valores atípicos que difieren del resto de la población, esto debido a errores en las medidas realizadas o escamas que no corresponden a esos organismos.

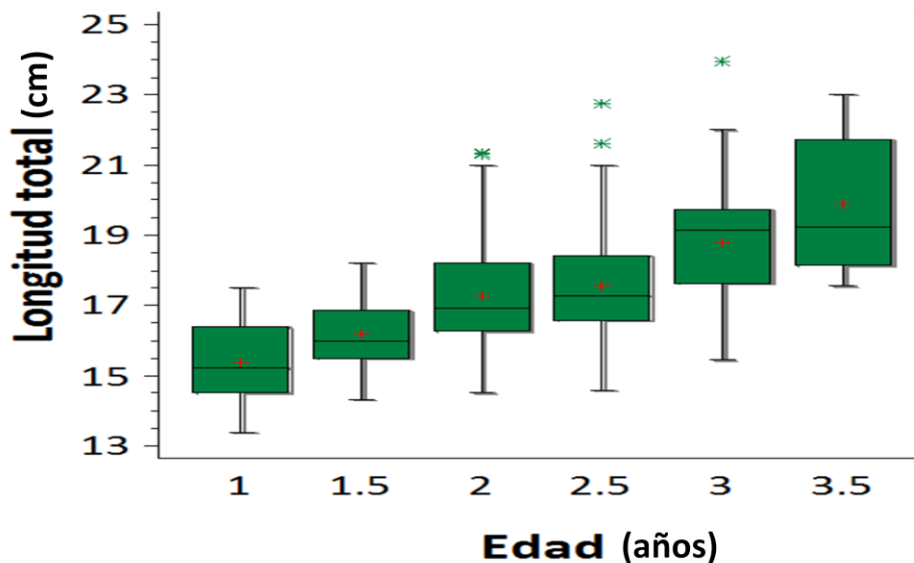


Figura 12. Comportamiento de la longitud para cada grupo de edad de la población total de *O. niloticus*

A partir de las longitudes calculadas a cada marca de crecimiento en las escamas se identificó que la edad de 2.5 es la que se encontró en primer lugar con mayor número de organismos con un total de 145 (39.4%) tilapias, seguida por la edad 2 con 109 (29.6%) organismos (Figura 13).

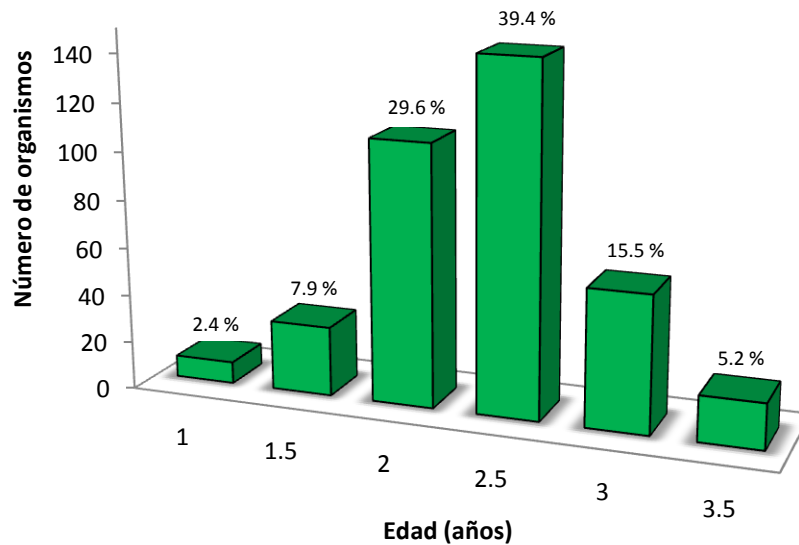


Figura 13. Porcentaje de organismos a partir de su edad de la población de *Oreochromis niloticus*.

Para determinar la validez de las marcas de crecimiento en las estructuras duras se realizó el análisis de incremento marginal en el cual se encontró que existen dos periodos de depositación de materiales para la formación de un nuevo anillo (Figura 14).

En general el comportamiento del incremento marginal promedio mensual para la población total (Figura 15) dio como resultado que los valores mínimos se presentaron en el mes de diciembre y en el mes de julio, lo cual indica que existen dos periodos al año, aproximadamente cada seis meses.

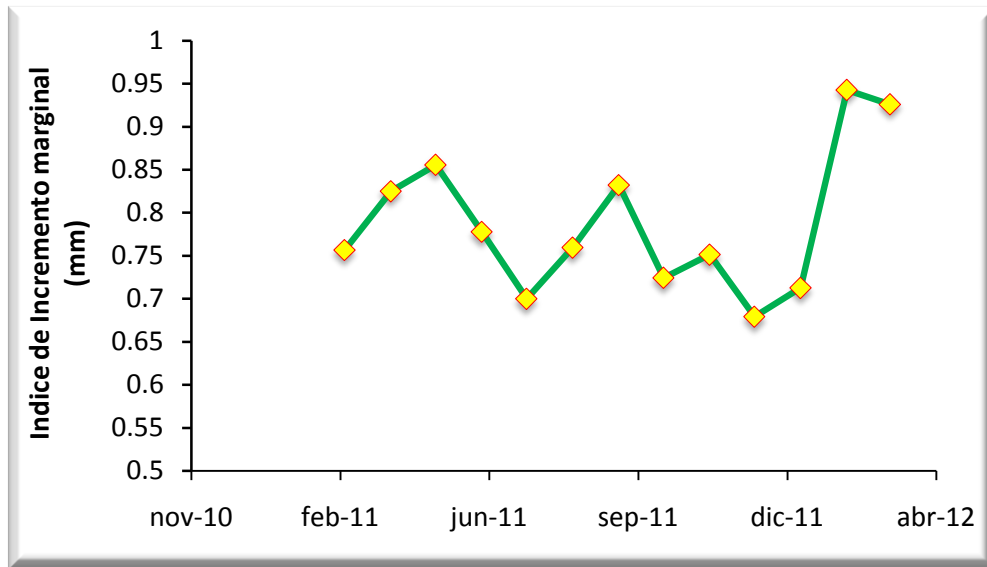


Figura 15 .Variación del Incremento Marginal para la población total de *Oreochromis niloticus*

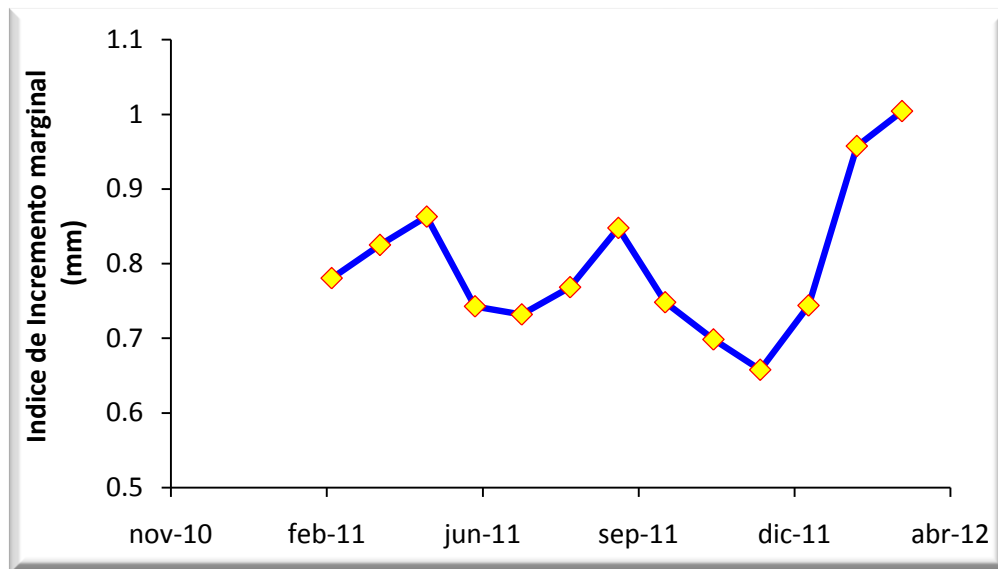


Figura 16. Variación del Incremento Marginal para los machos de *Oreochromis niloticus*

Para el caso de los machos, se observa en la figura 16, que el valor mínimo corresponde al mes de diciembre, mientras que en el caso de las hembras los valores mínimos del índice de incremento marginal se presentaron en el mes de julio (Figura 17).

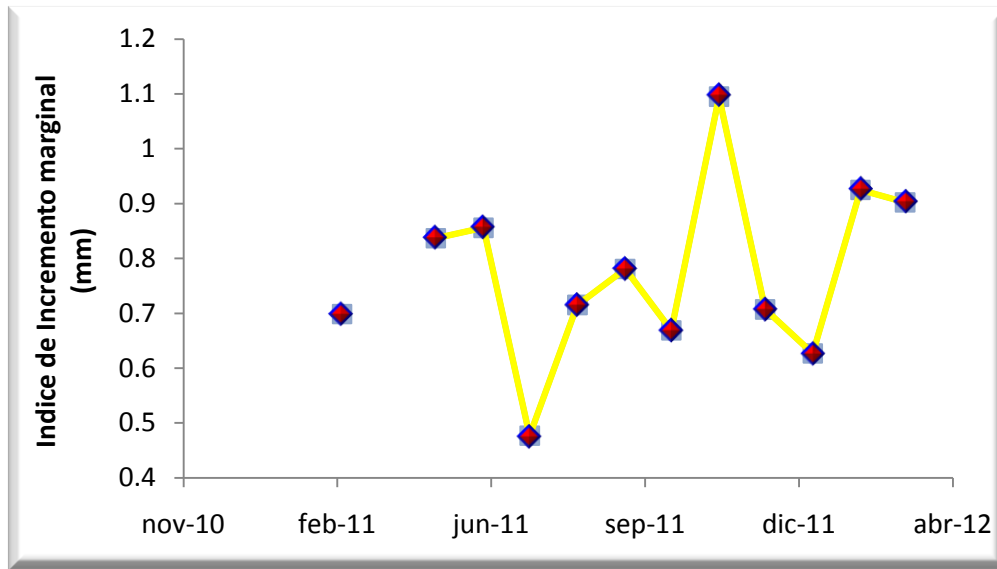


Figura 17. Variación del Incremento Marginal para las hembras de *Oreochromis niloticus*

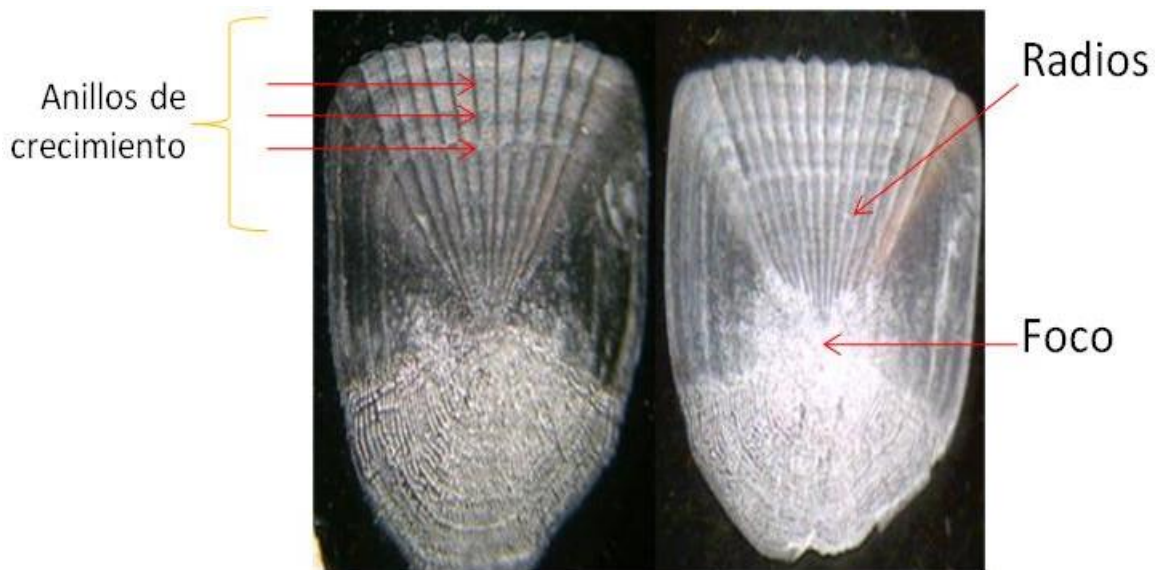


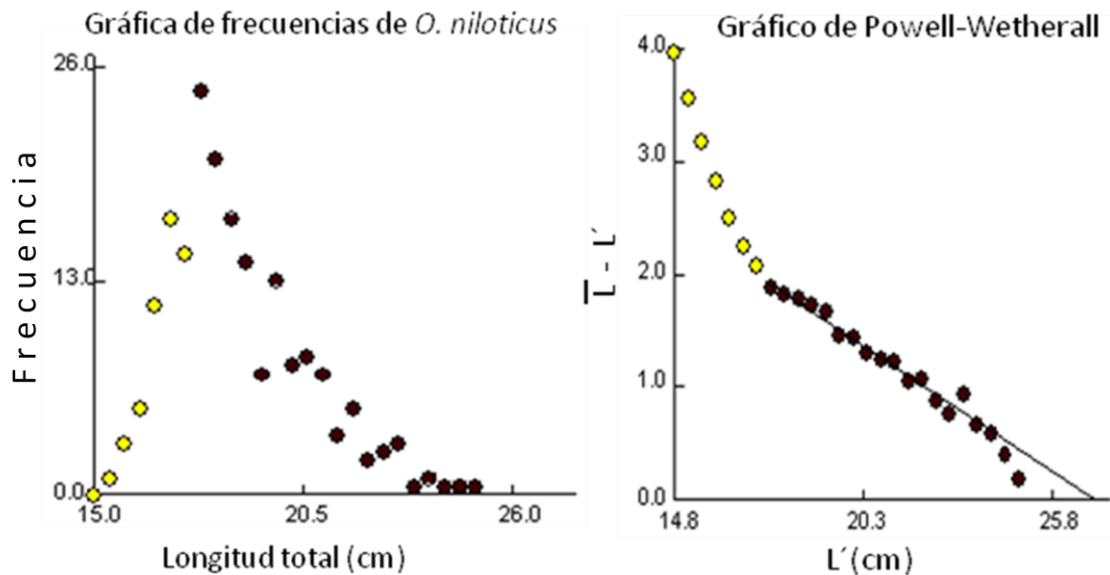
Figura 14. Marcas de crecimiento en escamas de *Oreochromis niloticus*.

