



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

Edad y crecimiento de la tilapia (Oreochromis niloticus) de la presa "Emiliano Zapata".

Morelos.

INFORME DE INVESTIGACIÓN DE LIB'S V Y VI COMO ALTERNATIVA QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

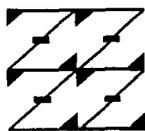
B I O L O G O

P R E S E N T A N

GUSTAVO PEREZ ORTIZ

JOSE PATLANI SANTIAGO

UNAM FES ZARAGOZA



Lo humano eje de nuestra reflexión

DIRECTOR C. a Dr. JOSÉ LUIS GÓMEZ MÁRQUEZ

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

MEXICO, D. F.

ENERO

2002



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# PAGINACION DISCONTINUA

---

**Edad y crecimiento de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) de la  
presa "Emiliano Zapata". Morelos.**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

---

---

**GUSTAVO****DEDICATORIA**

*A mi Mamá Teresa y a mi Papá Miguel, por todo lo que han sacrificado por sus hijos y sé que esta carrera no es nada en comparación con todo lo que han hecho para sacar adelante esta familia.*

*A mis hermanos que cerca o lejos, estamos juntos, día con día, siempre adelante, para ustedes Gaby, Guadalupe, Hugo, Arturo y Migue.*

*A los que ya se nos han adelantado en este camino y que han cambiado mi vida de una forma radical. A † Emil M. Cioran que sin conocerme me a guiado en este camino. A † Carlos que nos ha dejado muy pronto... a quien pronto alcanzaré. A ellos dos, que han acompañado mis pasos, hoy los dejo ir para hacer mi propio camino.*

*"Todo lo que tiene que ser comprobado no vale la pena"*

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

---

**JOSE**

Como hijo de pobre.

*¡ Ay! De aquellos padres,  
que por error,  
se proponen darle al hijo felicidad,  
como quien da un regalo.*

*Lo más que puede hacerse,  
es encaminarlos hacia ella,  
para que él la conquiste.*

*Crialo como hijo de pobre  
y lo enriquecerás.*

*Crialo como hijo de rico  
y lo empobrecerás  
para toda la vida.*

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**DEDICATORIA**

**A DIOS.**

*Por permitirme llegar al final de este camino, junto con mis seres queridos.*

**A MIS QUERIDOS PADRES.**

*Gracias, por darme la vida y darme este gran tesoro que nadie me podrá quitar. A mi amada madre por su infinito amor que guardo muy dentro de mí y por darme lo mejor de su vida. A mi querido padre por guiarme por el camino de la superación, por darme lo mejor de él junto con sus grandes consejos y por enseñarme que la vida no es vida si no existe un sueño que alcanzar.*

*Con todo respeto y admiración los quiere su hijo pobre.*

**A MIS LINDAS HERMANAS.**

*Gracias por soportarme y aconsejarme. A María Isabel por sus paciencia y cariño y sobre todo por enseñarme que todo lo que empieza bien termina con una bella realidad. A Bety por sus grandes consejos y sobretodo por enseñarme que el coraje de superación da frutos de grandeza. A Estela (joshmi) por confiar en mí y por enseñarme que la vida se disfruta más con una sonrisa.*

**A MIS ABUELOS**

*Gracias por ser parte fundamental de esta gran familia y por darme todo su cariño que solo ustedes pueden dar.*

**EN MEMORIA**

*De Juan Carlos Patlani Santiago por su ayuda para llegar al final de este camino.*

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza por ser por ser la base de nuestra educación profesional.

En especial al C. a Dr. José Luis Gómez Márquez director de este trabajo, por su amistad y por la gran paciencia que nos ha tenido durante el desarrollo de esta investigación y ante todo, por todas las lecciones que de el hemos aprendido.

Al laboratorio de Limnología de la FES Zaragoza por las facilidades y apoyo para realizar este trabajo y en especial a todos los integrantes de ese gran equipo y que siempre han mostrado una gran disposición para resolver nuestras dudas: Biól. Mercedes Paredes Garduño, M. en C. Alejandro Córdova Cárdenas, Biól. Oscar Flores Maldonado y al Biól. José Luis Guzmán Santiago.

A la Dra. Bertha Peña Mendoza por su simpatía, consejos y sobre todo por compartir con nosotros sus conocimientos para nuestra formación como profesionistas.

Al Dr. Isalás H. Salgado Ugarte por su valiosa amistad y sus invaluable consejos para realizar el presente trabajo.

A la Sociedad Cooperativa Pesquera Tlzapotla, quien proporcionó el material biológico para el desarrollo del presente estudio, así como el permitir tomar la biometría de la captura obtenida.

Al Instituto Nacional de la Pesca (SEMARNAP) Dirección General de Investigación y Desarrollo Tecnológico, en particular al Dr. Elio Treviño, por las facilidades prestadas para realizar la lectura de escamas, que se llevó acabo en el Laboratorio central de Química y Microbiología, mediante el aparato de Proyección de Perfiles Nikon 20x.

Al Laboratorio de Zonas Aridas (Invernadero) de la FES Zaragoza y muy en especial a la M. en C. Rosalva García Sánchez, por el espacio proporcionado para trabajar la mayor parte del escrito y sobre todo por la confianza que nos ha otorgado.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**GUSTAVO**

Agradezco muy en especial a la M. en C. Rosalva García Sánchez, por brindarme siempre su amistad y todo su apoyo. Los créditos a quien corresponden y si he de ser justo, es a ella a quien le debo que este trabajo se lograra terminar y con el conseguir el título de Biólogo. Y por supuesto no he de olvidar todo la confianza que ha depositado en mí.

Al Biól. Esteban Cabrera Mancilla Investigador del Instituto Nacional de la Pesca, que aparte de instruirnos en como utilizar el proyector de perfiles, particularmente me ha enseñado bastantes puntos sobre la limnología, de una forma que la he podido entender y ante todo agradezco su amistad y todo su apoyo para salir adelante en los momentos difíciles; gracias por escuchar. No olvido a la Biól. Martha Ruiz Moraga y al Biól. Gerardo Arreola, por su amistad, así como todo su apoyo para iniciar y continuar el presente trabajo.

A la M. en C. Fabiola Morales y al M. en C. Genaro Ochoa, por ese entusiasmo para hacer las cosas, por su apoyo y su amistad y claro, por todas las dudas que me han resuelto al encontrarme frente a la computadora.

Al Biól. Juan Carlos Peña Becerril, quien ha pasado conmigo un gran número de horas revisando el texto, sugiriendo cual era la mejor alternativa para que este trabajo saliera lo mejor posible y sobre todo agradezco su amistad y claro, esos buenos ratos que hemos pasado. Al Biól. Juan Miranda Ramírez, por su amistad, por las sugerencias para mejorar este trabajo y por soportar mi mano tan pesada.

A mis Amigos dentro de la facultad y que de una manera u otra contribuyeron en un tiempo a que saliera adelante y culminara esta carrera, Biól. Josefina Aguilar, Pas. de Biól. Maria Elena Pérez Pantoja, Biól. Edna Barragán y a Sol (Soledad Díaz Garrido) que no de ser por personas como tú ya no estaría caminando aquí,

entre ustedes y ni te imaginas todo lo que has hecho por mí y ni cuenta te diste, muchas gracias Sol.

Primero o el último que más da, gracias Biol. Carolina Álvarez Villanueva, por que desde que nos conocimos hemos caminado siempre cerca uno del otro y aunque vamos en diferentes direcciones, seremos buenos amigos, por un buen rato...gracias por todo.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**JOSÉ**

A todos los profesores que fueron parte de mi educación.

Al profesor Genaro Altamirano por su confianza y amistad.

A la M. en C. Alejandrina Ávila por su agradable amistad y sobretodo por permitirme trabajar en ese gran equipo.

A mi gran amigo Mauricio Román Maya por brindarme su amistad y sobretodo por ser un gran ser humano.

A Gustavo Pérez Ortiz por su amistad y sobre todo por ser una persona muy capaz e incansable compañero de trabajo.

A todos mis amigos que comparten conmigo buenos recuerdos; a Roberto C Tufiño, Alejandro Bello, Gerardo Azuara, Rubén Salazar, Rubén Caldiño, Alma D Cocoltzi, Magali Martínez L, Luz María Martínez L, Carolina Álvarez, Rosario Granados (chayote), Isaura Escalante, Rocío Espitea, Cesar Guerrero G., Edna Alicia Barragán, Fabiola Lima, María Elena Pérez Pantoja, Claudia Cruz, Angélica Talabera, Diana Ramírez, Dora, Nadia Narváez, Fernando Z, Marco Antonio Hernández y Carolina Mendoza.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

## INDICE

	Página
Resumen	1
Introducción	3
Antecedentes	7
Descripción y taxonomía de la especie	11
Diagnosís del género <i>Oreochromis</i>	13
Diagnosís de la especie <i>Oreochromis niloticus</i>	13
Descripción de la zona de estudio	14
Objetivo general	16
Objetivos particulares	16
Material y método	17
Fase de campo	17
Fase de laboratorio	18
Fase de gabinete	21
Resultados	25
Parámetros físicos y químicos	25
Relación peso total-longitud total	33
Determinación de la edad	40
Crecimiento en peso y longitud	55
Discusión de resultados	58
Parámetros físicos y químicos	58
Relación peso total-longitud total	65
Determinación de la edad	67
Crecimiento en peso y longitud	72
Conclusiones	76
Literatura citada	78
Anexo	85

## RESUMEN

Se caracterizó a la presa "Emiliano Zapata", como un embalse artificial cuyo comportamiento se ve influenciado por los procesos de llenado (durante la estación de lluvias) y vaciado (en la época seca). Se clasificó este embalse como un cuerpo de agua monomítico cálido, esto es, un período de circulación y otro de discontinuidad térmica. El análisis de los parámetros físicos y químicos indicaron que el agua de la presa es adecuada para el desarrollo de la tilapia.

La proporción sexual para *Oreochromis niloticus* obtenida de la captura comercial con atarraya de 6.5 cm fue de 1.4:1 (macho:hembra).

Con respecto a la relación peso total-longitud total para la población y machos, se registró que tienen un crecimiento que tiende a la isometría mientras que en las hembras se encontró un crecimiento alométrico negativo. Por otra parte, se encontró que no hay efecto del sexo sobre la relación peso-longitud total desde el punto de vista estadístico.

Se registraron 5 anillos en la población de *Oreochromis niloticus* por medio de la lectura en estructuras óseas (escamas). La validación de la edad se realizó a través de índice de crecimiento marginal y la periodicidad de las marcas presentes en el borde de las estructuras óseas. La formación de estas marcas ocurre dos veces al año (julio y diciembre) coincidiendo con las épocas de reproducción, por lo cual se puede suponer que estas marcas son producto de los eventos reproductivos.

Se determinó el crecimiento de los peces a través del modelo de von Bertalanffy; y los valores de las constantes se obtuvieron por medio de los métodos de Ford-Walford (1949) y Beverton y Holt (1957). Los valores de las constantes fueron: para la población total ( $L_{\infty} = 28.8285$  cm,  $P_{\infty} = 392.4661$  g,  $k = 0.1363$  y  $t_0 = -0.1295$ ), para los machos y las hembras los valores se consideraron como sobre-estimados y subestimados respectivamente.

Se estimó el crecimiento en longitud utilizando la distribución de frecuencias de tallas a través del método de Wetherall (1986), el cual subestima el valor de  $L_{\infty}$

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

(24.91 cm) en relación con el método de estructuras óseas. Con base a los resultados obtenidos, se encontró que la población analizada corresponde a individuos maduros y la talla promedio sobre la cual esta actuando el arte de pesca corresponde a la edad III (17.9 cm de longitud total).

---

## INTRODUCCIÓN

En la República Mexicana existe una gran diversidad de cuerpos de agua continentales que incluyen lagos, lagunas, presas y otros pequeños ecosistemas acuáticos de diferente origen con una superficie total de 1 165 051 hectáreas (Anónimo, 2000a). En los últimos 50 años la construcción de presas se ha acelerado notablemente, debido a la topografía accidentada del suelo mexicano y a la necesidad creciente de retener los escurrimientos superficiales temporales durante la época de lluvias (Arredondo-Figueroa y Flores-Nava, 1992), las cuales tienen como finalidad el almacenamiento de agua para riego, control de avenidas, la generación de energía eléctrica y de manera secundaria para la producción de peces de agua dulce, entre las que destacan: tilapia, carpa y bagre (Jiménez, 1993).

El último censo de los cuerpos de agua continentales, elaborado en 1988 por la Dirección General de Acuicultura y Pesca, calcula que las presas representan el 50 % de los cuerpos de agua. Actualmente se cuenta con 613 presas y 95 lagos que suman un total de 708 embalses, en su mayoría con pesquerías derivadas de la acuicultura. Jalisco, Michoacán y Guanajuato son los estados con mayor número de presas conjuntando el 36.5% del total nacional, mientras que los estados de Chihuahua y Tabasco poseen la mayor cantidad de lagos representando el 24.4 y el 17% respectivamente. Resulta interesante destacar, que de los 708 reservorios epicontinentales a los que nos hemos referido, 24 de ellos sobrepasan las 10 000 hectáreas de superficie, significando por sí solo, aproximadamente el 70% de la superficie total estimada al cubrir 670 000 hectáreas (Anónimo, 1990; Anónimo, 2000a).

El Estado de Morelos posee un gran potencial en cuanto a cuerpos de agua, tanto por su distribución como por su número. Cuenta con siete ríos que recorren gran parte del territorio, seis lagos con diferentes características, 124 embalses entre presas y bordos, así como alrededor de 50 manantiales. De estos cuerpos de agua destacan el lago de El Rodeo, así como el lago de Tequesquitengo, que cuentan con un volumen de agua de 28 millones de m<sup>3</sup> y 120 millones de m<sup>3</sup> respectivamente, así como la presa recién construida en el

---

municipio de Axochiapan, los "Carros" con un volumen de 10 millones m<sup>3</sup> y la presa "Emiliano Zapata" con un almacenamiento de 1 560 000 m<sup>3</sup> (Contreras-MacBeath, 1995).

De acuerdo con el anuario estadístico de pesca de 1999, la producción de mojarra ocupa el cuarto lugar de la producción de especies de aguas marinas y continentales. El volumen de producción por acuicultura fue de 66 330 toneladas, de la cual fue obtenida en mayor proporción por medio de las pesquerías acuaculturales (65 085 toneladas), así como en sistemas controlados (1 245 toneladas). El volumen de producción de mojarra para los estados sin litoral fue de 32 719 toneladas, de las cuales 32 344 toneladas son por producción acuacultural, destacando Zacatecas con 5 035 toneladas y Morelos (5° lugar) con 601 toneladas. Para este último estado, la mojarra ocupa el primer lugar con 559 toneladas (Anónimo, 2000b).

Los peces denominados genéricamente "tilapias" han suscitado y recibido, quizás, mayor atención que cualquier otro grupo de peces en todo el mundo. La tilapia, nombre común que en idioma "swahili", significa pez, incluye los géneros *Tilapia* y *Oreochromis* entre otros, (con más de 100 especies), que son originarias de África; extendiéndose posteriormente hacia el norte de Israel y Jordán. Luego de la Segunda Guerra Mundial, fueron introducidas desde su origen a varios países de Asia y América (Chimits, 1955, citado en Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo, 1986).

Desde su llegada a México en 1964 y dado su gran potencial biológico y capacidad de adaptación a diversos ambientes, las diferentes especies de tilapias o mojarras, fueron dispersadas en una gran cantidad de cuerpos de agua naturales y artificiales, alcanzando una producción pesquera de hasta 100 000 toneladas anuales, que se han traducido en beneficios de tipo social y económico en poblaciones rurales (Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo, 1986).

Hoy se les puede encontrar en los lagos más importantes como son: Chapala, Jalisco y Pátzcuaro, Michoacán; en las mayores presas como son: el Infiernillo (Michoacán), Miguel Alemán (Oaxaca), La Angostura (Chiapas) y Vicente Guerrero (Tamaulipas), además de innumerables cuerpos de agua

continentales; tal es el caso de la presa "Emiliano Zapata", donde se desarrolla el cultivo de la tilapia *Oreochromis niloticus* de forma extensiva y se mantiene a través de programas de repoblamiento por parte de la Secretaría de Pesca del Estado. Se ha aprovechado para comercializarla, tanto para el consumo local como en el ámbito regional.

Pese a las ventajas que presentan las mojarra, los estudios que se han realizado en presas son limitados y esporádicos en los cuales no existen registros sobre sus hábitos alimenticios, reproductivos, edad y crecimiento. Además, se carece de un estricto control de su explotación y también de un mecanismo adecuado en el registro de la producción (Jiménez, 1999).

Para establecer un manejo adecuado del recurso pesquero se requiere de estudios de edad y crecimiento de las poblaciones. Conocer la edad de cualquier organismo y en especial de los peces, tiene un gran interés ya que permite realizar estudios sobre crecimiento, estimar la longitud y el peso promedio, así como conocer la producción de biomasa y niveles de captura para cada edad, tasa de mortalidad a la cual está sujeta la población o la especie, selectividad al arte de pesca así como el rendimiento máximo sostenible para cada especie sujetas a la explotación (Cubillos y Araya, 1997).

En estudios de edad y crecimiento, es necesario estimar las longitudes de los peces a edades previas de un mismo individuo, procedimiento que se utiliza particularmente cuando no se cuenta con muestras de ejemplares jóvenes. Esta técnica conocida como retrocálculo de longitudes, también es utilizada para identificar cuando se formaron los anillos de crecimiento en las estructuras óseas (Melo, 1984); determinar el inicio de la madurez sexual en los peces (Rijnsdorp y Storbeck, 1991) y obtener la edad de los peces de diferentes especies (Woodbury y Ralston, 1991).

Existen varias técnicas para la estimación de la edad y el método más utilizado es la interpretación y conteo de zonas de crecimiento las cuales aparecen en las partes duras de los peces. Estas se forman una vez al año y se denominan marcas anuales, anillos anuales o annuli (Gómez, 1994).

El método depende de los cambios estacionales a los cuales están sometidos los peces, donde los anillos son reflejados como bandas en las estructuras óseas del cuerpo. En los sistemas acuáticos templados, resulta comprensible el fundamento de esta técnica, ya que en primavera y verano la temperatura del agua se eleva y la mayor parte de los recursos potencialmente tróficos se elevan propiciando el desarrollo que se traduce en la formación de un anillo de crecimiento. La aceleración del crecimiento en peces tropicales origina una banda de crecimiento ancha, mientras que situaciones de estrés motivan un escaso aumento de la estructura (Granado, 1996). La distancia entre las bandas de crecimiento se produce de manera frecuente y constante, ésta es proporcional al crecimiento en longitud del pez (Campana y Neilson, 1985).

El crecimiento de los peces ha sido definido por varios autores como: cambio de talla con el tiempo, provocado por los procesos metabólicos (Moyle, 1988); cambio de masa con el tiempo (Pauly, 1984) y como cambio del tamaño (peso, longitud y volumen) con el tiempo (Weatherley y Gill, 1989). Asimismo, el crecimiento de los peces se ve afectado por varios factores entre los que destacan la alimentación, temperatura, oxígeno disuelto y fotoperíodo (Csirke, 1980).

Pese a las ventajas que representa el cultivo de la tilapia, los estudios que se han realizado en la presa "Emiliano Zapata" son limitados, además, no existen registros sobre las características biológicas de la especie como son: hábitos alimenticios, reproductivos, edad y crecimiento, selectividad al arte de pesca, mortalidad, así como la tasa explotación a la cual esta sometida la especie.

Ante la carencia de información sobre edad y crecimiento de la tilapia en la presa "Emiliano Zapata", se planteó el presente trabajo de investigación con el fin de proponer medidas para la adecuada explotación comercial del recurso.

## ANTECEDENTES

En México las primeras tilapias fueron introducidas en 1964, procedentes de Alabama; Estados Unidos, se registraron como: *Tilapia melanopleura* (= *Tilapia rendalli*), *Tilapia aurea* (= *Oreochromis aureus*) y *Tilapia mossambica* (= *Oreochromis mossambicus*). No obstante Trewavas mediante una comunicación epistolar en el año de 1975, indicó que las especies presentes en México eran: *Tilapia rendalli*, *Sarotherodon aureus* y *Sarotherodon mossambicus*, respectivamente.

*Sarotherodon aureus* (= *O. aureus*), también conocida como *Tilapia aurea*, fue enviada hacia E.U. Proveniente de Israel, bajo el nombre erróneo de *Tilapia nilotica* (= *Oreochromis niloticus*). Cuando llegó a México procedente de E. U., aun no se aclaraba su situación taxonómica por lo que se le consideró como *Tilapia nilotica* por varios años. Actualmente esta claramente definida como *Oreochromis aureus*. Y fue hasta 1976 en que se introdujeron a México los primeros ejemplares de *T. nilotica* (= *Oreochromis niloticus*), procedentes de Panamá (Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo, 1986).

Estudios biológicos sobre las diferentes especies de tilapias, han sido realizados a escala mundial y en México, en varios estados de la república, principalmente en el estado de Oaxaca, lugar en donde se inició la siembra de tilapia en el país (Basurto, 1984).

Ramos-Cruz (1995) llevó a cabo el estudio de reproducción y crecimiento en *Oreochromis aureus*. La estimación de las clases de talla se realizó con los datos de distribución de frecuencia de longitud y se utilizó el método de Bhattacharya; el crecimiento en tiempo se determinó a través del modelo de von Bertalanffy, cuyas constantes ( $k$  y  $t_0$ ) se estimaron por medio del método de Gulland. Ramos-Cruz (1995) Propone como resultado de su estudio que la luz de malla de las redes sea de 10 cm, ya que la mayoría de los organismos capturados ya habrán dejado descendencia. Las constantes para el modelo de crecimiento fueron las siguientes;  $L_{\infty}$ = 296 mm;  $k$ = -0.218;  $t_0$ = -0.904 y  $P_{\infty}$ = 500 g.

Garduño *et al.*, (1993) determinaron el crecimiento para *Oreochromis mossambicus* a través del método de Bhattacharya y el uso de estructuras óseas

(escamas). 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.

Booth y Merron (1996) realizan 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, 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.

Jiménez (1999) realiza un estudio sobre la pesca *Oreochromis ssp.* en la presa Adolfo López Matéos, Michoacán. Analiza la edad, crecimiento, reproducción, taxonomía y explotación. Evalúa los hábitos alimenticios, reproductivos y la influencia que tiene sobre ellos el medio ambiente. Al mismo tiempo efectúa un análisis de crecimiento en *Oreochromis aureus*, con la finalidad de proponer medidas regulatorias para 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.

Tanaka *et al.*, (1981) analizan los efectos que producen las variaciones de fotoperíodo y alimentación, en la formación de anillos de incrementos diarios en otolitos de *Tilapia nilotica* (= *O niloticus*), en organismos juveniles. El ritmo de crecimiento en un fotoperíodo de 24 horas (12 luz-12 noche) mostró una buena correlación con la edad cronológica. Y al invertir el ciclo de luz oscuridad, el crecimiento de los otolitos comenzó a cambiar al segundo día, adaptándose a las nuevas condiciones en seis días. El cambio en la hora de alimentación no afectó las zonas de crecimiento.

Zhang y Runham (1992a) evaluaron la importancia del alimento y la temperatura sobre el crecimiento de *Oreochromis niloticus* y utilizan para ello estructuras óseas (otolitos). Mencionan que una disminución en estos factores provoca una disminución considerable del crecimiento. También señalan que las tasas de crecimiento del pez y sus otolitos no dependen sólo de las condiciones actuales, sino de las condiciones previas.

Zhang y Runham (1992b) analizaron el efecto del fotoperíodo sobre el crecimiento en los otolitos de *Oreochromis niloticus*. Reportan que la formación de marcas de crecimiento en otolitos es cada 21 horas. Asimismo, el crecimiento en los otolitos de las zonas discontinuas comienza durante las últimas tres horas de la noche, donde la mayoría del material fue depositado, para formar la zona de incremento durante el resto del día. Mencionan que la tasa de acumulación de  $\text{CaCO}_3$  es baja durante las primeras horas de la noche.

Zhang y Runham (1992c) analizaron el patrón de formación de la microestructura de otolitos de *Oreochromis niloticus*; mencionan que en individuos jóvenes la formación de marcas de crecimiento es regular, mientras en peces adultos se pierde la regularidad.

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

Garduño y Avelar (1996) realizaron un estudio de edad y crecimiento en *Oreochromis niloticus*, basados en estructuras óseas (escamas y hueso opercular). Señalan que la formación de marcas en escamas es cada 6 meses, correspondiente a la primera talla de madurez de 70 mm a los 6 meses. En opérculos señalan la formación de dos anillos al año, uno a los 4 meses y el siguiente a los 8 meses. La estimación del crecimiento se llevó a cabo a través del modelo de von Bertalanffy y los valores obtenidos para las constantes al utilizar las escamas para la población total fueron:  $L_{\infty} = 27.76$  cm,  $P_{\infty} = 403.21$  g,  $k = 0.0727$ ,  $t_0 = -0.5070$ .

Específicamente sobre la presa "Emiliano Zapata" desde su construcción en 1978 son pocos los estudios que en ella se han realizado, Granados (1990) realizó un estudio sobre la productividad primaria, composición y variación temporal de fitoplancton y zooplancton (registró 13 especies), así como de la calidad del agua.