### Método de Powell-Wetherall

El método gráfico de Powell-Wetherall es una modificación de la fórmula de la relación entre la mortalidad ( $Z$ ) y la talla explotada, este permite estimar  $L_{\infty}$  y la relación  $Z/K$  en una muestra que representa una población en equilibrio y que puede aproximarse reuniendo series de tiempo de frecuencias (Sparre y Venema, 1995).

Se identifica gráficamente la menor talla totalmente reclutada por el arte ( $L'$ ), la cual se utiliza en una regresión lineal de la siguiente forma:  $(L - L') = a + b * L'$

Donde  $a$  y  $b$  son constantes de la regresión y  $L$  la talla media de captura. Por lo tanto,  $L_{\infty}$  será igual a  $-a/b$  y la relación  $Z/K$  se estimara a partir de  $-(1+b)/b$  (Sparre y Venema, 1997) (Figura 18).



$Y = 5.50 + (-0.203) * X$ ,  $r = -0.987$   
 Estimado de  $L_{\infty} = 27.03$   
 Estimado de  $z/k = 3.916$

Figura 18. Estimación de  $L_{\infty}$  por medio del método de Powell-Wetherall para la población de *Oreochromis niloticus*.

Con la fórmula  $(L - L') = a + b * L'$  y los valores obtenidos mediante las frecuencias de tallas se estimó el valor de  $L_{\infty} = 27.03$  cm para la población total de *Oreochromis niloticus* con un coeficiente de determinación de  $r^2 = 0.987$ , ( $p < 0.05$ ) y una ecuación de  $L - L' = 5.50 + (-0.203) L'$  de intercepto y pendiente respectivamente.

## Método de Bhattacharya

Este método se aplicó para analizar la distribución de las frecuencias de tallas a la población total ya que no se pudo determinar para las hembras por tener un número de organismos bajo. En la figura 19 se muestran las diferencias logarítmicas obtenidas las cuales representan a cada grupo de organismos con edad semejante (cohortes), y ya obtenida la longitud media a cada clase se aplicó el método de Ford-Walford (1933 y 1946 respectivamente) para estimar  $L_{\infty}$ .

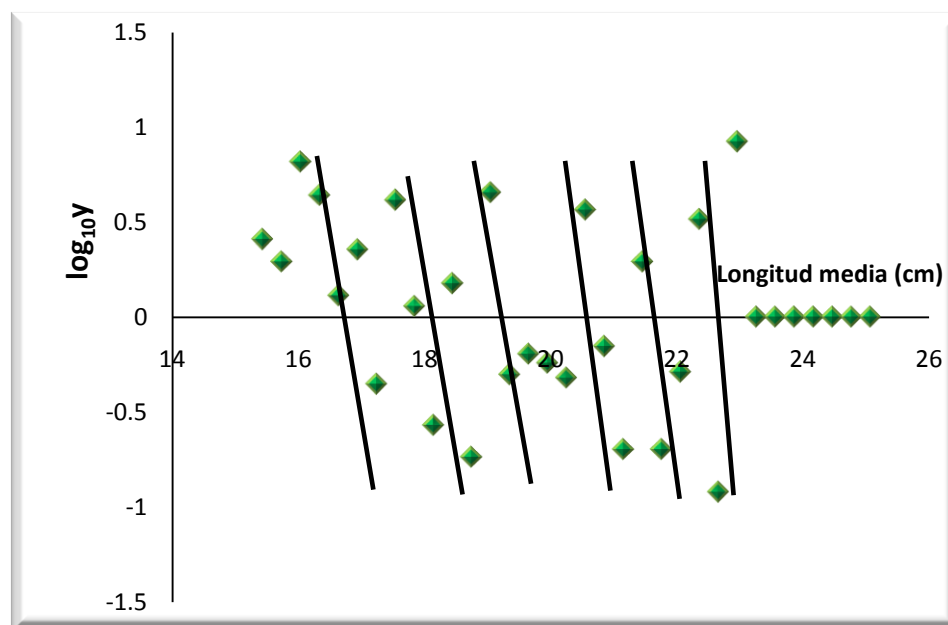


Figura 19. Método de Bhattacharya para la población de *Oreochromis niloticus*.

El valor obtenido para la población de *Oreochromis niloticus* mediante la aplicación del método de Bhattacharya y posteriormente la aplicación de los métodos de Ford-Walford (1933 y 1946 respectivamente), dio como resultado una estimación de la longitud asintótica máxima de  $L_{\infty} = 33.02$  cm y por otro lado se encontraron 6 clases de edad, este resultado es muy semejante al obtenido mediante la lectura de anillos en las escamas.



## Crecimiento en longitud y peso

Mediante la lectura de los anillos en las escamas se obtuvieron los grupos de edad (Tabla 6) para calcular las constantes del modelo de crecimiento, mediante la ecuación de von Bertalanffy, para la población total, machos y hembras (Tabla 7).

Tabla 6. Características a cada grupo de edad de *Oreochromis niloticus*

Edad (Años)	Longitud total (cm)	Num. de org.	Porcentaje (%)
1	14.20	9	2.4
1.5	15.43	29	7.9
2	16.75	109	29.6
<b>2.5</b>	<b>17.56</b>	<b>145</b>	<b>39.4</b>
3	18.81	57	15.5
3.5	19.89	19	5.2

Tabla 7. Valores de las constantes para el modelo de crecimiento de von Bertalanffy por el método de escamas

Constantes de von Bertalanffy				
	$L_{\infty}$ (cm)	$P_{\infty}$ (g)	K	$t_0$
Población total	33.59	497.1	0.136	-3.010
Machos	29.90	367.9	0.166	-3.119
Hembras	28.17	326.1	0.116	-5.673

Ya obtenidas todas las constantes se procedió a elaborar las curvas de crecimiento mediante el modelo de von Bertalanffy tanto para la longitud como para el peso.

En el caso de la longitud (Figura 20) se observó que las hembras tienen un crecimiento más rápido a diferencia de los machos, y pasando los dos años de edad, el comportamiento se invierte tienen un crecimiento más lento y los machos aceleran su crecimiento hasta llegar a su longitud máxima.

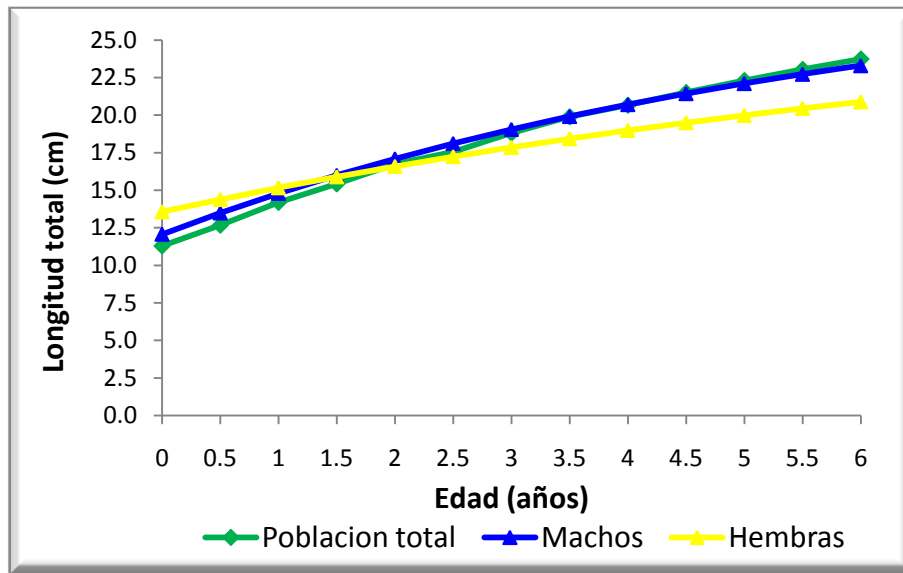


Figura 20. Curvas de crecimiento en longitud, estimadas para población total, machos y hembras de *Oreochromis niloticus* por medio de escamas.

En el caso del peso (Figura 21), se realizaron las curvas obtenidas por medio de la lectura de anillos en escamas para la población total, machos y hembras, siendo las hembras las que tienen un aumento más rápido en masa que los machos hasta los dos primeros años, y de esta edad en adelante los machos como la población total tienen un aumento mucho mayor al de las hembras, pero el comportamiento va a seguir siendo similar.

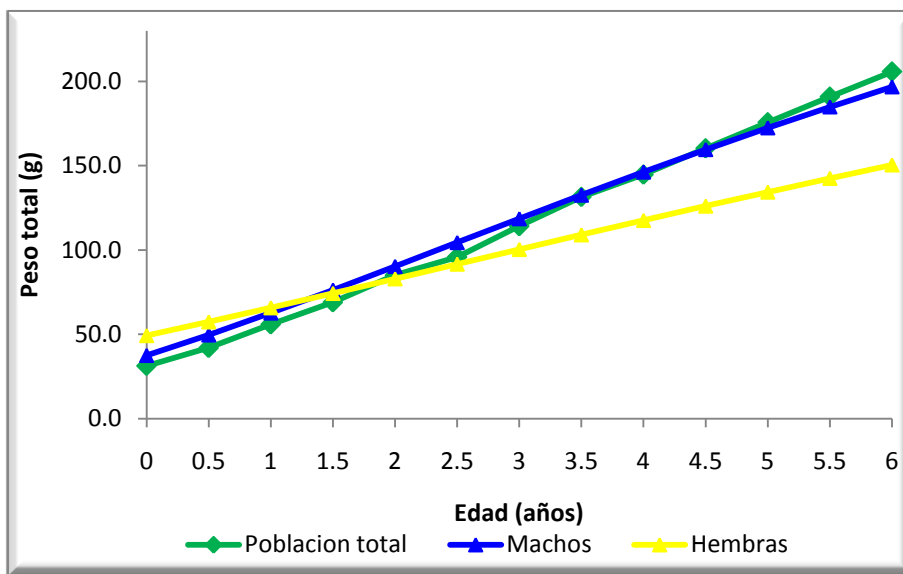


Figura 21. Curvas de crecimiento en peso, estimadas para población total, machos y hembras de *Oreochromis niloticus* por medio de escamas y modelo de von Bertalanffy

Tanto como en el peso como en la longitud las hembras tienen un incremento más rápido a diferencia de los machos, hasta los dos años de edad ya que de aquí en adelante los machos van a sobresalir sobre las hembras.

Para comparar las constantes del modelo de crecimiento de von Bertalanffy se realizó la prueba de  $T^2$  de Hotelling en la cual las diferencias entre los valores paramétricos se prueban simultáneamente considerando las covarianzas entre los parámetros (Salgado-Ugarte *et al.*, 2005) logrando así poder determinar si hay diferencias entre hembras y machos la prueba se realizó a un 95% de nivel de confianza (Tabla 8).

El resultado de esta prueba indica si hay diferencias significativas entre los sexos siendo la longitud asintótica en la que mayor se nota la diferencia, ya que los machos llegan a ser mas grandes que las hembras.