Concluyó con base en estos análisis que el sistema se clasifica como un cuerpo de agua mesotrófico.

Ortega (1997) realizó un estudio microbiológico, físico y químico en el embalse "Emiliano Zapata", a tres niveles de profundidad en dos estaciones, para determinar el grado de contaminación por microorganismos en función de su distribución espacial, temporal, composición y diversidad. Reporta un total de 16 especies de bacterias algunas de ellas patógenas, debido a un depósito de aguas negras (cárcamo) cerca de la presa.

La evaluación hidrobiológica más reciente la llevaron a cabo González y López (1997), quienes realizaron un estudio sobre batimetría, morfometría, análisis de la calidad de agua y plancton, para conocer la dinámica del sistema. Reportan 26 especies de fitoplancton y que los factores físicos y químicos no resultaron ser un factor de riesgo para la vida acuática con base en las normas oficiales. El embalse presenta un área superficial de 13.2371 Ha, con una profundidad máxima de 17 m, perímetro de 2526.4 m, volumen de 507 409 m<sup>3</sup> y se clasificó el cuerpo de agua como monomítico cálido.

Flores-Maldonado *et al.*, (2000) realizan un estudio sobre el tipo de alimentación de *Oreochromis niloticus*, en organismos obtenidos a partir de la captura comercial. Al analizar los contenidos estomacales, observaron que estos organismos se alimentan básicamente de detritus y de manera secundaria consumen fitoplancton. Mencionan que la alimentación se ve afectada por el proceso de reproducción de la especie y por el nivel de agua en la presa.

**DESCRIPCIÓN Y TAXONOMÍA DE LA ESPECIE**

Es conveniente señalar los cambios en la clasificación taxonómica que han presentado las especies de tilapias. Durante la introducción de este grupo de peces en México, sólo se reconocía a nivel mundial el género *Tilapia*, en 1973 se agrupan las especies en dos géneros de acuerdo a sus hábitos alimenticios: *Sarotherodon* y *Tilapia* (Morales, 1991). En 1976, la especie introducida era conocida como *Tilapia nilotica* y es en 1982 cuando ocurre una nueva reclasificación de géneros basándose no sólo en los hábitos alimenticios sino también en los reproductivos, adicionando a la clasificación dos géneros distintos: *Oreochromis* y *Danakilia* (Morales, 1991). Es así como la especie hasta entonces conocida como *Tilapia nilotica*, se transforma en una sinonimia de *Oreochromis niloticus*.

Las mojarras o tilapias son peces de origen africano pertenecientes a la familia Cichlidae, que presentan como diferencia principal un orificio nasal a cada lado de la cabeza, con doble función de entrada y salida de la cavidad nasal. Su cuerpo es generalmente comprimido, a menudo discoidal y en ocasiones alargado; en muchas especies de esta la familia, el macho presenta una cabeza mayor que la hembra (dimorfismo sexual).

Presentan boca protráctil, ancha y a menudo bordeada por labios gruesos, en las mandíbulas se encuentran dientes cónicos y en algunas ocasiones incisivos. Las membranas branquiales están unidas por 5 ó 6 radios branquióstegos y gran cantidad de branquiespinas, dependiendo de la especie; la aleta caudal está redondeada, truncada y raramente escotada, según la especie, la aleta dorsal y anal son cortas y presentan varias espinas, los machos se encuentran pigmentados.

Los cíclidos presenta una línea lateral que está interrumpida y se presenta generalmente dividida en dos partes; una superior la cual se extiende desde el opérculo hasta los últimos radios de la aleta dorsal, en tanto la línea inferior comienza donde termina la línea superior y finaliza hasta la aleta caudal (Morales, 1991; Anónimo, 1994a).

De acuerdo con Berg y modificado por Trewavas (1983; citado en Morales, 1991) la mojarra (figura 1) se clasifica de la siguiente forma:

PHYLUM	CHORDATA
SUBPHYLUM	VERTEBRATA
SUPERCLASE	GNATHOSTOMATA
SERIE	PISCES
CLASE	ACTINOPTERYGII
ORDEN	PERCIFORMES
SUBORDEN	PERCOIDEI
FAMILIA	CICHLIDAE
GENERO	<i>Oreochromis</i>
ESPECIE	<i>O. niloticus</i> (Linnaeus, 1757)

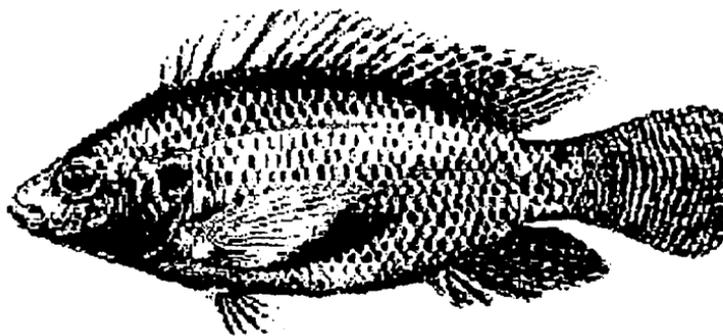


Figura 1. *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1757).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### **DIAGNOSIS DEL GENERO *Oreochromis***

El género *Oreochromis* incluye especies preferentemente planctófagas. Presenta de 10 a 28 branquiespinas en la rama inferior del primer arco branquial (Morales, 1991). Los machos durante la época de reproducción desarrollan una coloración muy marcada, así como el de fijar su territorio donde establecen su nido, utilizado para el cortejo y fertilización de los ovulos. Las hembras desovan menos de 2000 ovulos, los cuales tienen gran cantidad de vitelo y cuyo diámetro es de 2.2 a 4.3 mm; estas guardan los huevos y alevines en la boca que representa una tasa alta de supervivencia en la especie (Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo, 1986; Anónimo, 1994a).

### **DIAGNOSIS DE LA ESPECIE *Oreochromis niloticus***

Presenta de 19 a 22 branquiespinas en la parte inferior del primer arco branquial; aleta dorsal XVII - XVIII, la moda es de XVII, 12-13; aleta anal III, 10 a 11; aleta pélvica I, 5; pectorales 15. De 30 a 32 escamas en una serie longitudinal. La coloración del cuerpo es rosada o morada oscuro, con el filo de la aleta dorsal de color negro, cabeza rojo púrpura, el vientre es rojo o morado y la aleta dorsal presenta líneas negras verticales finales, el color de los ojos es rosado y el perfil frontal es convexo (Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo, 1986). Por lo que corresponde al hueso faringeo, éste presenta una área dentada con una densidad baja. En la parte superior presenta dientes bicúspides mientras que en la área inferior presenta dientes monocúspides, curvados hacia atrás.

## DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

La presa "Emiliano Zapata" se encuentra localizada en el ejido de Tilzapotla, perteneciente al municipio de Puente de Ixtla, al suroeste del Estado de Morelos, entre los 18° 30' 00" latitud norte y 99° 16' 34" longitud oeste, a 899 msnm (Anónimo, 1981)(figura 2).

La presa presenta una cortina de gravedad con sección semitrapecial y capacidad de almacenamiento de 1 560 000 m<sup>3</sup>, azolve de 10 000 m<sup>3</sup> y capacidad útil para riego de 1 550 000 m<sup>3</sup> (figura 3). Sus principales afluentes son los arroyos El Grillo, La Piraña, La Joya y El Ranchito. El vaso tiene una pendiente media aproximadamente de 0.018 m (Anónimo, 1981).

El clima de acuerdo a Köppen modificado por García (1973) es Aw" (w)g i, cálido subhúmedo con lluvias en verano, con un porcentaje de lluvias invernal menor a 5 mm. La precipitación anual en la zona fluctúa entre 800 y 1000 mm, la temperatura media anual es de 26 °C (Anónimo, 1981).

El tipo de suelo presente en la zona de estudio es aluvial y alrededor de la presa el tipo de suelo es Feozem háplico de textura media y Regosol eútrico.

La vegetación que se encuentra alrededor de la presa es de tipo selva baja subcaducifolia, con una importante representación de los géneros *Bursera*, *Ipomea*, y matorrales de *Opuntia* entre otros.

La presa "Emiliano Zapata" ocupa un área de 13.2375 hectáreas con un perímetro de 2526.4 m, la longitud máxima es de 702 m y la anchura máxima de 456 m. La profundidad máxima es de 17 m, la profundidad media es de 3.83 m (González y López, 1997).

De acuerdo a las valoraciones físicas y químicas realizadas por González y López (1997), la temperatura del agua de la presa varía entre 22.5 y 34°C, la temperatura ambiente fluctúa entre 22 y 35.5°C. La concentración máxima de oxígeno alcanza 10.58 mg/l. La alcalinidad oscila entre 44.42 y 89.46, el pH se fluctúa entre 6.44 y 8.21.

La transparencia varía de acuerdo a la época del año, oscila de 54 a 106 cm, los valores de conductividad se encuentran en el intervalo de 180 a 818

$\mu\text{mhos/cm}$ . La alcalinidad oscila entre 44 y 89 mg/l, la dureza total presenta concentraciones que van de 324 a 534 mg/l.

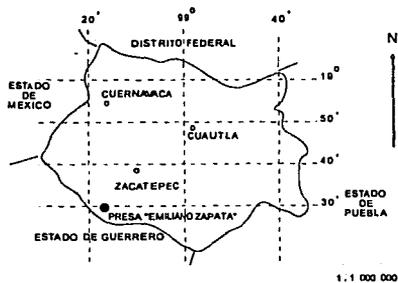
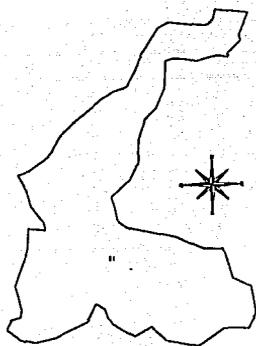


Figura 2. Localización del área de estudio.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Figura 3. Presa "Emiliano Zapata".

### OBJETIVO GENERAL

Obtener la edad de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) mediante la lectura de anillos en estructuras óseas (escamas) y del análisis de distribución de frecuencias de tallas y conocer el ritmo de crecimiento por medio del modelo de von Bertalanffy.

### OBJETIVOS PARTICULARES

Determinar la relación talla-peso a fin de establecer los cambios de condición de la población.

Determinar la estructura de edades mediante el análisis de estructuras óseas (escamas).

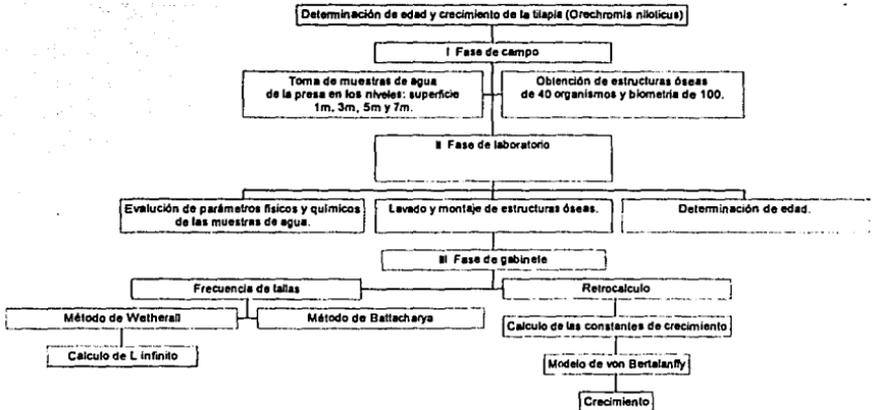
Obtener el análisis de distribución de frecuencias de tallas, mediante el uso métodos no paramétricos, (estimadores de densidad por Kernel) y aplicar el método de Bhattacharya (1967).

Analizar el crecimiento de la población utilizando el modelo de von Bertalanffy.

Evaluar las características físicas y químicas del agua que influyen en el crecimiento de la especie.

## MATERIAL Y MÉTODO

Para llevar a cabo los objetivos planteados, el trabajo se dividió en tres fases.



## FASE DE CAMPO

Para el desarrollo del estudio se realizó el muestreo mensual de los parámetros físicos y químicos, de febrero de 1999 a enero de 2000, con el fin de conocer las características del cuerpo de agua y sobre todo del desarrollo de la tilapia.