Tabla 8. Prueba multivariada para la comparación de los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy al 95% de confianza.

Matriz S			Matriz S inversa			
29.875675	-.32979392	-5.3664698	7.12213383	566.039532	4.67759376	
	.00366206	.05899795		48458.6274	173.196335	
		1.03163			15.3969329	
2.6615	0.0391	2.3107	= [P1 - P2]'			
T <sup>2</sup> =	1336.2501	T <sup>2</sup> <sub>0.05: 3,9</sub> =	14.1627	F <sub>0.05: 3,9</sub> =	3.8625	
Intervalo de confianza al 95 %			Valor critico de F			
-8.7825	<= L_inf1 - L_inf2	<=	14.1055	0.2089		
-0.0876	<= K1 - K2	<=	0.1658	0.3684		
0.1841	<= t_o1 - t_o2	<=	4.4373	4.5605		

S= Matriz varianza-covarianza, P= valores de los parámetros de crecimiento, T<sup>2</sup>=Estaditico de Hotelling

### Aplicación no lineal de von Bertalanffy

Mediante la aplicación de la función de crecimiento de von Bertalanffy con el programa computacional STATA los valores obtenidos para la población total así como para machos y hembras de *Oreochromis niloticus*, dio resultados muy semejantes a los obtenidos mediante los métodos directos (lectura de escamas) y métodos indirectos (distribución de frecuencias de tallas) (Tablas 9, 10 y 11).

Tabla 9. Función no lineal de crecimiento de von Bertalanffy para la población total de *Oreochromis niloticus*

	SC	gl	MS	Número de Obs = 7		
Modelo	1939.01109	3	646.33703	F( 3, 4) =	35852.52	
Residuo	.072110633	4	.018027658	Prob > F =	0.0000	
Total	1939.0832	7	277.011886	R-cuadrada =	1.0000	
				R-cuadrada Aj =	0.9999	
				Raiz MSE =	.1342671	
				Res. dev. =	-12.16311	

	Coefficiente	Error Estandar	t	P> t	Intervalo confianza 95%	
$L_{\infty}$	<b><u>34.62241</u></b>	6.928249	5.00	0.008	15.38651	53.85831
K	<b><u>.1303938</u></b>	.049895	2.61	0.059	-.0081369	.2689246
$t_0$	<b><u>-3.019076</u></b>	.486325	-6.21	0.003	-4.369331	-1.668821

(SE's, P values, CI's, y las correlaciones son aproximaciones asintóticas)

Tabla 10. Función no lineal de crecimiento de von Bertalanffy para machos de *Oreochromis niloticus*

	SC	gl	MS	Número de Obs = 7		
Modelo	2044.77442	3	681.591472	F( 3, 4) =	55085.74	
Residuo	.049493129	4	.012373282	Prob > F =	0.0000	
Total	2044.82391	7	292.117701	R-Cuadrada =	1.0000	
				R-cuadrada Aj =	1.0000	
				Raiz MSE =	.1112353	
				Res. dev. =	-14.79768	

	Coefficiente	Error estándar	t	P> t	Intervalo confianza 95%	
$L_{\infty}$	<b><u>30.42317</u></b>	3.705522	8.21	0.001	20.13499	40.71135
K	<b><u>.1625183</u></b>	.0448581	3.62	0.022	.0379722	.2870643
$t_0$	<b><u>-3.09339</u></b>	.425859	-7.26	0.002	-4.275765	-1.911016

(SE's, P values, CI's, y las correlaciones son aproximaciones asintóticas)

Tabla 11. Función de crecimiento de von Bertalanffy para hembras de *Oreochromis niloticus*

	SS	df	MS			
Modelo	1586.28508	3	528.761694	Número de Obs =	6	
Residuo	.019842858	3	.006614286	F( 3, 3) =	79942.37	
Total	1586.30492	6	264.384154	Prob > F =	0.0000	
				R-cuadrada =	1.0000	
				R-cuadrada Aj =	1.0000	
				Raiz MSE =	.0813283	
				Res. dev. =	-17.24276	

	Coefficiente	Error Estandar	t	P> t	Intervalo confianza 95%	
$L_{\infty}$	<b><u>27.76169</u></b>	7.017793	3.96	0.029	5.42794	50.09544
K	<b><u>.1233897</u></b>	.0751121	1.64	0.199	-.1156504	.3624298
$t_0$	<b><u>-5.404119</u></b>	1.432466	-3.77	0.033	-9.962865	-.8453724

(SE's, P values, CI's, y las correlaciones son aproximaciones asintóticas)

Ya sea por métodos directos como por métodos indirectos los resultados fueron muy parecidos (Tabla 12) dando confiabilidad a lo realizado, solo en el caso del método de Powell-Wetherall el valor fue menor a los otros, debido a que este método no incluye todos los datos, trabaja con una parte central de estos ya que elimina los valores mas chicos así como los mas grandes, en el caso de que se hubieran recolectado organismos de mayor tamaño el valor de  $L_{\infty}$  estaría mas cercano a los valores obtenidos por los demás métodos.

Tabla 12. Resumen de los valores obtenidos de  $L_{\infty}$  por varios métodos

	Von Bertalanffy	Powell-Wetherrall	Bhattacharya	Stata
Población total	33.59	27.03	33.02	34.622
Machos	29.90			30.423
Hembras	28.17			27.762

## Parámetros Físicos y Químicos

En este estudio se registraron diferentes parámetros para determinar en que condiciones se encuentra el bordo y así poder conocer que parámetros afectan o benefician a los organismos que viven en el.

En el estudio la profundidad máxima que se encontró fue en el mes de julio con 4,3 metros y la profundidad menor se empezó a dar a finales del año ya que este sistema los ejidatarios decidieron secar el cuerpo de agua para poder incrementar la profundidad del mismo a través de dragar el fondo del cuerpo de agua y por tal se dio una baja de suministro de agua, ya que la abertura de la compuerta permanecía cerrada provocando menores profundidades (Figura 22).

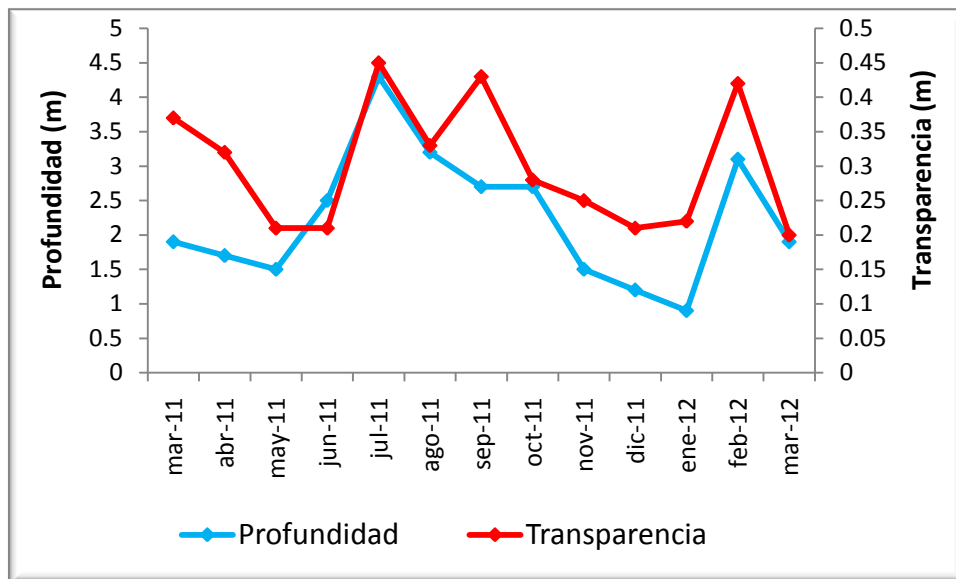


Figura 22. Comportamiento de la profundidad y la transparencia en el bordo "La Palapa".

La transparencia del agua obtenida mediante la visibilidad del disco de Secchi esta relacionada con la profundidad, ya que mientras mayor profundidad presentaba el sistema, la transparencia incrementaba y durante el periodo de lluvias la transparencia se vio afectada disminuyendo por efecto de la carga de sólidos presentes; el valor máximo fue de 0.42 m en el mes de julio y el valor mínimo se observó en marzo con 0.2 m.

En la temperatura del agua (Figura 23) se ve claramente la época de secas y de lluvias, ya que en los primeros meses la temperatura es alta con un valor máximo de 27.9° C en el mes de abril, mientras que los valores mínimos se encuentran a finales de año y es el mes de enero con 23°C el de valor mínimo registrado.

Los valores de la temperatura ambiente se encontraron con un máximo de 34°C en el mes de marzo y con un mínimo de 23°C en el mes de febrero.

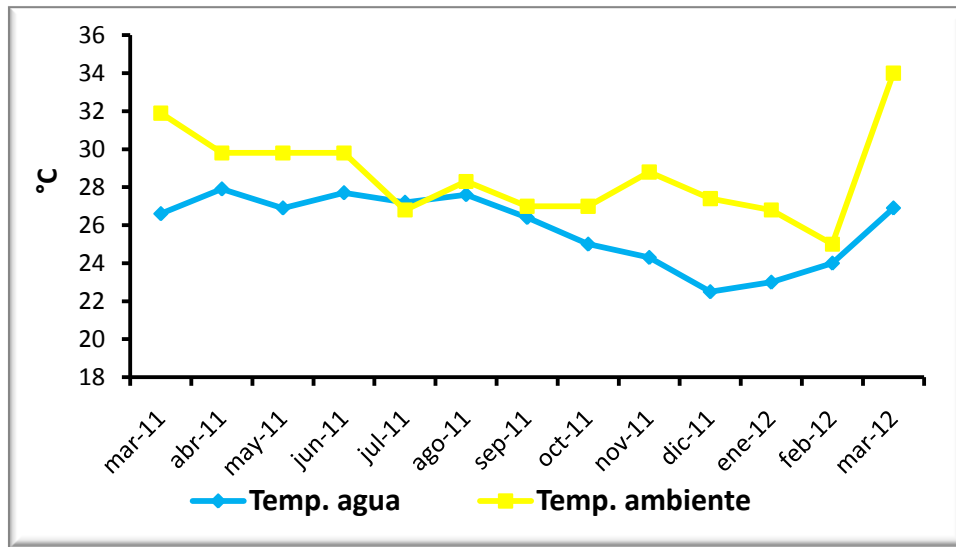


Figura 23. Comportamiento de temperatura del agua así como del ambiente en el bordo "La Palapa".

En la figura 24 se observa que tanto los sólidos disueltos totales como la conductividad están muy relacionados, primero la conductividad mostró el valor máximo en el mes de marzo 2012 con 1564  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , y el valor mínimo en el mes de julio con 961  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , siendo en este mismo mes la menor cantidad de sólidos disueltos totales 503 ppm, ya que el sistema se encontraba en su nivel mas profundo (efecto de dilución) y la mayor cantidad de sólidos se encontró en el mes de noviembre cuando el sistema se encontraba con muy poca agua (efecto de concentración al disminuir el volumen de agua).

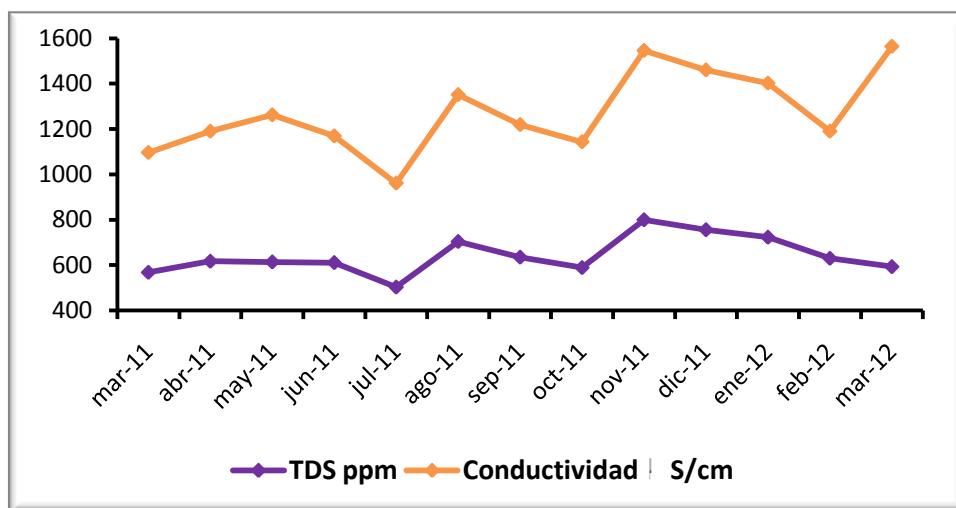


Figura 24. Comportamiento de los sólidos disueltos totales y de la conductividad en el bordo "La Palapa".

Respecto al oxígeno disuelto se encontró el valor mínimo en el mes de junio con 4.9 mg/l y el máximo en el mes de mayo con 14.9 mg/l, los valores mas bajos se observaron en los meses de lluvias y para la temporada de invierno los valores del oxígeno con tendencia a incrementar. En cuanto a los valores del pH del agua el comportamiento se mantuvo constante a lo largo de todo el estudio con valores que oscilaron de 7.4 a los 8.8 unidades de enero y marzo 2011 respectivamente. Con estos resultados el bordo "La Palapa" es un sistema que presenta agua alcalina ya que no presenta valores muy alejados de 7 (Figura 25).

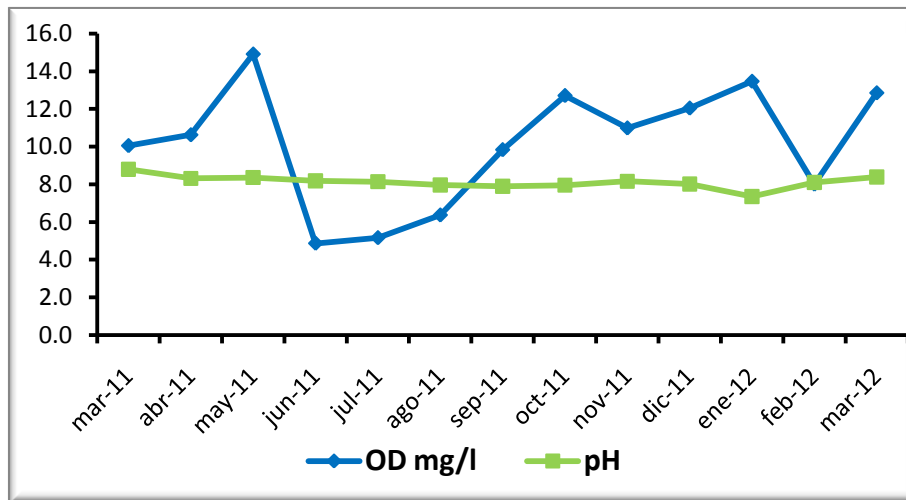


Figura 25. Comportamiento del oxígeno disuelto y el pH en el bordo "La Palapa".

La dureza total fue mayor a la alcalinidad obteniendo valores mínimos de 405 mg CaCO<sub>3</sub>/L en el mes de agosto y el máximo en el mes de abril 692 mg CaCO<sub>3</sub>/L, se puede notar que los valores máximos se encuentran en los meses de abril a julio y es en el mes de agosto donde los valores disminuyen, para mantenerse así durante este periodo y de nuevo incrementan en la temporada de secas.



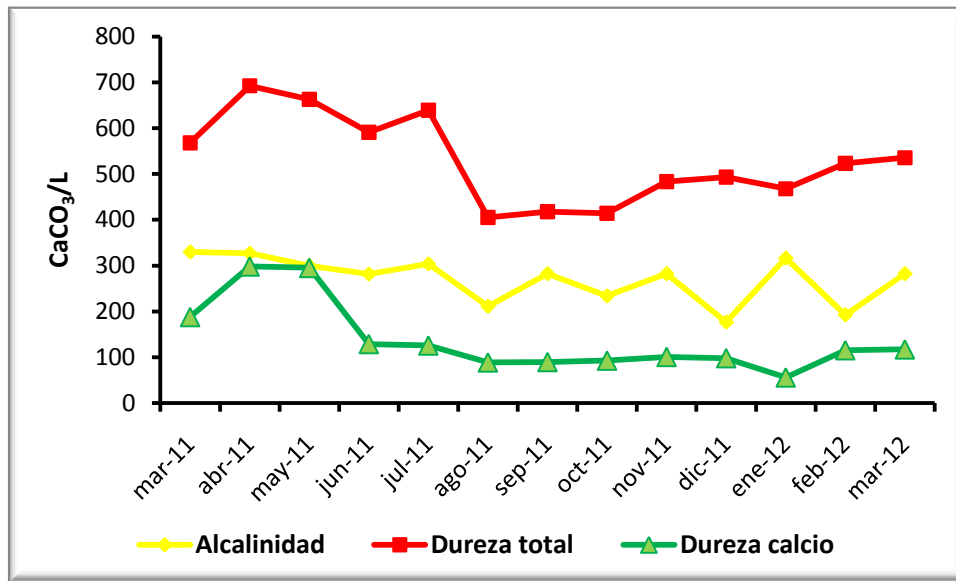


Figura 26. Comportamiento de la alcalinidad así como de la dureza cálcica y total en el bordo "La Palapa".

La dureza de calcio los valores máximos se obtuvieron en el mes de abril 298.5mg CaCO<sub>3</sub>/L y el valor mínimo en el mes de enero con 55.8 mg CaCO<sub>3</sub>/L, aunque esta variable solo se registraron cambios en los meses de abril y mayo, ya que durante el año muestreado se mantuvo con un comportamiento muy regular.

La alcalinidad con la que cuenta el sistema propicia a que el agua del sistema se considere con buena productividad por los valores obtenidos ya que el valor mínimo se obtuvo en 176 en el mes de diciembre mg CaCO<sub>3</sub>/L y el valor máximo obtenido fue de 330 mg CaCO<sub>3</sub>/L en el mes de marzo (Figura 26).

## DISCUSIÓN

La muestra obtenida comprende organismos que van de los 15.2 cm a los 33.2 cm, cabe mencionar que solo hubo un organismo con la longitud total mayor ya que el intervalo registrado para los organismos es menor a los 24 cm. Estos resultados son similares a los reportados en otros trabajos de la tilapia por Pérez y Patlani (2001) quienes mencionan un valor máximo de 25.5 cm de longitud total, Manríquez (2005) indica una talla máxima de 23.2 cm de longitud total en el lago Coatetelco y Granados (2006) en la presa "Zimapán" determinó una talla máxima de 23.2 cm de longitud patrón.

Beltran-Álvarez *et al.*, (2009) reportó organismos de 34.5 cm en la tilapia *Oreochromis aureus* en la Presa Sanalona, y Gómez-Ponce *et al.*, (2010) indican valores del híbrido de tilapia *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus* en la represa "Zimapán" de 23.2 cm. De estos resultados, los valores de este estudio se encuentran dentro del intervalo de tallas ya mencionados, principalmente para la especie en estudio con el arte de pesca (atarraya de 6.5 cm) que se utiliza en casi todos los cuerpos de agua del estado de Morelos.

En cuanto a la diferencia por sexos los machos fueron más grandes tanto en peso como en longitud que las hembras.

Lo anterior coincide con Beltran-Álvarez *et al.* (2009) al comparar entre machos y hembras se encontró que existen diferencias significativas y se demostró estadísticamente que los machos son más grandes que las hembras, así también lo señalado por Sánchez (2000) en la presa Huites, Sinaloa, y con Ramírez (2007) en la presa El Varejonal, Sinaloa, México donde los machos fueron significativamente mayores que las hembras. A diferencia de lo reportado por Gómez-Márquez *et al.* (2008), Tovar (2005) y Manríquez (2005) para *O. niloticus* en el estado de Morelos, estos autores mencionan que no hay diferencias significativas entre lo sexos.

En la mayoría de las especies de tilapias los machos tienen un crecimiento mayor que las hembras; debido principalmente a diferentes factores como la temperatura, que juega un papel muy importante en cuanto al crecimiento y desarrollo de la especie; esta variable tiene que ser mayor a los 20° C para que se lleve a cabo la reproducción (Fry y Iles, 1972; Balfour, 1985; Morales, 1991; Oliveira y Almada, 1995), además de que las hembras una vez que alcanzan la madurez sexual, destinan mayores recursos energéticos para la maduración de los productos sexuales que para el crecimiento. Sin embargo, existen otros factores que afectan el crecimiento y desarrollo de la especie, como son las condiciones ecológicas donde se desarrolle la especie, la dinámica social del recurso y la adaptación que pueda adquirir contra sus depredadores en las diferentes etapas del desarrollo.

Con respecto a la proporción sexual en la mayoría de los muestreos se obtuvieron un mayor número de machos a diferencia de las hembras, con excepción en el mes de abril en donde se recolectaron en su totalidad únicamente machos y en el mes de marzo del 2012 se invirtieron los papeles recolectándose en su mayoría hembras.

Durante el año muestreado los valores se mantuvieron aproximadamente de 2 a 3 machos por una hembra solo en los meses de julio y noviembre los valores de los machos fueron elevados a 7 y 6 machos por hembra. Esto pudo deberse a que en el mes de julio la tilapia esta en plena época de reproducción y en noviembre empieza la época de reproducción, durante los muestreos el número de machos siempre fue mayor al de las hembras, ya que en algunos meses puede representar un mecanismo regulador de la proporción sexual al removerse organismos de un solo sexo y si a esto se le agrega el comportamiento que tienen los machos después de la fertilización, al ser los machos los que no están dedicados al cuidado de los huevos y se quedan en los nidos con la finalidad de seguir reproduciéndose, los convierte en presa fácil para las redes en zonas someras, mientras tanto las hembras van a alejarse del nido con destino a zonas mas profundas y con mayor protección, lo cual hacen que su captura sea mas difícil (Gómez-Márquez *et al.*, 2008)

De los trece muestreos solamente en los meses de marzo 2011, diciembre y febrero, se cumplió con la proporción sexual propuesta por Nikolsky (1963) la cual debe ser de 1:1 aunque puede variar de especie a especie pero en la mayoría de las especies es cercano a uno y puede variar año con año en la misma población. Algunos autores como Basurto (1984), Garduño y Avelar (1996), Beltrán-Álvarez *et al.*, (1998), Gómez (2002) y Gómez-Márquez *et al.*, (2008) para *O. niloticus*, mencionan que esta especie cumplió la proporción 1:1. Para esta especie se encontró en Brasil una proporción de 1.3:1 (M:H) de acuerdo a lo reportado por Costa-Novaes y Carvalho (2012).

En el año muestreado en el bordo "La Palapa" la proporción fue 2.3:1 a favor de los machos, mismos resultados citados por Saíto (2004) para *O. niloticus* en la presa Emiliano Zapata y Ramos-Cruz (1995) la proporción macho: hembra (2.6:1) en *O. aureus* en la presa Benito Juárez.

Respecto a la diferenciación sexual Van Aerle *et al.*, (2004), Devil y Nagahama (2002) y Guerrero-Estévez y Moreno-Mendoza (2009) señalan que existen una gran variedad de mecanismos que definen la proporción sexual. Estos pueden ser genéricos o depende de las condiciones ambientales tales como temperatura, pH y factores de la comunidad, los cuales pueden influir en la proporción sexual de la población. Además, de acuerdo con Devil y Nagahama (2002) las fluctuaciones de la temperatura en los diferentes hábitats donde los peces viven, pueden alterar las rutas bioquímicas de la determinación del sexo y actúan sobre el individuo para inducir el desarrollo del macho o de la hembra.

Conover y Fleisher (1986) mencionan que con respecto a la temperatura cuando esta es relativamente baja, los descendientes en esta época tienden a ser hembras y cuando la temperatura es alta la descendencia va a favorecer a los machos. Con base en lo mencionado es de esperada en la época de temperaturas altas (temporada de secas e inicio de lluvias) los resultados indican la probabilidad de un mayor número de machos.

Otro factor por el cual se recolectaron en mayor cantidad machos fue por causa del pescador, ya que las tilapias tienden a formar cardúmenes en los que predominan los machos, y al ser recolectados principalmente en las zonas someras mediante redes atarrayas, los pescadores arrojan la red a estos puntos de alta producción y por lo tanto se recolectaría en su mayoría machos.

La relación entre peso-longitud es de suma importancia en la biología pesquera la cual va a proporcionar información sobre la condición en que se encuentra la población. Además de que 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 (2006).

Al realizar la prueba de análisis de covarianza entre machos y hembras en función de la talla, se encontró que no existen diferencias significativas por lo cual se puede manejar a la población total, pero también por sexos separados, principalmente porque al usar el peso total del pez se incluye el peso de la gónada y en menor medida el del estómago, el cual puede llegar a variar dependiendo la época del año Granado (2002).

La relación peso total-longitud total en (machos, hembras y población total) dio como resultado un modelo de tipo potencial y al aplicar la prueba de *t de student* se obtuvo como resultado un tipo de crecimiento alométrico negativo, es decir, que el mayor crecimiento se da en los peces en longitud y no en peso, aunque depende de la temporada del año y de la época reproductiva.

Para la tilapia se han obtenido diferentes tipos de crecimiento por mencionar algunos como los reportados por Flores (1994) en cultivos de estanques de concreto bajo condiciones de clima templado, estos en la Ciudad de México, Garduño y Avelar (1996), Gómez (2002) y Manríquez (2005) estos últimos en el lago Coatetelco, Morelos quienes reportan un crecimiento alométrico negativo, mientras que Peña-Messina *et al.*, (2010) lo menciona para *Oreochromis aureus*.