Se estableció una estación de muestreo (figura 3), con base en lo propuesto por González y López (1997) en los siguientes niveles de profundidad: 0.3, 1.0, 3.0, 5.0 y 7.0. En esta estación se determinó la temperatura ambiental (con un termómetro de  $\pm 1^\circ\text{C}$ ), transparencia (con el disco de Secchi), profundidad (plomada), fecha y hora del muestreo: Para la toma de muestras de agua se utilizó

una botella van Dorn horizontal, de 2 litros de capacidad. Se almacenó un litro de agua de cada nivel en botellas de plástico, para realizar los siguientes parámetros:

Temperatura del agua (con un termómetro de  $\pm 1^\circ\text{C}$ ); pH (con un potenciómetro de campo Corning de  $\pm 0.01$  unidades de precisión); conductividad eléctrica (conductímetro de campo de  $\pm 1 \mu\text{siems/cm}$  de precisión); oxígeno disuelto (método de Winkler con la modificación de la azida de sodio);  $\text{CO}_2$  (método volumétrico); dureza total y de calcio (método complejométrico) y alcalinidad total (método volumétrico) (APHA-AWWA-WPCF, 1980).

Las muestras de los organismos se tomaron a partir de la captura comercial realizada por los pescadores de la Sociedad Cooperativa "Tilzapotla" en la presa con una atarraya de 6.5 cm de luz de malla. A 30 organismos se les realizó la siguiente biometría: longitud total (cm), longitud patrón (cm) y altura (cm) con un ictiómetro convencional (figura 4) y el peso total con una balanza digital de 0.1g de precisión.

Se colectaron las estructuras óseas (de 10 a 15 escama) de 30 organismos, por debajo de la línea lateral y por encima de la aleta pectoral del costado izquierdo (figura 5) y se conservaron en solución de hidróxido de amonio al 5% (Ruiz-Durá *et al.*, 1970). Los peces fueron sexados y se determinó el estadio de desarrollo gonadal, tomando en cuenta el criterio de Holden y Rait (1975).

## FASE DE LABORATORIO

Una vez obtenidas las escamas para la determinación directa de la edad, se realizó la limpieza de éstas estructuras con agua, para eliminar el exceso de tejido con la ayuda de un estereoscopio (Bagenal y Tesch, 1978; Granado, 1996). Por cada organismo se colocaron de 6 a 8 escamas (escamas que no presentaran el foco regenerado) entre dos portaobjetos unidos con una cinta adhesiva. Concluida esta fase se midió el radio de los anillos de crecimiento presentes en las escamas (del foco a cada uno de los anillos); así como el radio de la escama (del foco al margen anterior), con el proyector de perfiles Nikon V.10 con aumento de 20X.

(figuras 6, 7 y anexo). La lectura de las marcas de crecimiento fue realizada por 3 personas en conjunto.

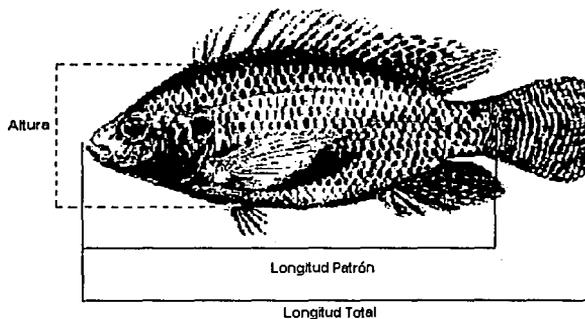


Figura 4. Medidas tomadas a los peces de *Oreochromis niloticus*.

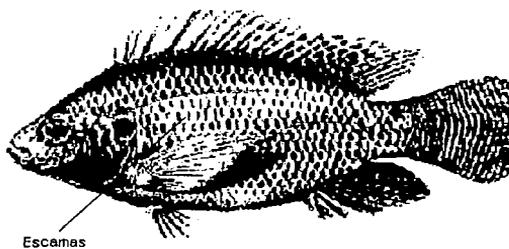


Figura 5. Zona de extracción de las estructuras óseas (escamas), utilizadas para determinar la edad de *Oreochromis niloticus*.

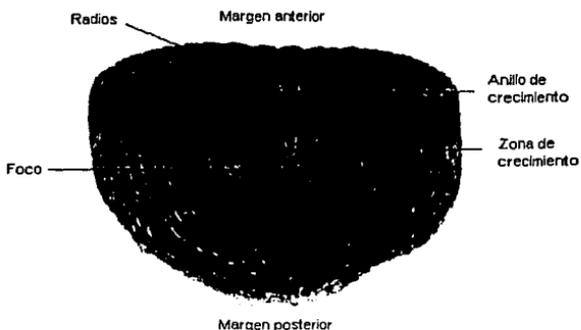


Figura 6. Nomenclatura utilizada en la descripción de escamas para la determinación de la edad de *Oreochromis niloticus*.

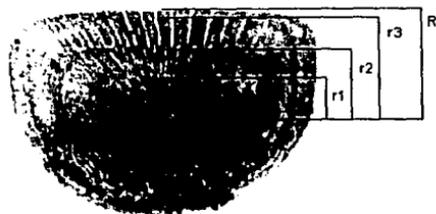


Figura 7. Medición de las marcas de crecimiento, así como el radio total de la escama de *Oreochromis niloticus*.

## FASE DE GABINETE

Se analizó la proporción sexual para la población de *Oreochromis niloticus*, de forma mensual y el grado de significancia de los resultados fue establecido por medio de la prueba de chi-cuadrada ( $\chi^2$ ;  $p < 0.05$ ) (Daniel, 1997; Gómez-Márquez *et al.*, 1999).

Para establecer el tipo de crecimiento que presentó la especie se utilizó la relación talla-peso. Con la siguiente expresión (Ricker, 1975):

$$P = aL^b$$

donde:

$P$  = peso total.

$L$  = longitud estándar ó patrón.

$a$  y  $b$  = constantes.

La ecuación anterior se linealizó, utilizando logaritmos:

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

El cálculo de los valores de las constantes  $a$  y  $b$  se realizó mediante el análisis de regresión con el método de mínimos cuadrados (Marques, 1991) con sus intervalos de confianza. También se aplicó el análisis de residuos (Curts, 1984) con la finalidad de verificar la bondad de ajuste de las regresiones. La obtención del valor de la constante  $b$  indica el tipo de crecimiento que tiene la población, es decir, si el valor de  $b=3$  la población tendrá un crecimiento isométrico, pero si el valor de  $b$  es diferente de 3, se tendrá un crecimiento alométrico (Ricker, 1975). Este análisis se realizó tanto para la población total, como para cada sexo. Se analizaron los valores de las pendientes obtenidas con el fin de comprobar su igualdad con tres y definir el tipo de crecimiento, aplicando la prueba t-student (Marques, 1991). Para verificar si estadísticamente había diferencias en la relación peso-longitud total del pez entre sexos, se utilizó el análisis de covarianza (ANDECOVA;  $p < 0.05$ ) del módulo lineal generalizado del paquete MINITAB (1995).

Asimismo, se realizaron las regresiones mensuales de la relación peso total-longitud total, con la finalidad de analizar el crecimiento de los peces durante el periodo de estudio.

Para verificar si estadísticamente había diferencias entre el radio de la escama y la longitud del pez por sexos se utilizó el ANDECOVA ( $p < 0.05$ ) del módulo lineal generalizado del paquete MINITAB (1995).

En la determinación directa de la edad se utilizó el método del retrocálculo, el cual consiste en conocer las tallas de los organismos cuando cada uno de los anillos se formó. Se utilizó la modificación de la fórmula de proporcionalidad indirecta introducida por Fraser (1916) y Lee (1920) (citados en Bagenal y Tesch, 1978).

$$l_n - c = \frac{r_n}{R}(L - c)$$

donde:

$c$  = Es el intercepto el cual corresponde de acuerdo a Rosas Lee a la longitud del pez al tiempo de aparición de las escamas.

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

$r_n$  = es el radio del anillo  $n$ .

$R$  = radio de la escama.

$L$  = longitud del pez cuando la escama fue obtenida.

Posteriormente se aplicó el análisis de residuos (Curts, 1984) para verificar la bondad de ajuste de las regresiones y después se retrocalcularon las longitudes. Se utilizó el diagrama de cajas con muesca (Salgado-Ugarte, 1992), para visualizar la dispersión de los datos y determinar la mediana de las longitudes que corresponde a cada una de las edades estimadas.

La validación de la periodicidad de la depositación de los anillos se realizó por medio del análisis mensual de la aparición del anillo en el borde, así como con el Índice de crecimiento marginal de las escamas (Aguayo y Gill, 1984).

A los valores promedio de cada una de las edades para la población en general así como a cada sexo, se le aplicó la prueba de t-student ( $p < 0.05$ ) para comparar el crecimiento entre sexos.

Para estimar el crecimiento en forma indirecta con el análisis de frecuencia de tallas se utilizó el método de Bhattacharya (1967); sin embargo, debido a que el número de modas presentes en el análisis fue menor a tres no se pudo realizar esta estimación (Gayanilo *et al.*, 1989; Salgado-Ugarte *et al.*, 1994). El uso de los estimadores de densidad Kernel permitió establecer el número de modas y la amplitud de banda de las mismas para la validación de los intervalos de confianza, (Salgado-Ugarte *et al.*, 1993; 1995a; 1995b; 1997).

El ritmo de crecimiento se determinó con el modelo de von Bertalanffy (Ricker, 1975):

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

Por otra parte, se determinó el crecimiento en peso el cual se obtuvo a partir del modelo de crecimiento y de la relación peso total-longitud total (Ehrhardt, 1981):

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

donde:

$L_{\infty}$  = Longitud asintótica del pez.

$P_{\infty}$  = Peso asintótico del pez.

$k$  = Tasa de crecimiento.

$t$  = Edad.

$t_0$  = Tiempo teórico de inicio de crecimiento. Esto cuando  $L_t = 0$  y  $P_t = 0$ .

$b$  = Pendiente de la relación peso longitud.

Las constantes del modelo de von Bertalanffy ( $k$ ,  $L_{\infty}$  y  $t_0$ ) se determinaron utilizando el método de Ford-Walford (1949, citado en Everhart y Youngs, 1981) y el método de Beverton y Holt (1957 citado en Pauly, 1984). Además se verificaron los resultados a través del método propuesto por Salgado-Ugarte *et al.*, (2000) para el programa estadístico Stata (1999).

También fue utilizado el método de regresión de Wetherall (1986) para estimar  $L_{\infty}$ , por medio del análisis de frecuencias de longitud (King, 1998), utilizando el programa FISAT.

Por último, a los datos de los parámetros físicos y químicos se les aplicaron las pruebas de Barlett y Kolmogorov-Smirnov ( $p < 0.05$ ; Sokal y Rohlf, 1981) para

comprobar si presentaban homocedasticidad y normalidad respectivamente. Posteriormente, se aplicó el análisis de varianza (ANDEVA;  $p < 0.05$ ), para determinar si existían diferencias significativas entre los distintos niveles y por mes para cada parámetro. Una vez realizadas las pruebas se graficaron los parámetros físicos y químicos del agua para conocer bajo que condiciones ambientales se formaron los anillos y se llevó a cabo el crecimiento de los organismos.

## RESULTADOS

## Parámetros físicos y químicos.

Para poder interpretar los distintos parámetros físicos y químicos, se aplicaron las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y de Barlett ( $p < 0.05$ ), para verificar si los datos cumplían con los principios de normalidad y homocedasticidad respectivamente. Este análisis reveló que si cumplían estas características, por tanto se aplicó una prueba de análisis de varianza (ANDEVA;  $p < 0.05$ ), la cual mostró que no existe diferencia significativa entre los distintos niveles de profundidad para cada parámetro, excepto en temperatura y oxígeno. Con base a lo anterior se decidió trabajar para temperatura y oxígeno con diagramas de variación espacial y temporal, mientras que para el resto de los parámetros, se utilizaron promedios mensuales para realizar los distintos gráficos y así realizar el análisis.

A continuación se muestran los resultados de los factores físico-químicos registrados durante el período de muestreo, que determinan las condiciones en que se desarrolla la población de *Oreochromis niloticus*.

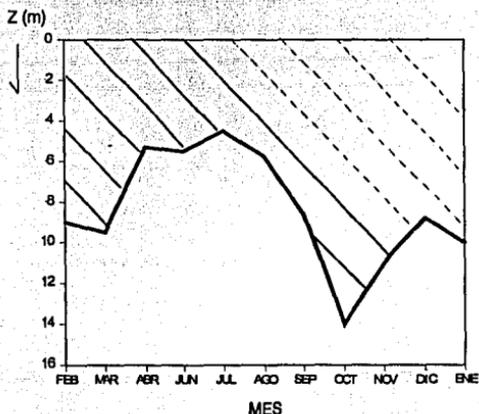


Figura 8. Variación mensual de la profundidad en la presa "Emiliano Zapata".

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

Los niveles de agua varían a lo largo del período de estudio, en general se puede observar que ocurren dos períodos: uno de llenado, producto de la temporada de lluvia donde se alcanza la máxima profundidad, con 14 m en el mes de octubre en la estación de muestreo (aunque cerca de la compuerta llega a 30 m) y un segundo período de vaciado, que ocurre de forma gradual como resultado de la apertura de la compuerta, para el uso del agua en el riego y en menor medida por la evaporación y la infiltración, durante el período de sequía. La profundidad mínima fue de 4.5 m en el mes de julio (figura 8).