Para el crecimiento alométrico positivo Beltran-Álvarez *et al* (2009) encontró que en su estudio el valor de la pendiente fue significativamente diferente de 3 esto en la Presa Sanalona, Sinaloa, al igual que Santiago y Jardon (1997), en la presa Cerro de Oro, Oax. La tilapia también a crecido en condiciones de tipo isométrico en el cual los organismos presentan un crecimiento proporcional entre la talla y

peso, estos resultados han sido reportados por Flores (2006), Saito (2004) y Gómez-Ponce *et al.*, (2010) para el híbrido de tilapia *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus* en la represa Zimapan Hidalgo.

El bordo por estar en condiciones naturales es de esperarse que los organismos presentaran un tipo de crecimiento alométrico negativo, esto es que van a crecer mas en talla que en peso, para evitar la depredación y la competencia de otras especies logrando con esto mayor supervivencia. Las diferencias o similitudes que se da con respecto al valor de la pendiente (b) no solamente van a estar afectadas por factores genéticos de las especies, sino también por el hábitat, la época del año, el contenido estomacal y por la reproducción, ya que cuando los organismos inician el proceso reproductivo va a presentarse más un aumento en el peso, ya que destinan mayor gasto energético a la elaboración de los productos sexuales y a la acumulación de tejido (Nikolsky, 1963). Esto para las pesquerías es de gran importancia, ya que al capturar organismos con más biomasa, los beneficios económicos se verán reflejados por ser organismos de tallas y pesos elevados.

#### **DETERMINACION DE LA EDAD POR MEDIO DE ESCAMAS**

Para la biología pesquera así como para las pesquerías es de gran importancia conocer la edad de los organismos ya que esta va a dar información acerca de la situación de la población así como también esta es la base para hacer los cálculos que permite conocer el crecimiento, mortalidad, selectividad de artes de pesca y otros parámetros fundamentales.

La edad de muchas especies icticas se puede determinar mediante discontinuidades que ocurren en las estructuras duras de los organismos ya sea en escamas, otolitos, opérculo, estas marcas pueden deberse a cambios de la temperatura, salinidad, reproducción, incubación, disponibilidad de alimento, cantidad de sólidos disueltos y la depredación en la que viven los organismos o a otros como el desove (Granado, 2002; Salgado *et al.*, 2005).

Primeramente se realizó el análisis de covarianza entre la longitud total del pez y el radio total de la escama y se determinó que no hay diferencias significativas entre los sexos, pero aún así se trabajo por separado a cada caso debido a que existieron diferencias en crecimiento corporal por sexo.

Así mismo, se realizó una regresión entre estas variables y se encontró que la tendencia es de tipo lineal presentando valores bajos en el coeficiente de determinación, pero aun así es posible apreciar la tendencia al aumento paulatino de los radios de las marcas periódicas.

Al analizar la regresión entre estas variables muestra que no es directamente proporcional, ya que el intercepto fue diferente a cero, es decir la escama se

empezó a desarrollar después de que los peces habían alcanzado cierta talla, Zhang y Runham (1992b) mencionan que en *Oreochromis niloticus* el primer anillo es depositado un día después de la incubación, por lo cual, para tener una mejor estimación mediante el método del retrocálculo de la talla cuando los anillos fueron formados, se tomó el valor de la pendiente que se obtuvo mediante la regresión.

El número máximo de marcas de crecimiento encontrados en *Oreochromis niloticus* en este estudio fue de 7 teniendo por edad 3.5 años, ya que cada clase encontrada correspondió a 6 meses, las clases de edad estuvieron conformadas de la siguiente manera el primer grupo 0.5 no se encontraron organismos con este primer anillo ya que la selectividad de arte de pesca no era propia para recolectar organismos de tallas menores a 15.5 cm, las clases de edad más representativas fueron las de edad 2,5 años (18.5 cm longitud total en promedio), así como la de 2.0 años.

En este estudio el macho de 33.2 cm que se capturó y sobresalía del análisis, mostró que en sus escamas el número de anillos que tenía era de 7 número máximo encontrado en organismos de la misma edad.

Resultados de edades similares para *O. niloticus* han sido reportados por Santiago y Jardón (1997) reportando 8 clases de edad en la presa "Cerro de Oro" Oax, y Adamassu y Caselman (2000) en el lago Awassa, quienes mencionan 8 y diez marcas de crecimiento respectivamente y para *O. macrochir* Booth y Merron (1996) encontraron que se deposita una zona opaca y otro hialina anualmente, teniendo como máximo 11 marcas de crecimiento con un intervalo de longitud de 207-235 mm, así como también se reportó 11 años de edad para *O. aureus* en la Represa Infiernillo en Michoacán por Jiménez-Badillo (2006) y de 3.5 años para *O. niloticus* en la Laguna de Coatetelco, Morelos por Gómez-Márquez (1998).

Valores menores a los de este estudio los ha obtenido Beltran-Álvarez *et al.*, (2009) donde encontraron 6 grupos de edad en *Oreochromis aureus* en la presa Sanalona, 4 grupos de edad registrados por Gómez-Ponce, *et al.*, (2010) para el híbrido de tilapia *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus* en la represa Zimapán Hidalgo y Saito (2004) quien menciona 4 y 5 clases de edad para machos y hembras respectivamente para *O. niloticus*.

Ibáñez y Romo-Coronel (2007), señalan que las marcas de crecimiento en escamas de la tilapia muestran mucha variabilidad en los organismos que son criados en granjas lo que se puede deber al tipo de alimento que reciben o a que son manipulados en los estanques de la granja. Otro punto importante es que si se llega a ver afectado uno de estos factores principalmente la temperatura, la reproducción o la alimentación va a repercutir en el metabolismo del organismo, que se verá reflejado como una marca discontinua en las estructuras óseas (Brothers y Mathew, 1976; Zhang y Runham 1992b, 1992c; Morales-Nin, 1995; Massou *et al.*, 2002).

Uno de los factores importantes en cuanto a la depositación de anillos, es la temperatura, ya que influye en la incorporación de Ca/Sr, elementos que conforman las marcas de crecimiento (Tzeng, 1994; Morales-Nin, 2000).

Otro factor que posiblemente afecte la depositación de nuevas marcas de crecimiento es por consecuencia de los sólidos totales disueltos que se encuentran en "La Palapa", ya que estos en gran concentración van a impedir la penetración de la luz provocando con esto que los peces se estresen y esto pueda conducir a la formación de una marca, ya que al cambiar el metabolismo del pez debido a las condiciones de estrés al cual esta sometido en el sistema, el calcio podría ser reabsorbido, provocando zonas discontinuas en las escamas (Martinez-Tabche *et al.*, 2002).

En estudios como este en los cuales está involucrada la edad, la lectura de cualquier estructura dura de los peces (en este caso las escamas) es de suma importancia la validación de la aparición de las marcas de crecimiento, es decir, la asignación de una temporalidad a la formación de los anillos (Carlander 1982, Casselman 1983, Beamish y McFarlane 1987).

Para validar las marcas de crecimiento en las estructuras duras (escamas), se empleo el método del índice del incremento marginal (IIM), el cual dio como resultado que existen dos temporadas de depositación una en el mes de diciembre y la segunda en el mes de julio los cuales concuerdan con la época reproductiva mencionada por Gómez (2002) y García (2011). Estos resultados fueron logrados gracias a que existieron anillos continuos bien formados, se puede decir que se forman dos anillos por año.

Estos mismos resultados han sido reportados por Pérez y Platani (2001) en los cuales mencionan una periodicidad semestral, esta durante los meses de diciembre y julio, los cuales coinciden con eventos reproductivos también citados por Gómez-Márquez *et al.* (2008), quienes lo atribuyen a las bajas temperaturas que prevalecen en el lago Coatetelco durante la época de noviembre a enero, mientras que el otro periodo en los meses de mayo-junio, argumenta que la interrupción del crecimiento es debido a la maduración de las gónadas y la actividad reproductiva durante la temporada cálida del año para lo zona de muestreo.

Por otro lado, Beltran-Álvarez *et al.*, (2009) citan dos periodos de formación de las marcas de crecimiento, el primero durante el invierno entre los meses de diciembre a febrero, con una reducción significativa de su ritmo metabólico y un segundo periodo de formación de marcas (junio-agosto), el cual pudiera estar relacionado con altas temperaturas del agua y la estratificación térmica intensificada, similar a lo reportado por Rivera y Hernández (2011) que mencionan, que en el bordo "La Palapa" se manifiesta una época de secas fría,

(noviembre a marzo), una seca cálida de mediados de marzo a junio y otra de lluvias durante los meses de julio a octubre.

Gómez-Ponce *et al.* (2010) con las tilapias de Zimapán mencionan dos periodos de formación de los anillos de crecimiento, el primero durante los meses fríos de noviembre a enero, un segundo periodo de formación, durante los meses de abril-mayo que pudiera estar relacionado con la utilización de energía para la maduración gonádica por un lado, y por el otro, debido a que durante la incubación bucal y crianza de los alevines las tilapias no se alimentan presentando así una reducción de la tasa de crecimiento.

Por lo tanto los resultados que se obtuvieron en cuanto a los métodos directos a dado óptimos resultados y por lo tal se asume que cada anillo formado corresponde a 6 meses de edad, y si un organismo presenta dos anillos tendrían 12 meses de edad aproximadamente y así sucesivamente, es importante mencionar que es entonces en estos meses (julio-diciembre) cuando la reproducción de la tilapia esta en pleno proceso, y es de suma importancia poner atención a estas fechas.

En cuanto al crecimiento este se basa en la diferencia que se obtiene de relación de los procesos anabólicos y catabólicos del individuo (peces) y esta característica permite un aumento del individuo en cuanto a la acumulación de tejido a medida que la formación de estos procesos sobrepasan a la degradación y se detiene cuando ambos se equilibran. Por consiguiente, el crecimiento de un pez es el resultado de su alimentación, asimilación, y la capacidad de construir tejidos en su cuerpo y puede ser definido de diferentes maneras; sin embargo, todos concuerdan que es el efecto de la adicción de material corporal (Nikolsky, 1963; Jácome, 2002) y por lo tanto, el crecimiento es considerado como el proceso de incremento gradual o desarrollo progresivo con el tiempo en tamaño o en peso del organismo (Gómez, 1994; Salgado *et al.*, 2005).

En el presente estudio el crecimiento de la tilapia se obtuvo mediante el modelo de crecimiento de von Bertalanffy, en la cual los machos van a tener un mayor crecimiento en la longitud ( $L_{\infty} = 29.90$  cm) que las hembras ( $L_{\infty} = 28.17$  cm), y por lo tanto, también en peso ( $P_{\infty} = 367.9$  para los machos y  $P_{\infty} = 326.1$  para las hembras).

Con respecto a la tasa de crecimiento ( $k$ ) no hay mucha diferencia entre machos (0.166) y hembras (0.116), pero aún así la de los machos va a ser mayor, lo cual indica que estos pueden alcanzar en un menor tiempo una talla cercana a la longitud máxima teórica.

Al analizar los datos para la población total se marcan una diferencia importante en cuanto a la  $L_{\infty} = 33.59$ cm;  $P_{\infty} = 487.1$ g;  $K = 0.136$  y una  $t_0 = -3.010$ .



Resultados parecidos a estos son reportados por Perez y Platani (2001) para la mojarra de la presa "Emiliano Zapata" donde encontraron cinco anillos de crecimiento en las escamas y las constantes de crecimiento para la población total fueron de  $L_{\infty} = 288.28\text{mm}$ ;  $P_{\infty} = 392.46\text{g}$ ;  $K = 0.1363$  y  $t_0 = -0.1295$ , Granados (2006) menciona que mediante el análisis de las escamas, las constantes de von Bertalanffy quedaron expresadas de la siguiente manera  $L_{\infty} = 28.11$  cm longitud patrón,  $K = 0.33$ ,  $t_0 = -0.86$ ,  $W_{\infty} = 877.177\text{g}$  peso total.

Jiménez (1999) estimó para la población una  $L_{\infty} = 344.6\text{mm}$ ,  $P_{\infty} = 478.5\text{g}$ ,  $K = 0.46$  y  $t_0 = -0.055$  no obstante, determinó 11 grupos de edad mediante opérculos y escamas. Por su parte, Gómez-Ponce, *et al.*, (2010) al determinar las constantes de crecimiento cita que los valores de las constantes de crecimiento quedaron establecidos en:  $L_{\infty} = 281.1\text{mm}$ ,  $W_{\infty} = 877.1\text{g}$ ,  $K = 0.33$  y  $t_0 = 0.88/\text{año}$ .