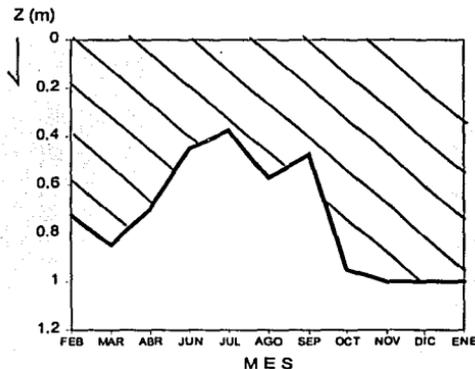


Figura 9. Visibilidad al disco de Secchi.

La transparencia observada mediante el disco de Secchi, estuvo relacionada con los períodos de llenado y vaciado de la presa, el aporte de materia orgánica e inorgánica por medio de los afluentes y el florecimiento fitoplanctónico. A lo largo del período de muestreo la transparencia osciló entre 0.375 y 1 m de profundidad. Por otra parte, los mayores valores de transparencia se registraron del mes de octubre (0.95 m) a enero (1 m), época en la que se registraron las mayores profundidades en la presa. Los menores valores de visibilidad se registraron de junio (0.45 m) a septiembre (0.475 m), coincidiendo

con la menor profundidad de la presa y por lo tanto el menor volumen en el sistema (figura 9).

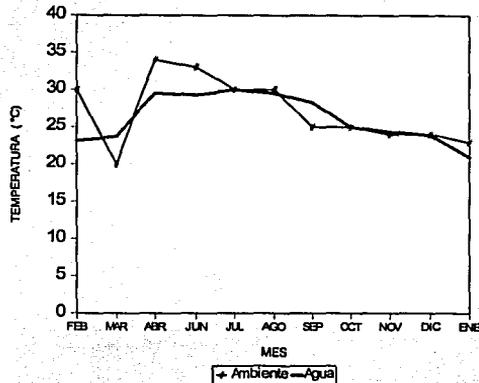


Figura 10. Temperatura ambiente y temperatura promedio del agua.

Debido a la importancia que tiene la temperatura en el desarrollo de los ambientes acuáticos, se realizó una comparación entre la temperatura ambiente y la promedio registrada en el agua.

Por lo que comprende a la temperatura ambiente, ésta fluctuó entre 20 y 34°C, con una media anual de 27.1°C. Se observa una tendencia a incrementar de marzo a junio y decrecer al final del año. De abril al mes de agosto se registraron temperaturas por encima de 30°C. Abril fue el mes más caluroso alcanzando 34°C. Por otra parte de septiembre a enero se observaron temperaturas de 25 a 23°C y en marzo se registró la mínima temperatura del año (20°C).

La temperatura media anual del agua fue de 25.6°C, mientras que la temperatura máxima promedio se registro en julio con 30°C y la mínima promedio fue de 21°C, en el mes de enero (figura 10).

En la figura 11 se observa de forma más puntual las variaciones verticales de la temperatura a lo largo del tiempo; estas fluctuaron de 33°C en superficie y

21°C en el nivel más profundo. La presa presentó dos períodos; uno de mezcla de noviembre a marzo, en donde la temperatura en la columna de agua fue prácticamente homogénea, con diferencias de 1°C entre meses. De abril a octubre se registró un período de discontinuidad térmica y al mismo tiempo de densidad, con disminuciones menores a 1°C por metro de profundidad.

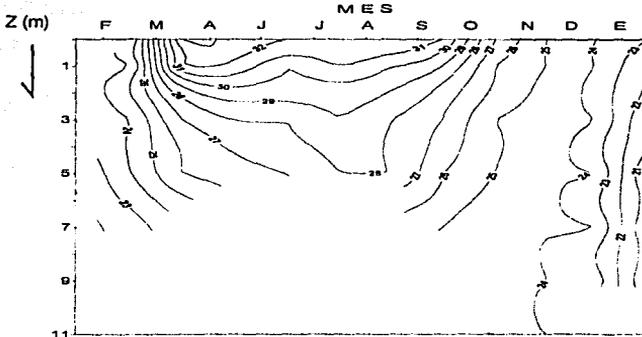


Figura 11. Variación espacial y temporal de la temperatura del agua (°C).

La concentración de oxígeno disuelto fue variable a lo largo del tiempo, así como en la columna de agua, ya que en los niveles superiores, se determinó una mayor concentración de oxígeno, la cual tiende a disminuir al aumentar la profundidad. Durante el mes de enero se registró la máxima concentración de oxígeno (10.01 mg/l) en superficie, mientras que las concentraciones mínimas se obtuvieron en febrero, marzo, julio y octubre, presentando condiciones de anoxia en el nivel de profundidad durante estos meses (figura 12). Asimismo, se puede observar que a partir de marzo y hasta junio se registran valores bajos de oxígeno disuelto, tanto de manera vertical como horizontal, lo cual coincide con los valores más elevados de temperatura así como la disminución en la columna por presentar la menor profundidad del embalse y en consecuencia menor volumen.

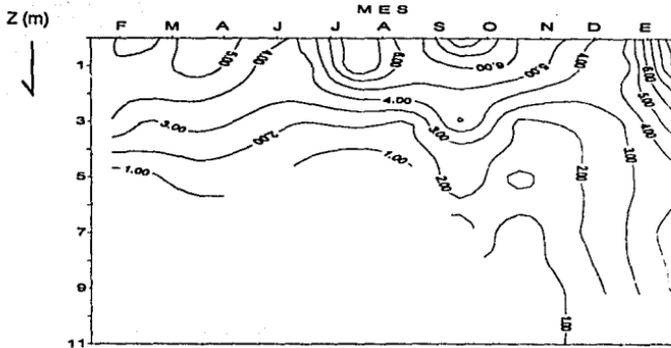


Figura 12. Variación espacial y temporal de las concentraciones de oxígeno disuelto en mg/l.

En la figura 13, se muestran los valores promedio mensuales de pH en el sistema, la media anual fue de 7.88 mientras que el valor puntual mínimo registrado fue de 6.96 en la parte más profunda en el mes febrero y el máximo de 8.7 en superficie durante el mes de marzo. En general se observa que los valores de pH están por encima de 7. En octubre se registro el valor promedio mensual más bajo, con 7.38, que coincide con la profundidad máxima registrada durante el muestreo. Por otro lado, de marzo a junio se registraron valores de pH por encima de 8 la cual comprende a la época de sequía y durante la época de lluvia, éste tiende a disminuir conforme aumenta el volumen del embalse (septiembre).

Los valores de alcalinidad total oscilaron entre 7.6 y 24.7 mg/l, las mayores concentraciones se registraron en los meses de junio y julio, mientras que los valores mínimos se registraron en septiembre con un promedio mensual de 13.03 mg/l (figura 13).

Con respecto a la dureza total, esta presentó valores que oscilaron entre 332.6 y 563.6 mg/l. Los mayores valores promedio mensuales se registraron en julio y agosto, con 531.1 y 533.2 mg/l, respectivamente, los cuales coinciden con las profundidades más bajas registradas, mientras que en octubre tiene la concentración más baja con 374.6 mg/l, coincidiendo con la máxima profundidad en el sistema acuático (figura 14).

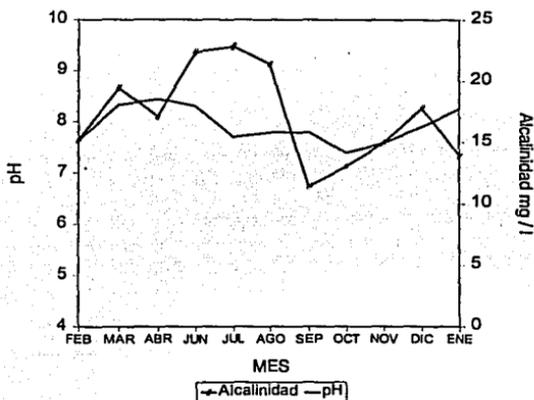


Figura 13. Valores mensuales promedio de pH y alcalinidad.

La conductividad del agua fluctuó entre 444 y 690  $\mu$ siems/cm, con una media anual de 545.6. Los valores más bajos se registraron en el mes de octubre con una media mensual de 451  $\mu$ siems/cm. Los valores registrados a lo largo del todo el ciclo son generalmente altos. Como se puede observar en la figura 14, durante el período de marzo a agosto existen valores de conductividad por encima de 600  $\mu$ siems/cm, mientras que a partir de septiembre disminuye la conductividad (503.40  $\mu$ siems/cm). En la columna no se registró ningún patrón en específico.

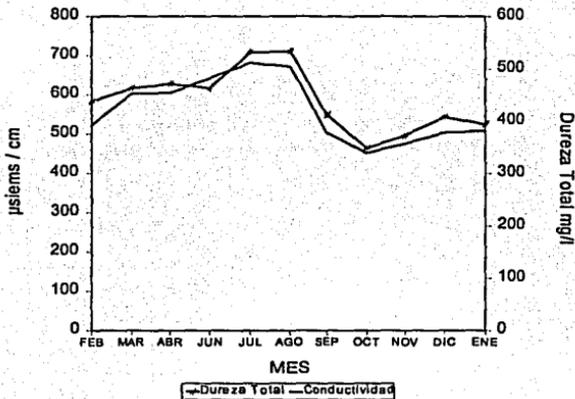


Figura 14. Conductividad y Dureza Total.

En la tabla 1 se presentan los resultados obtenidos para los parámetros físicos y químicos del presente estudio y los realizados con anterioridad en la presa "Emiliano Zapata".

Tabla 1. Valores de los parámetros físicos y químicos de estudios realizados en la presa "Emiliano Zapata".

PARÁMETRO	Granados (1990)	González y López (1997)	El presente estudio.
Temperatura ambiente (°C)	25 a 34	22 a 35.5	20 a 34
Temperatura del agua (°C)	23 a 30	22.5 a 34	21 a 33
Oxígeno disuelto (mg/l)	4.1 a 11.6	0.10 a 10.58	0.17 a 10.10
pH	6.5 a 8.9	6.44 a 8.21	6.9 a 8.7
Conductividad (µsiems/cm)	205 a 910	180 a 818	444 a 697
Transparencia (cm)	65 a 120	54 a 106	37 a 100
Dureza total (mg/l)	140 a 544	324.05 a 534.8	332.6 a 563.6
Alcalinidad (mg/l)	5 a 120	44.4 a 89.4	7.6 a 24.7

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Aunque las tilapias son organismos muy resistentes a un agua pobre en calidad para su desarrollo óptimo, es recomendable que presente las características que se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Intervalo de los parámetros físico-químicos permisibles para el desarrollo óptimo de las tilapias.

PARÁMETRO	Morales (1991)	Anónimo (1994)
Temperatura del agua (°C)	24 a 29	20 a 35
Oxígeno disuelto (mg/l)	4 a 5	1 a 5
Alcalinidad (mg/l)		14 a 150
Dureza Total (mg/l)		100 a 170
pH	6.5 a 8.5	7 a 8
Transparencia (cm)		45

### Relación peso total-longitud total.

De la captura comercial se obtuvieron 341 individuos de *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1757) con intervalo de talla de 14.1 a 25.5 cm de longitud total, las tallas más frecuentes variaron entre 15 y 23 cm. El peso total osciló entre 48.3 y 271.1 g (tabla 3).

Tabla 3. Valores máximos, mínimos y promedios para *Oreochromis niloticus*.

	Hembras		Machos	
	Lt (cm)	Peso (g)	Lt (cm)	Peso (g)
Máx.	22.4	196.6	25.5	271.4
Mín.	15.5	59.4	14.1	48.3
Prom.	17.8	98.3	18.1	101.7

En la tabla 4 se muestra el número de organismos obtenidos por mes y por sexos para los análisis de este estudio.

Tabla 4. Organismos obtenidos de la captura comercial para el desarrollo de este estudio.

MES	Hembras	Machos	total
FEB	14	23	37
MAR	16	18	34
ABR	18	17	35
JUN	29	11	40
JUL	20	14	34
AGO	11	13	24
SEP	8	16	24
OCT	3	26	29
NOV	7	23	30
DIC	6	18	24
ENE	7	23	30

De los 341 organismos, 202 fueron machos (59.24%) y 139 hembras (40.76%). La proporción de sexos fue de 1.4:1 (macho:hembra), aunque durante abril, junio y julio se obtuvieron más hembras que machos, dominando de forma

significativa en junio 1:2.63 (macho:hembra) y durante el resto del año dominaron los machos y de forma significativa durante octubre-enero (tabla 5).

Tabla 5. Valores de  $\chi^2$  para el análisis de las frecuencias mensuales de hembras y machos de *Oreochromis niloticus*.

MES	Total	Hembras (h)	Machos (m)	$\chi^2$	p	Dominante
FEB	37	14	23	2.18	ns	m
MAR	34	16	18	0.11	ns	m
ABR	35	18	17	0.02	ns	h
JUN	40	29	11	8.1	s	h
JUL	34	20	14	1.05	ns	h
AGO	24	11	13	0.16	ns	m
SEP	24	8	16	2.66	ns	m
OCT	29	3	26	18.24	s	m
NOV	30	7	23	8.53	s	m
DIC	24	6	18	6.00	s	m
ENE	30	7	23	8.53	s	m
TOTAL	341	139	202	7.53	s	m

$p = (p < 0.05)$ ; s = significativa; ns = no significativa; gl = 1

El análisis de covarianza (ANDECOVA) para la relación peso total-longitud total, mostró que entre machos y hembras no hay diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) (tabla 6), es decir, ambos grupos pueden ser tratados estadísticamente como una sola población. Sin embargo, existe un dimorfismo sexual característico de estos peces, de ahí la necesidad de trabajar por sexos y aunque presentan mínimas diferencias, resulta importante conocer como es el desarrollo por sexos.

Tabla 6. Análisis de covarianza por sexos para el peso total y la longitud total.

	g. l.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	p
LogLt	1	4.9953	4.9953	3420.56	0.000
Sexo	1	0.0013	0.0013	0.92	0.3383
Error	338	0.4936	0.0015		
Total	340	5.4894			

Para establecer el tipo de crecimiento de esta especie se realizaron las regresiones peso total-longitud, sus valores se presentan en la siguiente la tabla.

Tabla 7. Valores de regresión peso-longitud para *Oreochromis niloticus*.

	Longitud total (cm)	Longitud patrón (cm)
Población total	$P = 0.01912L_t^{2.9540}$	$P = 0.04436L_p^{2.9102}$
$r^2$	0.9098	0.9116
n	341	341

Para la población (hembras, machos e indeterminados) de *Oreochromis niloticus*, la longitud patrón presentó mejor ajuste con el peso total que la longitud total; generalmente en este tipo de estudio se trabaja con la longitud patrón, por que existe un menor error en su medición; sin embargo, en nuestro caso, este hecho fue mínimo y puesto que la aleta posee un peso, resulta de interés su uso para el análisis de pesquerías, por lo cual para llevar a cabo este estudio se utilizó la longitud total. En la figura 16, se presenta la relación longitud patrón-longitud total con su ecuación correspondiente, a fin de contar con un factor de conversión para obtener la longitud patrón.

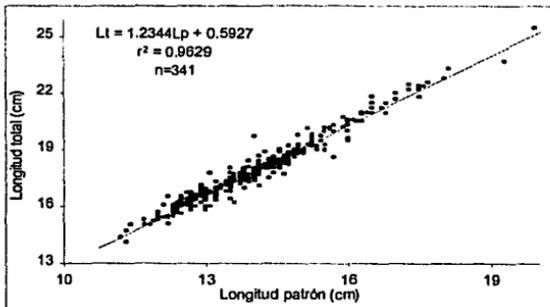


Figura 16. Relación longitud patrón-longitud total para la población de *Oreochromis niloticus*.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

El gráfico de la relación peso total-longitud total para la población muestra que los datos tienen un comportamiento potencial (figura 17) y el gráfico de los residuos muestra que los datos se dispersan de forma azarosa y alrededor de 0 (figura 18).

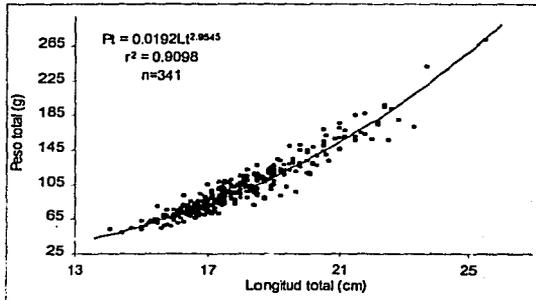


Figura 17. Relación peso total-longitud total para población *Oreochromis niloticus*, de la presa "Emiliano Zapata".

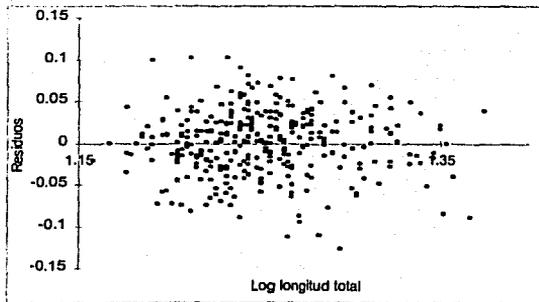


Figura 18. Residuos de la regresión peso total-longitud total para la población de *Oreochromis niloticus*, de la presa "Emiliano Zapata".

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

En las figuras 19 y 21 se presenta la relación peso total-longitud total para cada sexo en las que se visualiza la tendencia de los datos.

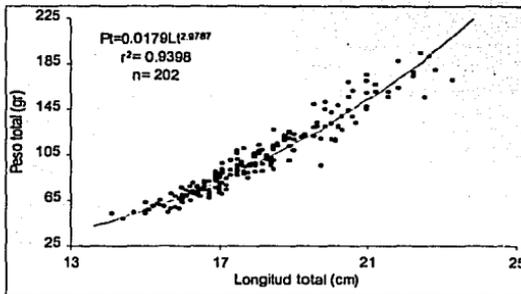


Figura 19. Relación peso total-longitud total para machos de *Oreochromis niloticus*, de la presa "Emiliano Zapata".

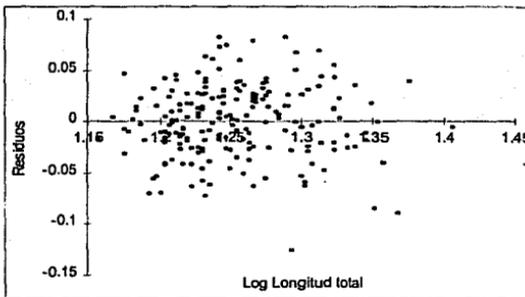


Figura 20. Residuos de la regresión peso total-longitud total para los machos de *Oreochromis niloticus*, de la presa "Emiliano Zapata".

Como se observa en las figuras 20 y 22, el análisis de residuos para las relaciones peso total-longitud total de machos y hembras, revela que los datos no tienen ningún patrón específico, se distribuyen alrededor de cero y de forma azarosa, ya que el modelo de regresión lineal supone que los errores estadísticos son independientes entre sí.

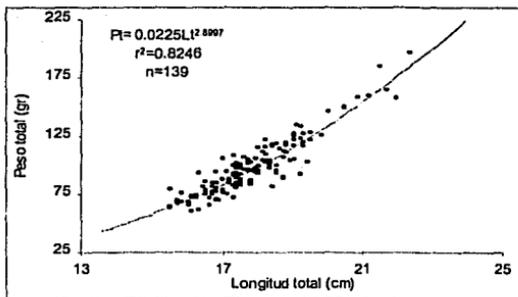


Figura 21. Relación peso total-longitud total para las hembras de *Oreochromis niloticus*, de la presa "Emiliano Zapata".

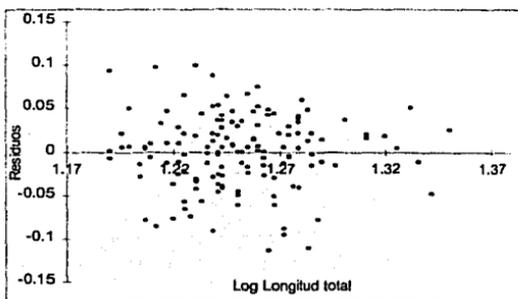


Figura 22. Residuos de la regresión peso total-longitud total para las hembras de *Oreochromis niloticus*, de la presa "Emiliano Zapata".

La evaluación de la pendiente de la relación peso total-longitud total para la población, mostró que el crecimiento de la población de *Oreochromis niloticus*, tiende a la isometría, es decir, crece tanto en longitud como en peso en la misma proporción. Asimismo, los machos presentan un tipo crecimiento que tiende a la isometría, por otra parte, las hembras presentan un crecimiento con tendencia a la alometría. Para corroborar estadísticamente esta situación se aplicó la prueba de t-student para la pendiente ( $p < 0.05$ ); esta prueba reveló que la pendiente es igual

a 3 tanto para la población como para machos; por lo tanto, poseen un crecimiento con tendencia a la isometría. Mientras que en las hembras la prueba t-student mostró que la pendiente es diferente de 3, es decir un crecimiento alométrico negativo (Tabla 8).

Tabla 8. Valores para la prueba de hipótesis sobre la pendiente de la relación peso total-longitud total.

	n	t calculada	t teórica	Prueba	Decisión
Población Total	341	-1.1094	1.96	Ho b=3 Ha b≠3	Se acepta
Machos	202	-1.1772	1.96	Ho b=3 Ha b≠3	Se acepta
Hembras	139	-2.8154	1.97	Ho b=3 Ha b≠3	Se rechaza

Debido a que las condiciones del medio en que se desarrolla *Oreochromis niloticus* varían de acuerdo a la época del año (factor a considerar en el crecimiento), se obtuvieron los valores de la regresión peso total-longitud total para cada mes (tabla 9). Se observa que en marzo, julio y diciembre el crecimiento tiende a la isometría de acuerdo con el valor de pendiente y en el resto del tiempo el crecimiento es de tipo alométrico negativo, es decir, crecen más en longitud que en peso.

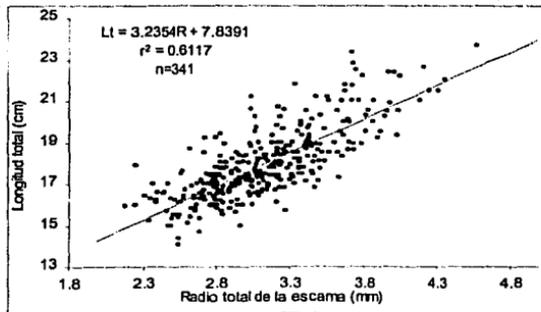
Tabla 9. Valores de la regresión peso total-longitud total por mes.

MES	a	b	r <sup>2</sup>	n
FEB	0.0222	2.9132	0.9775	37
MAR	0.0166	3.0380	0.9824	34
ABR	0.0288	2.8151	0.9635	35
JUN	0.0306	2.7946	0.9096	40
JUL	0.0167	3.0009	0.9055	34
AGO	0.0340	2.7229	0.9489	24
SEP	0.0621	2.5124	0.8958	24
OCT	0.0355	2.7264	0.7385	29
NOV	0.1144	2.3141	0.7670	30
DIC	0.0158	3.0247	0.8613	24
ENE	0.0324	2.7755	0.9089	30

### Determinación de la edad.

Para la determinación de la edad se leyeron las escamas de 341 organismos, 202 machos y 139 hembras. Hubo dificultad para distinguir los anillos a las edades tempranas en peces adultos, debido a que los anillos o marcas eran difusas. Las estructuras de algunos organismos fueron descartadas debido a la dificultad para identificar los anillos de crecimiento. Así de un total de 374 peces obtenidos de la captura comercial se utilizaron 341 peces lo que representa el 91.8% de peces con escamas legibles.

El análisis de regresión de la relación radio total de la escama contra longitud total para la población total, machos y hembras, presentó una tendencia lineal pero con intercepto diferente al origen, lo que indica que no hay una proporcionalidad directa entre la escama y la longitud del pez (figura 23, 25 y 27). El análisis de residuos muestra que los datos se distribuyen azarosamente (sin ningún patrón) y alrededor de cero. Sin embargo, existen puntos que sobrepasan el límite de  $\pm 2$  y se consideran casos extraordinarios que se deben a la dispersión de los datos con respecto al modelo, ya que algunos de los individuos de tallas diferentes presentan medidas muy semejantes en relación del radio de la escama (figura 24, 26 y 28).



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Figura 23. Relación radio de la escama-longitud total para la población total de *Oreochromis niloticus*.

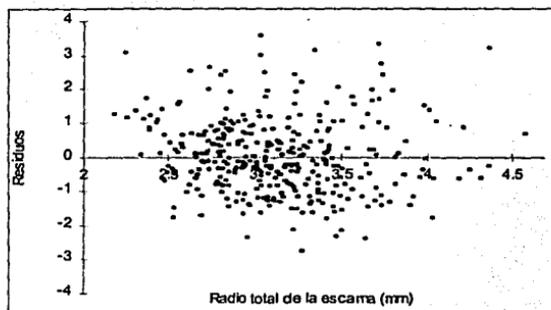


Figura 24. Residuos de la relación radio de la escama-longitud total para la población total de *Oreochromis niloticus*.