Beltrán-Álvarez *et al.*, (2009) describen las ecuaciones de von Bertalanffy de la siguiente manera  $L_{\infty} = 416 [1 - e^{-0.3682 (t+0.4975)}]$  y  $P_{\infty} = 1323 [1 - e^{-0.3682 (t+0.4975)}]^{3.0652}$ , estos datos corresponden a *O. Aureus* especie que ha denotado un mayor crecimiento en diferentes cuerpos de agua del país en comparación con *O. niloticus* como se presentó en este estudio. También se han reportado peces de menor tamaño con valores de  $L_{\infty} = 20.19$  cm longitud total,  $K = 0.6081$ ,  $t_0 = -0.420$ ,  $W_{\infty} = 122.50\text{g}$  Manríquez (2005).

Los datos de este estudio son muy parecidos a los reportados por Costa-Novae y Carvalho (2012) en Brasil donde las constantes estimadas del crecimiento y mortalidad fueron las siguientes:  $L_{\infty} = 33.60$  cm,  $k = 0.63/\text{año}$ . Es posible que esta similitud de crecimiento, se deba a que la temperatura en la cual se realizaron estos estudios sea mayor de  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Para el presente estudio también se analizó el crecimiento de las constantes del modelo de von Bertalanffy, por medio del método no lineal del paquete estadístico Stata y por las rutinas de Salgado-Ugarte *et al.*, (2000).

Los resultados quedaron de la siguiente manera para la población total se obtuvo  $L_{\infty} = 34.62\text{cm}$ ,  $K = 0.1303$  y  $t_0 = -3.019$ , seguido de los machos  $L_{\infty} = 30.42$  cm,  $K = 0.1625$  y  $t_0 = -3.0933$  y por último las hembras con valores de  $L_{\infty} = 27.7616$  cm,  $K = 0.1233$  y  $t_0 = -5.4041$ . Estos resultados comparados con los obtenidos mediante los métodos directos son parecidos y dan confiabilidad a los resultados.

Para comparar si había diferencias entre las hembras y los machos con base en las constantes del modelo de crecimiento de von Bertalanffy, se utilizó el estadístico multivariado de  $T^2$  de Hotelling al 95% de confianza (Bernard, 1981; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005).

La prueba de  $T^2$  de Hotelling permite comparar las diferencias de crecimiento entre dos grupos de peces, cuando la correlación entre los valores son

significativos, ya que las diferencias entre todos los valores de los parámetros son probados simultáneamente a partir de la covarianza entre los parámetros incluidos en la prueba (Salgado-Ugarte *et al.*, 2005).

De acuerdo con al prueba multivariada ( $T^2$  de Hotelling), generada por la lectura de anillos de crecimiento en escamas, si existen diferencias significativas entre hembras y machos siendo la  $L_{\infty}$  la constante que marca la diferencia ya que los machos crecen mas que las hembras, lo cual ha sido reportado por otros autores como Pérez y Platani (2001), Granados (2006) y Gómez-Márquez *et al.*, (2008).

Esta diferencia de crecimiento entre los sexos ha sido manifestada por Fryer e Illes (1972) y Morales (1991), debido a que mencionan que los machos de *Oreochromis* son organismos precoces, por lo cual maduran más temprano que las hembras y por lo tanto sus tasas de crecimiento son mayores que la de las hembras, las cuales invierten más energía en el desarrollo de los productos sexuales. Gómez (2002), sugiere que la población alcanza su talla de primera madurez más temprano para enfrentar el problema de la selectividad a la que se enfrenta el cuerpo de agua.

De acuerdo con Morales (2006) la prueba multivariada de  $T^2$  de Hotelling para la comparación de modelos de crecimiento, generados por la lectura de anillos de crecimiento en escamas, reporta que no existieron diferencias significativas entre los parámetros de los modelos de crecimiento de von Bertalanffy para machos y hembras ( $T^2= 28.4662$ ,  $P = 0.01$ ); por consiguiente, hembras y machos crecen de igual forma, esto para la presa Emiliano Zapata, Mor.

De acuerdo a Weatherley y Grill (1989), es necesario utilizar otros métodos que ayuden a confirmar las determinaciones de la edad provenientes de las estructuras duras (escamas, opérculos, otolitos, etc), por ejemplo los métodos indirectos (distribución de Frecuencias de tallas) las cuales ayudaran a validar los datos para este estudio y a dar confiabilidad a los ya obtenidos; los métodos empleados en este estudio son el método de Powell (1979) y el de Bhattacharya (1967).

Para el método de Powell-Wheterall (1986 en King ,1995), por medio del paquete estadístico FISAT, se obtuvo una  $L_{\infty}$  de 27.03 cm, este valor esta por debajo a lo obtenido por los demás métodos, pero esta en el intervalo de los valores observados, ya que el segundo valor máximo encontrado fue de 25 cm, si en este estudio se hubieran encontrado más organismos como el de 33 cm el valor obtenido hubiera sido mayor, ya que este método se basa en representar todos los datos de la población explotada mediante el análisis de frecuencias de tallas, al tomar en cuenta la talla mínima de captura así como la talla promedio de la muestra y solo considera las tallas bien representadas dentro de la población eliminado los datos iniciales y finales que no están bien representados y además cuando se sabe poco o casi nada sobre la condición de la población.

Este mismo método lo utilizó Perez y Platani (2001) en el cual estimaron un valor de  $L_{\infty} = 24.9$  cm para *Oreochromis niloticus* en la presa Emiliano Zapata, y menciona que este valor es bueno para los datos capturados.

Posteriormente en la figura 5, al aplicar el método de Bhattacharya se muestran las diferencias logarítmicas de las frecuencias de clases de tallas, con respecto al punto medio de cada clase de talla, obteniéndose 6 clases de talla, con pendiente negativa. A estos valores se les aplicó el método de Ford-Walford (1933 y 1946) para obtener una longitud máxima asintótica y el resultado de esta fue de  $L_{\infty} = 33.02$  cm; resultado parecido al obtenido mediante los métodos anteriores.

Guerra y Peña (1985) en su estudio del crecimiento de *Oreochromis urolepis hornorum* presente en el bordo Michapa, Morelos, registraron 4 grupos de edad tanto para hembras como para machos por medio de la aplicación del análisis de distribución de frecuencias de tallas con la aplicación del método de Bhattacharya. Alejo *et al.* (1989) mediante el análisis de frecuencia de obtuvieron 7 clases de edad para hembras como machos de *Oreochromis mossambicus*, conforme al método de Bhattacharya. Garduño *et al.*, (1993) determinaron seis clases de edad y una longitud máxima de 233.4 mm por métodos indirectos, mientras que con escamas obtuvieron 6 anillos de crecimiento y el valor de  $L_{\infty} = 197.3$  mm.

Flores (1994) estimó el crecimiento de *Oreochromis niloticus* en estanques de concreto con fertilización inorgánica y orgánica en la Ciudad de México durante un período de 300 días, mediante el método de Bhattacharya, obtuvo cinco grupos de edad en ambos sistemas de fertilización en los estanques y el valor de máximo crecimiento fue de  $L_{\infty} = 20.76$  cm longitud estándar. Jiménez-Badillo (2006) en su estudio menciona que mediante el método de Bhattacharya encontró 5 componentes para la muestra biológica recolectada.

Al analizar todos los resultados obtenidos mediante la lectura de anillos de crecimiento en las escamas (métodos directos), así como los obtenidos mediante de distribución de frecuencia de tallas (métodos indirectos) se encontraron valores semejantes, estos dan confiabilidad a lo realizado. Solo en el caso del método de Powell-Wheterall (1986 en King, 1995) el resultado obtenido fue significativamente mas bajo por 6 cm pero es confiable ya que la muestra no recolecto organismo de mayores tallas.

Aunque al compararlos con otros estudios se encontró que algunos tienen parámetros de crecimiento mayor, menor o igual al de este estudio, esto va a depender de la ubicación geográfica del sistema acuático, así como de las condiciones ambientales y las características tróficas del sistema que estos presenten; otro factor importante va a ser la población cercana ya que esta va a determinar la presión de pesca a la que las tilapias estén sometidas así como el arte de pesca que se utilice para la extracción de los organismos.

Hasta el momento la selectividad de abertura de malla de 6.5 cm es apropiada ya que da tiempo a que los organismos cumplan con un ciclo de vida, pero si la abertura de malla se incrementara a 8 cm los organismos que se recolectaran tendrían mejor talla así como mayor biomasa, dando mayor vista para la alimentación ya que es mas gustoso un pez de tamaño platillo a peces de tamaño pequeño. Esto no solo traería consigo beneficios para la alimentación sino también económicos y principalmente a la población de las tilapias.

## PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS

El bordo "La Palapa" es un cuerpo de agua el cual puede llegar a tener hasta 4 metros de profundidad en la época de lluvias logrando con esto una máxima transparencia (0.42 m) y en la época de secas su profundidad se ve muy reducida hasta llegar a un poco menos que el metro.

El comportamiento hidrológico del sistema de acuerdo a Rivera y Hernández (2011) se caracteriza por tener una etapa de dilución, debido al incremento en el volumen que se da a partir del inicio de la temporada de lluvias, en la que a pesar del acarreo de materiales procedentes de la cuenca hay una reducción de estos por la evaporación durante la estación seca, la infiltración, además de la perdida por la utilización del agua para riego. Estas fases (concentración y dilución) son muy comunes en estos sistemas tal como es citado por Barclay (1966), Cole (1979), Arredondo *et al.*, (1982) y Hernández-Avilés *et al.* (2007).

En cuanto a la relación que se obtuvo con la temperatura del agua esta osciló entre los 22.5 y 27.9°C y la temperatura ambiente entre 25 y 34°C; estos resultados se encuentran dentro de los valores óptimos reportados por Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo (1986) quienes menciona que *Oreochromis niloticus* resiste grandes intervalos de temperatura (euritermico) y es capaz de sobrevivir en intervalos de temperatura que van desde los 6°C hasta más de 30°C. Sin embargo, a temperaturas inferiores a 15°C y superiores a 42°C, su crecimiento cesa y su reproducción reduce, para el crecimiento de las tilapias las temperaturas necesitan estar entre los 29 y 31°C si a esto se le agrega alimentación a saciedad, el crecimiento se manifiesta 3 veces superior que a los 20-22°C, Arredondo y Ponce (1998); en el bordo solamente sobresalen los valores que favorecen el crecimiento de las tilapias durante la temporada de secas cálidas en donde se alcanzan los 29 °C.

El oxígeno disuelto es otro de los parámetros más importantes de los cuerpos acuáticos, porque es esencial para el metabolismo de todos los organismos acuáticos que presentan una respiración de tipo aeróbica y su consume depende de la actividad de las bacterias y de la materia orgánica en descomposición así como de otros factores (Wetzel, 1981).

Los valores que se obtuvieron indican que las condiciones de oxigenación de cuerpo de agua son adecuadas, ya que los menores valores se registraron en los meses de lluvias y para la temporada de invierno los valores del oxígeno tendieron a subir, mientras mayor temperatura ambiental, el oxígeno se encontrará en menor proporción esto debido a la solubilidad que presenta este mismo. Por otra parte, los valores de pH durante el muestreo se mantuvieron de manera constante muy cercanos al valor de 7, pero siempre tendiendo hacia la parte alcalina.

Otro factor que afecta a los peces son los sólidos disueltos ya que estos no solo van a afectar la cantidad de luz que penetra en el cuerpo de agua, sino también a los peces ya que afectan a la respiración del organismo al cubrir las branquias y evitar el intercambio de gases entre el medio y el tegumento respiratorio de los peces Iturra (2008).

Con respecto a estos valores la conductividad estos se vieron seriamente afectados por las fases de dilución así como de concentración. La conductividad del agua depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua y de temperatura a la cual se realice la determinación Romero-Rojas, (1999), así como también la conductividad permite estimar la concentración total de materia iónica disuelta en el agua, la cual esta relacionada con la fertilidad del sistema (Arredondo y Ponce, 1998).

En cuanto a la alcalinidad y durezas, existe una gran relación entre ellas, esto se debe a que los iones de calcio, magnesio y bicarbonatos son derivados equivalentes de los mismos depósitos geológicos y por lo tanto los valores de alcalinidad y dureza son frecuentemente similares en magnitud: sin embargo, en algunos cuerpos de agua la alcalinidad total puede exceder a la dureza o viceversa (Arredondo y Ponce, 1998; Tovar, 2005).

Arredondo y Ponce (1998) indican que las aguas que contienen 40 mg/L o más de alcalinidad total son consideradas muy productivas; es decir, para este estudio se encontró un valor mínimo de 176.6 mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$  y un máximo de 330 mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ , lo cual indica que el agua es sumamente alcalina.

La dureza del agua se refiere al contenido de sales de calcio y magnesio, como bicarbonatos y carbonatos, los valores que se encontraron fueron el mínimo de 405 mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$  en el mes de agosto y el máximo en el mes de abril 692 mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ , valores muy altos a los comparados con otros autores, pero ya que la tilapia soporta condiciones extremas no hay inconveniente en esto parámetro.

Arredondo y Ponce (1998) mencionan que las aguas duras tienden a ser más productivas biológicamente que las aguas suaves, ya que estas últimas son deficientes en calcio y magnesio. El grado de dureza presente en cualquier sistema acuático es necesario para la sobrevivencia y el crecimiento de los peces.

## CONCLUSIONES

- La talla promedio para la población de *O. niloticus* en el bordo "La Palapa" fue de 18.64 cm y el peso promedio de 114.92 kg. Cabe mencionar que los machos presentaron tallas y pesos mayores en comparación de las hembras.
- La proporción sexual en la población de *Oreochromis niloticus* en el bordo fue de 2:1 (macho: hembra).
- El crecimiento en la población mediante la relación peso-longitud fue de tipo alométrico negativo.
- Se detectaron 7 anillos en las escamas correspondientes a las 6 clases de edad encontradas siendo las edades de 2.5 y 2 años las que mayor número de organismos presentaron.
- De acuerdo al índice de incremento marginal se determinó que la formación de los anillos son formados en diciembre así como en julio época en donde *O. niloticus* está en época reproductiva.
- El método de Powell-Wetherall estimó el valor de  $L_{\infty} = 27.03$  cm por medio de distribución de frecuencia de tallas.
- Mediante el método de Bhattacharya se estimó la longitud asintótica máxima y dio un resultado de  $L_{\infty} = 33.02$  cm.
- La estimación de crecimiento mediante el modelo de von Bertalanffy encontró valores de  $L_{\infty} = 33.59$  (cm),  $P_{\infty} = 497.1$  (g),  $k = 0.136$ ,  $t_0 = -3.010$  para la población total. Mientras que los machos presentaron valores de  $L_{\infty} = 29.90$  (cm),  $P_{\infty} = 367.9$  (g),  $k = 0.166$ ,  $t_0 = -3.119$  en cuanto a las hembras obtuvieron datos de  $L_{\infty} = 28.17$  (cm),  $P_{\infty} = 326.1$  (g),  $k = 0.116$ ,  $t_0 = -5.673$ .
- Los resultados son óptimos ya que mediante métodos directos como por métodos indirectos los valores son semejantes y muestran que si la abertura de luz de malla de la atarraya incrementara algunos centímetros más, los organismos seleccionados tendrían mayor longitud así como biomasa logrando con eso beneficios económicos así como a la población.

## REFERENCIAS

- ▣ Admassu, D. y M. J. Casselman. (2000). Otolith age determination for adult tilapia, *Oreochromis niloticus* L. from Lake Awassa (Ethiopian Rift Valley) by interpreting biannuli and differentiating biannual recruitment. *Hydrobiologia*. 418: 15-24
- ▣ Aguilera, H. P. y C. P. Noriega. (1988). La tilapia y su cultivo, Secretaría de Pesca, FONDEPESCA, SEPESCA, México, D. F. 59 p.
- ▣ Alejo, P.M.C., M.E.M. Laguna y P. T. Ramírez. (1989). Estudio de algunos aspectos biológicos de *Oreochromis mossambicus* (Osteichthyes: Cichlidae) en la laguna "El Rodeo" Estado de Morelos., Tesis de Licenciatura, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Zaragoza, UNAM, México, D. F., 130 p.
- ▣ 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. 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 A. Flores-Nava. (1992). Características limnológicas de pequeños embalses epicontinentales, su uso y manejo en la acuicultura. *Hidrobiológica*, 3/4: 1-10.
- ▣ Arredondo-Figueroa, J. L. y S. Lozano-García. (1996). El cultivo de la tilapia en México. Primer curso internacional de producción de tilapia. Del 20 al 22 de junio de 1996: 7 – 18.
- ▣ Arredondo, F.J.L y Ponce, J.T. (1998). Calidad del agua en acuicultura: conceptos y aplicaciones. AGT Editor S.A. 222 p.
- ▣ Athié, L. M. (1987). Calidad y cantidad de agua en México. México; Universo Veintiuno. 152 p.
- ▣ Axelrod, H.R. y L.P. Schultz. (1990). Handbook of tropical aquarium fishes. T.F.H. Publications, Neptune City, 718 p.

- ▣ Balfour, H. (1985). Cultivos de peces comerciales. Ed. Limusa, México. 316p.
- ▣ Barclay, M.H. (1966). An ecological study of a temporary pond near Auckland New Zealand. *Austr. J. Mar. Freshwater Res.* 17:239-258.
- ▣ Bhattacharya, C.G. (1967). A simple method of resolution of a distribution into Gaussian componentes, *Biometrics* 23: 115-135.
- ▣ Basurto, O. M. (1984). Estudio preliminar al conocimiento biológico pesquero de la tilapia nilótica (Linneo) en la Laguna de Chila, Veracruz., Tesis de Licenciatura, Universidad del Noroeste, Escuela de Ciencias Biológicas, Tampico, Tamaulipas., 44 págs.
- ▣ Beamish, J.R. y G.A. McFarlane. (1987). Current trends in age determination methodology, p. 15-42. In Summerfelt R.C. & G. Hall (eds.). *The age and growth of fish.* Iowa State University Press, Iowa, EEUU.
- ▣ Beltrán-Álvarez, R., Sánchez-Palacios, J., Pedro-Ramírez, J. y Arroyo-Bustos, G. (1998). Comportamiento de la pesquería de mojarra *Oreochromis aureus* (Steindachner, 1864), de la presa Gustavo Díaz Ordaz, Sinaloa, México. *Anales Escuela Nacional Ciencias Biológicas.* México, 44: 141-153.
- ▣ Beltrán-Álvarez, R., Sánchez-Palacios, J., Valdez L. G. y Ortega-Salas A.A. (2009). Edad y crecimiento de la mojarra *Oreochromis aureus* (Pisces: Cichlidae) en la Presa Sanalona, Sinaloa, México. *Rev. Biol. Trop.* 58(1): 325-338.
- ▣ Bernard, R.D. (1981). Multivariate analysis as a means of comparing growth in fish. *Canadian. Journal of Fisheries and Aquatic Sciences.* 38: 233-236.
- ▣ Beverton, R.J.H. y S.J. Holt. (1957). On the dynamics of exploited fish populations. *UK. Min. Agric. Fish. Invest.* (Ser. 2). 19-533.
- ▣ Bhattacharya, C.G. (1967). A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. *Biometrics* 23(1): 1-10.
- ▣ Booth, J.A. y G.S. Merron. (1996). The age and growth of greenhead tilapia *Oreochromis macrochir* (Pisces: Cichlidae) from the Okavango delta, Botswana. *Hidrobiología* 321(1): 29-34.
- ▣ Brett, J.R. (1979). Environmental Factors and Growth. In: Hoar, W.S. and D.J. Randall (eds.). *Fish Physiology.* Vol VIII. Academic Press: 599-675.



- ▣ Brothers, E.B. y C.P. Mathew. (1976). Daily growth increments in otoliths from larval and adult fishes. U.S. National Fisheries Service Fish. Bull. 74: 735-743.
- ▣ Carlander, K.D. (1982). Standard intercepts for calculating lengths from scale measurements for some centrarchid and percid fishes. Trans. Amer. Fish. Soc. 111: 332-336.
- ▣ Casselman, J.M. (1983). Age and growth assessment of fishes from their calcified structures-techniques and tools. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech.Rep. NMFS8: 1-17.
- ▣ Cervantes, S. M. (1984). Manual de Técnicas Básicas para el Análisis de Ambientes Acuáticos, UNAM. 11-51p
- ▣ Cole, G.A. (1979). Textbook of limnology.2ª edition, The C.V. Mosby Co. Louis. U.S. 426 p.
- ▣ CONAPESCA. (2011). Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca México.192 p.
- ▣ Conover, D.O. y Fleisher, M.H. (1986). Temperature-sensitive period of sex determination in the Atlantic silverside, *Menidia menidia*. J. Can. Fish. Aquat. Sci., 43:514-520.
- ▣ Contreras-MacBeath. T. (1995). Ecosistemas acuáticos del Estado de Morelos. Ciencia y Desarrollo, 20(122): 42-51.
- ▣ Contreras-MacBeath, T., H Mejia M. y R. Carrillo W. (1998). Negative impact on the aquatic ecosystems of the state of Morelos from introduced aquarium and other commercial fish. Aquarium Sciences and Conservation, 2: 1-12.
- ▣ Costa-Novaes J. L. y E. D. Carvalho. (2012). Reproduction, food dynamics and exploitation level of *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) from artisanal fisheries in Barra Bonita Reservoir, Brazil Rev. Biol. Trop. Vol. 60 (2): 721-734.
- ▣ De la Lanza-Espino, G. y J.L. García-Calderón. (2002). Lagos y Presas de México. (Eds) Segunda Edición, AGT Editor, México 680 p.
- ▣ Devlin, H.R. y Nagahama, Y. (2002). Sex determination and sex differentiation in fish: an overview of genetic, physiological, and environmental influences. Aquaculture 208: 191- 364.

- ▣ Díaz, L.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. 50 p.
- ▣ Eddy, S. y J.C. Underhill. (1984). How to know the freshwater fishes. 3a. ed. Wm. C. Brown Co. Pub. Iowa, 215 p.
- ▣ Everhart, W. H. y W. D. Youngs. (1981). Principles of Fisheries Science. 2nd edition. Cornell University Press, London. 350 p.
- ▣ Flores, M. O. (1994). Crecimiento de *Oreochromis niloticus* en estanques con diferente fertilización en un clima templado. Tesis de Licenciatura, FES. Zaragoza, UNAM, México. 56 p.
- ▣ Flores, C. (2006). Análisis de los efectos de la selectividad de las redes agalleras sobre algunos aspectos de la pesquería comercial (*Oreochromis aureus*), en la presa Aurelio Benassini Vizcaíno "El Salto", Sinaloa, Tesis de Licenciatura, UAS, Mazatlán, Sinaloa, México. 76 p.
- ▣ Ford, E. (1933). An account of the herring investigations conducted at Plymouth during the years from 1924-1933. J. Mar. Biol. Assoc. U.K., 19: 305-384.
- ▣ FISH BASE, <http://www.fishbase.org/summary/Oreochromis-niloticus.html>
- ▣ Fryer, G. e T.D. Iles. (1972). The cichlid fishes of the great lakes of Africa. Their biology and evolution., Oliver and Boyd, Edinburgh. 641 p.
- ▣ García, E. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köepen, Serie Libros, núm. 6, Instituto de Geografía, UNAM, México. 90 p.
- ▣ García, G. M. A. (2011). Reproducción de *Oreochromis niloticus* en el borod "LA PALAPA", Morelos, Méx. Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza, UNAM. México. 95 p.
- ▣ Garduño, P.M., J.E. Avelar 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. Octubre 1993, UANL. 79 p.
- ▣ Garduño, P.M. y J.E. Avelar. (1996). Edad y Crecimiento de la mojarra en la Laguna de Coatetelco, Morelos. Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza, UNAM, México. 71p.

- ▣ Galicia, X. R. (1976). Crecimiento del "Camarón Azul" (*Penaeus stylirostris*) y "Camarón Café" (*Penaeus californiensis*) en la zona de Puerto Peñasco S. I. C., S. P., I. N. P. Son. Mem. Simp. Biol. Dinam. Pobl. Camarones, Guaymas Son. México. 189-210 p.
- ▣ Gayanilo, F.C. Jr., P. Sparre y D. Pauly. (1994). The FAO ICLARM Stock Assessment Tools (FISAT) User's Guide. FAO. Computerized Information Series (Fisheries). No. 7. FAO, Roma, Italy. 126 p.
- ▣ Gómez, J.L. (1994). Métodos para determinar la edad en los organismos acuáticos. FES Zaragoza. UNAM, México. 89 p.
- ▣ Gomez-Marquez, J.L. (1998). Age and growth of *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) in México. Rev. Biol. Trop. 46(4): 929-936.
- ▣ Gómez, J.L. (2002). Estudio limnológico pesquero del lago de Coatetelco, Morelos, México. Tesis de Doctorado, Facultad de Ciencias UNAM, México. 181 p.
- ▣ Gómez-Márquez, J.L., B. Peña-Mendoza, H.I. Salgado-Ugarte y J.L. Arredondo-Figueroa. (2008). Age and growth of the tilapia, *Oreochromis niloticus* (Perciformes:Cichlidae) from a tropical shallow lake in Mexico. Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol.) 56(2): 875-884.
- ▣ Gómez-Ponce, M.A., K. Granados-Flores, C. Padilla, M. López-Hernández y G. Núñez-Nogueira. (2010). Edad y crecimiento del híbrido de tilapia *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus* (Perciformes: Cichlidae) en la represa "Zimapán" Hidalgo, México Rev. Biol. Trop. 59 (2): 761-770.
- ▣ Granado, L. C. (2002). Ecología de peces. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla. España. Núm. 45: 354 p.
- ▣ Granados, F.K.M. (2006). Estudio preliminar de edad y crecimiento de la tilapia (*Oreochromis niloticus* X *Oreochromis aureus*), con base en escamas, en la presa Fernando Hiriart Balderrama "Zimapán". Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, México. 65 p.
- ▣ Guerra, H. E. A. y B. M. Peña (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, México. 70 págs.