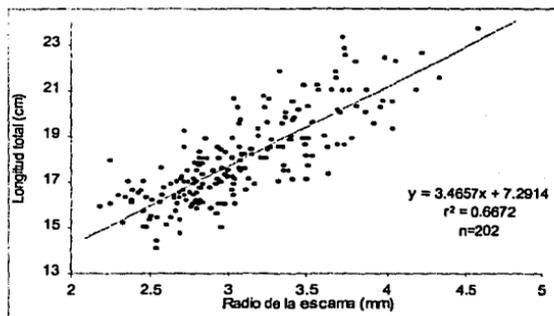


Figura 25. Relación radio de la escama-longitud total para los machos de *Oreochromis niloticus*.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

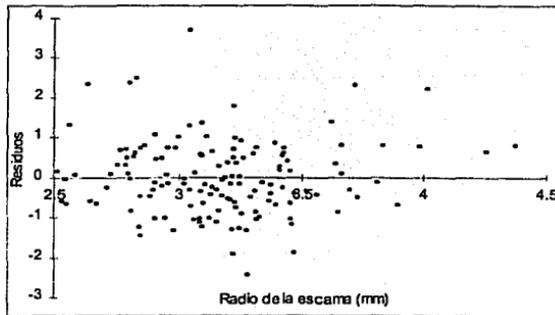


Figura 26. Residuos de la relación radio de la escama-longitud total para los machos de *Oreochromis niloticus*.

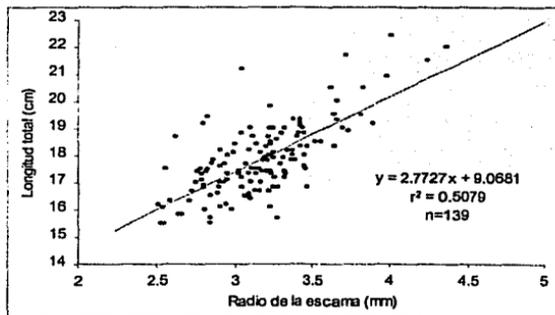


Figura 27. Relación radio de la escama-longitud total para las hembras de *Oreochromis niloticus*.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

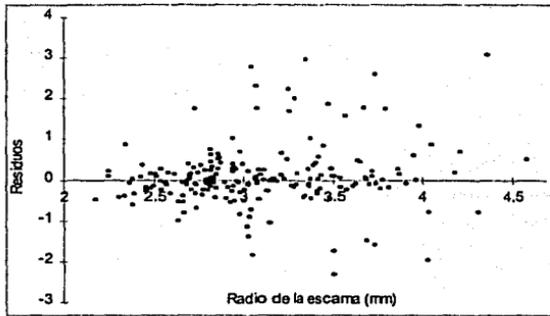


Figura 28. Residuos de la relación radio de la escama-longitud total para las hembras de *Oreochromis niloticus*.

Asimismo, se incluyen las tablas del análisis de regresión de la relación radio de la escama longitud total que incluyen los intervalos de confianza y el valor de la probabilidad (tablas 10, 11 y 12) para la población y para cada sexo.

Tabla 10. Análisis de regresión, valor de probabilidad e intervalos de confianza de relación radio de la escama-longitud total de la población de *Oreochromis niloticus*.

Coe. Determinación	0.6647	Error	1.1249			
$r^2$	0.6637	Observaciones	341			
Análisis de Varianza						
	g. l.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	p	
Regresión	1	860.5341	860.5342	680.0280	0.000	
Residuos	343	434.0457	1.2654			
Total	344	1294.5798				
	Coefficiente	Error	T	p	Intervalos de confianza 95%	
	s				Inferior	Superior
Intercepto	7.0053	0.4208	16.6491	0.000	6.178	7.833
Pendiente	3.4933	0.1340	26.0773	0.000	3.230	3.757

Tabla 11. Análisis de regresión, valor de probabilidad e intervalos de confianza de relación radio de la escama-longitud total de los machos de *Oreochromis niloticus*.

Coe. Determinación		0.6672	Error		1.1479	
r <sup>2</sup>		0.6656	Observaciones		202	
<b>Análisis de Varianza</b>						
	g. l.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	p	
Regresión	1	528.4107	528.4107	401.0442	0.000	
Residuos	200	263.5174	1.3176			
Total	201	791.9282				
	Coefficiente s	Error	t	p	Intervalos de confianza 95%	
					Inferior	Superior
Intercepto	7.2914	0.5413	13.4670	0.000	6.224	8.359
Pendiente	3.4657	0.1731	20.0261	0.000	3.124	3.807

Tabla 12. Análisis de regresión, valor de probabilidad e intervalos de confianza de relación radio de la escama-longitud total de las hembras de *Oreochromis niloticus*.

Coe. Determinación		0.5079	Error		0.9392	
r <sup>2</sup>		0.5043	Observaciones		139	
<b>Análisis de Varianza</b>						
	g. l.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	p	
Regresión	1	124.7307	124.7307	141.3937	0.000	
Residuos	137	120.8548	0.8821			
Total	138	245.5855				
	Coefficiente s	Error	t	p	Intervalos de confianza 95%	
					Inferior	Superior
Intercepto	9.0681	0.7439	12.1903	0.000	7.597	10.739
Pendiente	2.7726	0.2332	11.909	0.000	2.312	3.234

El ANDECOVA ( $p < 0.05$ ) para la relación radio de la escama-longitud total, mostró que entre machos y hembras hay diferencias significativas, por lo cual es necesario realizar los análisis por sexo (tabla 13).

Tabla 13. Análisis de covarianza por sexos para el radio de la escama y la longitud total.

	g. l.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	p
Lt	1	37.579	37.579	561.03	0.000
Sexo	1	0.942	0.942	14.07	0.000
Error	338	22.640	0.067		
Total	340				

Derivado de la lectura de escamas se registraron cinco anillos de crecimiento cuyos valores medios se presentan en las tablas 14, 15 y 16, para la población total, machos y hembras respectivamente.

Tabla 14. Valores medios para cada anillo derivado de la lectura de escamas para la población total de *Oreochromis niloticus*.

Anillo		Radios correspondientes a cada anillo				
		1	2	3	4	5
1	Promedio±d.e.	2.13±0.48				
2	Promedio±d.e.	1.73±0.27	2.48±0.34			
3	Promedio±d.e.	1.46±0.28	2.11±0.30	2.68±0.36		
4	Promedio±d.e.	1.39±0.27	2.04±0.32	2.58±0.39	3.05±0.43	
5	Promedio±d.e.	1.37±0.23	1.96±0.31	2.42±0.30	2.87±0.34	3.35±0.48
Radio promedio (mm)		1.52	2.18	2.64	3.03	3.35
d. e.		0.32	0.36	0.37	0.43	0.48
Intervalo de confianza 95%		$\bar{x} \pm 0.04$	$\bar{X} \pm 0.04$	$\bar{x} \pm 0.05$	$\bar{x} \pm 0.10$	$\bar{x} \pm 0.37$
n		6	80	182	64	9

d. e. = desviación estándar.

Tabla 15. Valores medios para cada anillo derivado de la lectura de escamas para los machos de *Oreochromis niloticus*.

Anillo		Radios correspondientes a cada anillo				
		1	2	3	4	5
1	Promedio	2.86				
2	Promedio±d.e.	1.72±0.29	2.47±0.39			
3	Promedio±d.e.	1.45±0.28	2.05±0.30	2.62±0.39		
4	Promedio±d.e.	1.36±0.27	2.04±0.35	2.62±0.46	3.08±0.51	
5	Promedio±d.e.	1.30±0.26	1.84±0.34	2.34±0.35	2.83±0.44	3.27±0.55
Radio promedio (mm)		1.50	2.14	2.61	3.05	3.27
d. e.		0.32	0.38	0.41	0.50	0.55
Intervalo de confianza 95%		$\bar{x} \pm 0.04$	$\bar{X} \pm 0.05$	$\bar{x} \pm 0.06$	$\bar{X} \pm 0.16$	$\bar{x} \pm 0.18$
n		1	45	116	35	5

d.e. = desviación estandar.

Tabla 16. Valores medios para cada anillo derivado de la lectura de escamas para las hembras de *Oreochromis niloticus*.

Anillo		Radios correspondientes a cada anillo				
		1	2	3	4	5
1	Promedio±d.e.	2.15±0.17				
2	Promedio±d.e.	1.76±0.25	2.51±0.25			
3	Promedio±d.e.	1.48±0.27	2.21±0.27	2.78±0.27		
4	Promedio±d.e.	1.43±0.27	2.04±0.28	2.54±0.30	3.02±0.33	
5	Promedio±d.e.	1.44±0.21	2.10±0.24	2.52±0.21	2.92±0.21	3.46±0.44
Radio promedio (mm)		1.57	2.25	2.70	3.01	3.46
d. e.		0.31	0.31	0.30	0.32	0.44
Intervalo de confianza 95%		$\bar{x} \pm 0.05$	$\bar{X} \pm 0.05$	$\bar{x} \pm 0.06$	$\bar{x} \pm 0.11$	$\bar{x} \pm 0.69$
n		5	35	66	29	4

d.e. = desviación estandar.

En la tabla 17 se presenta la frecuencia de edades obtenida de la lectura de escamas, esta permitió detectar que la población de la tilapia capturada en la presa, esta formada básicamente por organismos de edad III, constituyendo el 52.75 % de los organismos muestreados, mientras que en menor proporción se presentaron los organismos de edad I y V, representando el 1.76 y 2.64% respectivamente.

Tabla 17. Edad-talla para *Oreochromis niloticus*.

Longitud total (cm)	Frecuencia	Edad				
		I	II	III	IV	V
11.6-12						
12.1-12.5						
12.6-13						
13.1-13.5						
13.6-14						
14.1-14.5	2		2			
14.6-15	4		1	3		
15.1-15.5	11	1	3	5	2	
15.6-16	21		9	12		
16.1-16.5	34		15	16	2	
16.6-17	42	2	10	26	4	
17.1-17.5	50		11	31	8	
17.6-18	39		8	24	6	1
18.1-18.5	38	1	5	22	8	2
18.6-19	30	2	4	16	8	
19.1-19.5	16		5	7	3	1
19.6-20	12		4	5	3	1
20.1-20.5	12		1	5	5	1
20.6-21	10		1	6	3	
21.1-21.5	6		1	1	3	1
21.5-22	3				2	
22.1-22.5	5			2	2	1
22.6-23	2				2	
23.1-23.5	1			1		
23.6-24	1				1	
24.1-24.5						
24.6-25						
25.1-25.5	1					1
<b>TOTAL</b>	<b>341</b>	<b>6</b>	<b>80</b>	<b>182</b>	<b>64</b>	<b>9</b>

Para el retrocálculo de las longitudes que corresponden a cada anillo de crecimiento en las escamas, se utilizó la fórmula modificada de proporcionalidad indirecta, introducida por Fraser (1916) y Lee (1920) (citados en Bagenal y Tesch, 1978), la cual se basa en el supuesto de que el crecimiento de la escama no se desarrolla al inicio de la vida del pez, sino antes o después debido a que la relación radio de la escama-longitud total presentó una ordenada al origen diferente a 0. Las longitudes promedio para cada anillo de crecimiento se representan en las siguientes tablas para la población total, machos y hembras.

Tabla 18. Longitudes totales retrocalculadas promedio para la población total de *Oreochromis niloticus*.

Grupo de edad		Edades y longitudes retrocalculadas				
		I	II	III	IV	V
I	Promedio±d.e.	13.87±2.31				
II	Promedio±d.e.	13.00±1.05	15.61±1.36			
III	Promedio±d.e.	12.13±1.04	14.40±1.18	16.39±1.41		
IV	Promedio±d.e.	11.89±0.98	14.18±1.26	16.09±1.60	17.75±1.76	
V	Promedio±d.e.	12.05±1.01	14.21±1.11	15.96±1.46	17.61±1.76	19.40±2.24
Media ponderada de Lt (cm)		12.335	14.644	16.298	17.735	19.404
d. e.		1.16	1.35	1.46	1.75	2.24
Intervalo de confianza 95%		$x \pm 0.17$	$x \pm 0.15$	$x \pm 0.18$	$x \pm 0.41$	$x \pm 1.72$
n		6	80	182	64	9

d.e. = desviación estandar.

Tabla 19. Longitudes totales retrocalculadas promedio para los machos de *Oreochromis niloticus*.