- ▣ Guerra Sierra, A. y J. L. Sánchez Lizaso. (1998). Fundamentos de explotación de recursos vivos marinos, editorial Acribia, S. A., Zaragoza, España 249 págs.
- ▣ Guerrero-Estévez, S. y N. Moreno-Mendoza. (2010). Sexual determination and differentiation in teleost fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 20: 101-121. DOI 10.1007/S11160-009-0123-4.
- ▣ Gulland, J.A. (1969). *Manual of Methods for Fish Stock Assessment, Part I. Fish Population Analysis*. F.A.O. Manual Fisheries Science (4): 154 p.
- ▣ Gulland, J.A. (1971). *The fish resources of the ocean*. Fishing News Books; West By-fleet, Surrey, Reino Unido, 255 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. 33 p.
- ▣ Hernández-Avilés, S. J., Galindo, de S. M. del C. y Loera, P.J. (2002). *Lagos y presas de México.*, AGT editor, México. 680 p.
- ▣ Hernández-Avilés, J.S., J.L. García-Calderón y G. de la Lanza-Espino. (2007). A proposed limnological classification of small water bodies based on the climate, in a tropical region: Mexico. *Investigaciones Geográficas* 64: 63-74.
- ▣ Holden, M.J. y D.F.S. Rait. (1975). *Manual de ciencia pesquera. Parte 2. Métodos para investigar los recursos y su aplicación*. Doc. Tec. FAO. Pesca. (115) Rev. 1: 211 p.
- ▣ Ibáñez, A.L. y M.A. Romo-Coronel. (2007). Formation of ring marks in stocked tilapia juveniles (*Oreochromis aureus/O. niloticus*) (Perciformes: Cichlidae). *Rev. Biol. Trop.* 55: 1005-1013.
- ▣ INEGI, (2000). *Anuario Estadístico del Estado de Morelos*. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.
- ▣ Iturra, J. (2008). *Manual de crianza de tilapia*. Editorial, Nicovita. Perú. 49 p.
- ▣ ITIS <http://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt>. 2013
- ▣ Jácome, P.L. (2002). *Expresiones matemáticas y biológicas del crecimiento en peces*. Tesis de Maestría (Maestría en Ciencias Biología de Sistemas y Recursos Acuáticos). Facultad de ciencias. UNAM, México. 69 p.

- ▣ Jaramillo, S, G. y A.V. Sánchez. (1991). Evaluación del crecimiento de la carpa barrigona (*Cyprinus Carpio rubrofuscus*) y tilapia (*Oreochromis urolepsis hornorum*) bajo condiciones de policultivo en el bordo temporal "Chavarria", en el municipio de Coatlán, Estado de Morelos. De junio de 1989 a enero de 1990. Tesis de Licenciatura, Escuela Nacional de Estudios Profesionales. Zaragoza, UNAM, México. 87 p.
- ▣ Jiménez, B.M.L. (1999). Análisis de la pesquería de la tilapia *Oreochromis* ssp. (Pisces: Cichlidae) en la presa Adolfo López Mateos, Michoacán-Guerrero. Tesis de Doctorado. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM, México. D. F. 117 p.
- ▣ Jiménez-Badillo, M.L. (2006). Age-growth models for tilapia *Oreochromis aureus* (Perciformes, Cichlidae) of the Infiernillo reservoir, Mexico and reproductive behavior. *Rev. Biol. Trop.* 54: 277-588.
- ▣ King, M. (1995). *Fisheries Biology, Assessment and Management*. Fishing News Books, Blackwell Science. 341 p.
- ▣ Lai, H. L. y H. Liu. (1979). Age and growth of *Lutjanus sanguineus* in the Arafura Sea and North of West shelf. *Acta Oceanographica Taiwanica* 10: 164-175.
- ▣ Manríquez, L.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.
- ▣ Marques De Cantu, M.J. (1988). *Probabilidad y Estadística para ciencias químico-biológicas*. McGraw-Hill, México. 657 p.
- ▣ Martínez-Tabche L., L.O. Gómez, M.M. Galar y E.L. López, (2002). Estrés producido por sedimentos contaminados con níquel en una granja de trucha arcoíris, *Oncorhynchus mykiss* (pisces: Salmonidae). *Rev. Biol. Trop.* V.50. No.3-4; 1159-1168.
- ▣ Massou, A.M., J. Panfili, R Lae, J.F. Baroiller, O. Mikolasek, G. Fontenelle y P-Y. Le bail. (2002). Effects of different food restrictions on somatic and otolith growth in Nile tilapia reared under controlled conditions. *J. Fish. Biol.* 60: 1093-1104
- ▣ Morales, D.A. (1991). *La tilapia en México biología, cultivo y pesquerías*. AGT., Editor, S.A., 190 p.

- ▣ Morales, L.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 FES Zaragoza, UNAM, 176p.
- ▣ Morales–Nin, B. (1995). Age and growth of three species of Lake Victoria fish determined by means of otolith daily growth rings., NAGA 18 (1): 39 – 41.
- ▣ Morales–Nin, B. (2000). Review of the growth regulation process of otolith daily increment formation. Fish. Research. 46: 53-67.
- ▣ Nikolsky, D. V. (1963). The ecology of fishes. Academic Press, Nueva York, 532 págs.
- ▣ Oliveira, R.F. y V.C Almada. (1995). Sexual dimorphism and allometry of external morphology in *Oreochromis mossambicus*. J. Fish. Biol. 46: 1055-1064.
- ▣ Page, L.M. y B.M. Burr. (1991). A field guide to freshwater fishes of North America north of Mexico. The Peterson Field Guide Series, Houghton Mifflin Company, Boston. 432 p.
- ▣ Pauly, D. (1984). Fish population dynamics in tropical waters: A manual for use with programmable calculators. International Center for Living Aquatic Resources Management, Studies and Reviews 8, Manila, Philippines, 325 p.
- ▣ Pauly, D. y J. Caddy. (1985). A modification of Bhattacharya's method for the separation of normal distributions. FAO Fish. Circ. 781. 16 p.
- ▣ Peña-Messina, E., R. Tapia-Varela, J.I. Velázquez-Abunader, A.A. Orbe-Mendoza, J. Javier- Marcial y A. Ruiz-Velazco. (2010). Growth, mortality and reproduction of the blue tilapia *Oreochromis aureus* (Perciformes: Cichlidae) in the Aguamilpa Reservoir, México. Rev. Biol. Trop. 58 (4): 1577-1586.
- ▣ Pérez, O.G. y J.S. Patlani. (2001). Edad y crecimiento de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) de la presa "Emiliano Zapata", Morelos., Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza, UNAM, 87 p.
- ▣ Powell, D. G. (1979). Estimation of mortality and growth parameters from the length frequency of a catch Rapp. P. v. Reun. CIEM: 175:167-169.

- ▣ Ramírez, T.J.H. (2007). Edad y crecimiento de la mojarra *Oreochromis aureus* (Steindachner, 1864), de la presa Adolfo López Mateos "El Varejonal" Badiraguato Sinaloa, México. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias del Mar. UAS. Mazatlán, Sinaloa, México.
- ▣ Ramos-Cruz, S. (1995). Reproducción y crecimiento de la mojarra tilapia (*Oreochromis aureus*) en la presa Benito Juárez, Oaxaca, México, en 1993. INP-SEMARNAP. México. Ciencia Pesquera No. 11: 54-61
- ▣ Rivera, C. O. y G. N. G. Hernández. (2011). Producción y calidad del agua de los reservorios "Amate amarillo" y "La Palapa", Morelos. Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza, UNAM, México. p.
- ▣ Romero-Rojas, J.A. (1999). Calidad del agua. Ed. Alfaomega. Mexico. DF. 273p.
- ▣ Rojas-Hoyo, J. (1986). Avance del inventario nacional de cuerpos de agua epicontinentales, rendimiento potencial e importancia para la acuicultura. En: Vila, I. y E. Faggeti. (Eds.). Trabajos presentados al Taller Internacional sobre Ecología y Manejo de Peces en Lagos y Embalses. COPESCAL Documento Técnico 4. Santiago, Chile. 244 p.
- ▣ Ricker, W. (1975). Computation and interpretation of biological statistics fish populations. Journal of the Fisheries Research Board of Canada 191: 382 p.
- ▣ Ruiz-Velazco, A., J. Javier-Marcial, R. Tapia-Varela, J.R. Gracia-Partida y H. Gonzalez-Vega. (2006). Evaluación de un cultivo semi-intensivo de tilapia. (*Oreochromis niloticus*) en tanques circulares con aguas termales. REDVET 7: 1-12.
- ▣ Saïto, Q.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.
- ▣ 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. (2000). Some programs for growth estimation in fisheries biology. Stata Technical Bulletin, 53: 35-47.
- ▣ Salgado-Ugarte, I.H., Pérez, H.M.A., Gómez, M.J.L y Peña, M.B. (2004). Pruebas multivariadas y de máxima verosimilitud para comparación de

- funciones de crecimiento en peces. Memorias del IX Congreso Nacional de Ictiología, Tabasco. Pp.13.
- ▣ Salgado–Ugarte, I. H. (2002). Suavización no paramétrica para análisis de datos., FES Zaragoza –DGAPA, UNAM, (PAPIIT IN217596; PAPIIME 192031), México, D. F. 139 p.
  - ▣ Sánchez, P.J. (2000). Determinación de la edad y crecimiento de la mojarra *Oreochromis aureus* (Steindachner, 1864) (Pisces: Cichlidae) en la presa Luis Donald Colosio, Choix, Sinaloa, México. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias de Mar, UAS. Mazatlán, Sinaloa, México.
  - ▣ Santiago L.M.C. y O.J. Jardon (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.
  - ▣ Schneider, J.C., P.W. Laarman y H. Gowing. 2000. Age and growth methods and state averages. *In* J.C Schneider (ed.). 2000. Manual of fisheries survey methods II: with periodic updates. Michigan Department of Natural Resources, Canada.
  - ▣ SEGOB. (2005). Enciclopedia de los municipios de México, Estado de Morelos. ([http://www.e\\_local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM-morelos](http://www.e_local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM-morelos))
  - ▣ 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.
  - ▣ Sokal, R.R. y F. J. Rohlf. (1981). Biometry. W. Freeman and Co Publ. San Francisco. 776 p
  - ▣ Tesch, F. W. (1968). Age and growth. *In* Ricker, W. E., Methods for assessment of fish production in Fresh Waters, Blackwell Scientific Publications. IBP HANDBOOK No. 3: 93-123.
  - ▣ Torres-Orozco, B. R. (1991). Los peces de México. AGT Editor, S.A, México. 198 p.
  - ▣ Tovar, G.A. (2005). Edad y crecimiento de *O. niloticus* por medio de estructuras duras, Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza, UNAM, México. 75 p.



- ▣ Trewavas, E. (1983). Tilapiine fishes of the genera *Sarotherodon*, *Oreochromis* and *Danakilia*. British Museum of Natural History, Londres, 583 p.
- ▣ Tzeng, W.N. (1994). Temperature effects on the incorporation of strontium in otolith of Japanese eel *Anguilla japonica*. *Journal of Fish Biology*. 45:1055-1066
- ▣ Van-Aerle, R., Runnalls, T.J. y Tyler, C.R. (2004). Ontogeny of gonadal sex development relative to growth in fathead minnow. *Journal of Fish Biology* 64: 355-369.
- ▣ Walford, L.A. (1946). A new graphic method of describing the growth of animals. *Biol. Bull. Mar. Biol.* 90(2): 141-147.
- ▣ Weatherley A. H. y H. S. Grill. (1989). *The biology of fish growth*. Academic Press, Londres, R.U., 443 p.
- ▣ Wetzel, G.R. (1981). *Limnología*. Ed. Omega. Barcelona España. 679 p.
- ▣ Zhang, Z. y N. W. Runham. (1992b). Temporal deposition of incremental and discontinues zones in the otoliths of *Oreochromis niloticus* (L.). *Journal of Fish Biology*. 40: 333–339.
- ▣ Zhang, Z. y N. W. Runham. (1992c). Otolith microstructure pattern in *Oreochromis niloticus* (L.). *Journal of Fish Biology* 40: 325–332.