Grupo de edad		Edades y longitudes retrocalculadas				
		I	II	III	IV	V
I	Promedio±d.e.	16.50				
II	Promedio±d.e.	12.93±0.98	15.53±1.37			
III	Promedio±d.e.	12.17±1.11	14.32±1.28	16.33±1.62		
IV	Promedio±d.e.	11.89±0.98	14.36±1.38	16.44±1.80	18.12±2.01	
V	Promedio±d.e.	12.27±1.24	14.41±1.37	16.43±1.76	18.37±1.97	20.15±2.47
Media ponderada de Lt (cm)		12.315	14.598	16.357	18.149	20.149
d. e.		1.15	1.40	1.65	1.98	2.47
Intervalo de confianza 95%		x ± 0.16	x ± 0.19	x ± 0.26	x ± 0.63	x ± 3.07
n		1	45	116	35	5

d.e. = desviación estandar.

Tabla 20. Longitudes totales retrocalculadas promedio para las hembras de *Oreochromis niloticus*.

Grupo de edad		Edades y longitudes retrocalculadas				
		I	II	III	IV	V
I	Promedio±d.e.	14.27±0.81				
II	Promedio±d.e.	13.14±1.11	15.75±1.35			
III	Promedio±d.e.	12.07±0.91	14.54±0.96	16.49±0.96		
IV	Promedio±d.e.	11.89±1.00	13.97±1.07	15.66±1.20	17.31±1.29	
V	Promedio±d.e.	11.79±0.71	13.95±0.79	15.37±0.86	16.67±0.95	18.47±1.76
Media ponderada de Lt (cm)		12.372	14.717	16.205	17.231	18.473
d. e.		1.44	1.26	1.10	1.24	1.58
Intervalo de confianza 95%		x ± 0.19	x ± 0.21	x ± 0.21	x ± 2.45	x ± 2.15
n		5	35	66	29	4

d.e. = desviación estandar.

En la figura 29 se muestra el diagrama de cajas con las cinco edades que se obtuvieron para *Oreochromis niloticus*, se observa que en los grupos I y II las muescas se traslapan, esto indica que no existen diferencias significativas entre estos grupos, la prueba de rangos múltiples (Duncan;  $p < 0.05$ ) corroboró que no existen diferencias entre éstos grupos, mientras que entre los restantes si existe diferencia estadísticamente significativa.

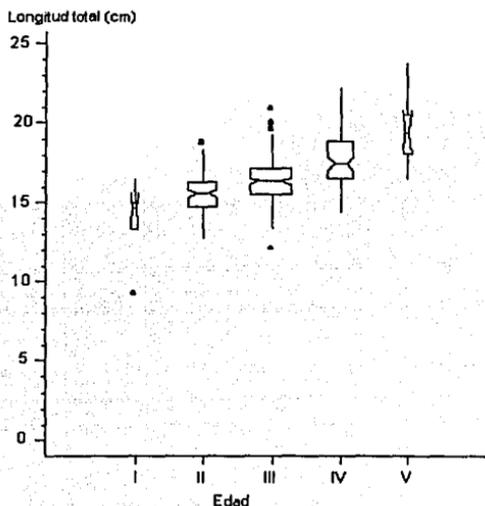


Figura 29. Longitudes retrocalculadas a partir de los anillos presentes en las escamas de la población de *Oreochromis niloticus*.

Es importante señalar que el comportamiento de las tallas por cada grupo de edad fue Gaussiano, en la mayoría de los casos la mediana tuvo un valor muy cercano al valor de la media, ( $t$ -student = 0.0133;  $p < 0.05$ ) y reveló que no hay diferencias significativas entre el valor de la media y la mediana, por lo cual se decidió trabajar con el valor promedio para cada grupo de edad.

Derivado del retrocálculo se obtuvieron 5 edades cuyos valores de longitud promedio se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 21. Valores promedio de la longitud total (cm) obtenidas a través de la lectura de escamas para *Oreochromis niloticus* mediante el retrocálculo.

Edad	I	II	III	IV	V
Población total	12.335	14.644	16.298	17.735	19.404
Hembras	12.372	14.717	16.205	17.231	18.473
Machos	12.315	14.598	16.357	18.149	20.149

El análisis de varianza ( $p < 0.05$ ;  $F = 0.0281$ ), mostró que no existen diferencias significativas entre machos y hembras, con respecto a las longitudes totales promedio calculada para cada edad.

La validación del método de lectura de escamas para determinar la depositación de las marcas de crecimiento, se realizó mediante el análisis del incremento marginal, el cual indicó que existen dos periodos de formación de anillos a lo largo de un año, esto muestra que la formación de anillos de crecimiento es cada seis meses.

En la figura 30, se observa que el valor mínimo del índice de crecimiento marginal para machos fue en el mes de junio, lo que indica la depositación de un anillo de crecimiento, mientras que en las hembras ocurre en el mes de diciembre (figura 31).

Para la población total se puede observar en la figura 32, que el valor mínimo del índice de crecimiento marginal ocurre durante el mes de agosto.

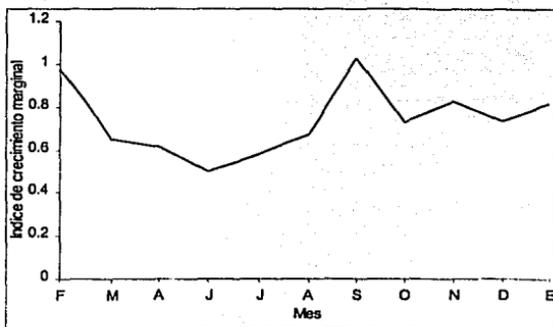


Figura 30. Variación del incremento marginal en escamas para los machos de *Oreochromis niloticus*.

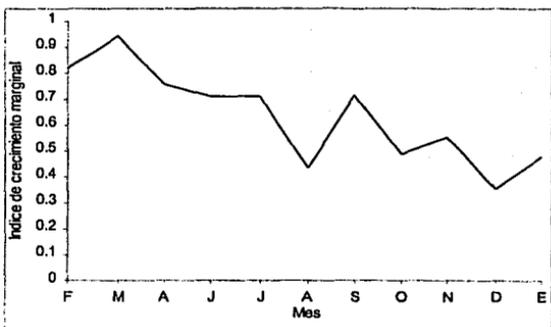


Figura 31. Variación del incremento marginal en escamas para las hembras de *Oreochromis niloticus*.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

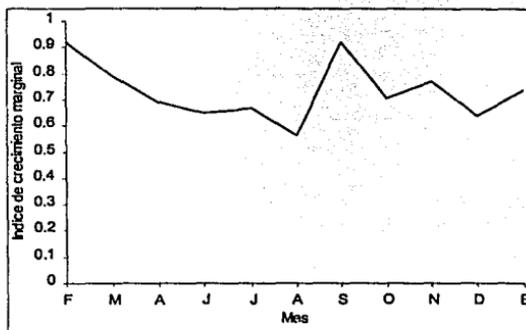


Figura 32. Variación del incremento marginal en escamas para la población total de *Oreochromis niloticus*.

El análisis del borde de las escamas, mostró que la depositación de anillo, ocurre principalmente de marzo hasta junio; se registraron otros incrementos importantes durante agosto y diciembre, aunque en menor proporción (tabla 22).

Tabla 22. Porcentaje de organismos con anillo en el borde.

MES	Porcentaje
FEB	81.08
MAR	97.05
ABR	91.66
JUN	87.50
JUL	35.29
AGO	60.00
SEP	25.00
OCT	27.58
NOV	40.40
DIC	54.16
ENE	40.00

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

Para llevar a cabo el análisis de distribución de frecuencia de tallas se aplicó el análisis de densidad por kernel (Salgado-Ugarte *et al.*, 1993; 1995a; 1995b; 1997), el cual permitió establecer la amplitud o el tamaño de las bandas

adecuado para obtener el número de modas de dicha distribución. Este proporcionó un tamaño de intervalo de 0.43 cm (población total), 0.58 (machos) y (0.42 hembras), para asegurar que el uso de este kernel fuera el más adecuado se utilizó la validación cruzada, misma que confirmó esta situación.

Sin embargo el análisis de frecuencia de tallas de Bhattacharya, no se pudo utilizar para calcular las constantes del modelo de von Bertalanffy, debido a que el número de modas en el análisis no fue suficiente, por lo cual se utilizó el análisis de distribución de frecuencias por el método de Wetherall (1986) (King, 1998).

A través del análisis de regresión de Wetherall, se calculó el valor de  $L_{\infty}$ , a partir de la frecuencia de tallas de la población total de *Oreochromis niloticus*.

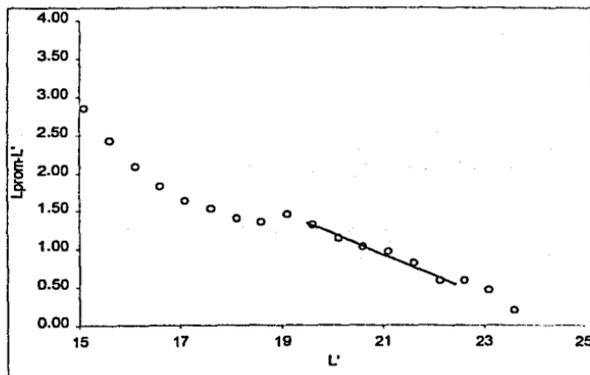


Figura 33. Regresión lineal de Wetherall, los puntos uniformes son utilizados en la regresión.

En la gráfica se observan los puntos utilizados para calcular  $L_{\infty}$ , los puntos marcados con la línea definen las longitudes medias utilizadas en la regresión. Así el valor de  $L_{\infty}$  se estimó a partir del intercepto y la pendiente, cuyo valor calculado fue:

$$L_{\infty} = -a/b = -6.093 / -0.244 = 24.913$$

### Crecimiento en peso y longitud.

En la tabla 25 se presentan las estimaciones de los parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy en longitud y peso, utilizando los métodos de Ford-Walford y Beverton & Holt (tablas 23 y 24), a partir de los grupos de edad obtenidos por el método de lectura de estructuras óseas (escamas).

Tabla 23. Estimación de los valores de  $L_{\infty}$  y  $k$  por el método de Ford-Walford para *Oreochromis niloticus*.

	Población	Machos	Hembras
Intercepto	3.7529	2.6885	5.3540
Pendiente	0.8698	0.9525	0.7470
$r^2$	0.9877	0.9922	0.9805
$r^2$ ajustado	0.9816	0.9884	0.9707
$L_{\infty}$	28.8285	56.5760	21.1590
$k$	0.1395	0.0487	0.2918

Tabla 24. Estimación de los valores de  $t_0$  y  $k$  por el método de Beverton-Holt para *Oreochromis niloticus*.

	Población	Machos	Hembras
Intercepto	2.9361	3.8365	2.4580
Pendiente	-0.1365	-0.0478	-0.2865
$r^2$	0.9973	0.9985	0.9939
$r^2$ ajustado	0.9964	0.9980	0.9918
$k$	0.1365	0.0478	0.1301
$t_0$	-0.1295	-0.0178	-0.6170

Tabla 25. Parámetros que describen el crecimiento de *Oreochromis niloticus* en la presa "Emiliano Zapata", derivado de la lectura de escamas.

	$L_{\infty}$ (cm)	$P_{\infty}$ (gr)	k	$t_0$ (meses)
Población total	28.8285	392.4661	0.1365	-0.1295
Machos	56.5623	2972.5437	0.0478	-0.0178
Hembras	21.1572	156.8966	0.2865	-0.6170

A partir de la relación peso total-longitud total y específicamente del valor de la pendiente( $b$ ), se calculó el peso infinito.

En las figuras 34 y 35 se muestran las curvas de crecimiento en longitud total y peso obtenidos a través de la lectura de escamas para la población total. Se observa que el crecimiento en los primeros meses es principalmente en longitud y posteriormente aumenta el crecimiento en peso. Para los machos y las hembras no se realizaron las curvas de crecimiento debido a que los valores de  $L_{\infty}$  se encuentran lejos de los valores máximos registrados para la longitud total.

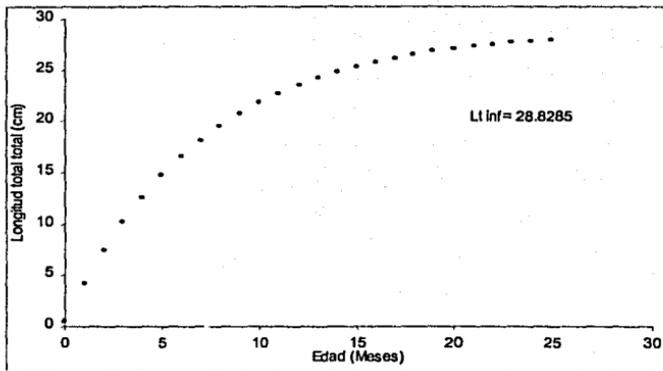


Figura 34. Curva de crecimiento en longitud, estimada para la población total *Oreochromis niloticus* derivadas de la lectura de escamas según el modelo de von Bertalanffy.

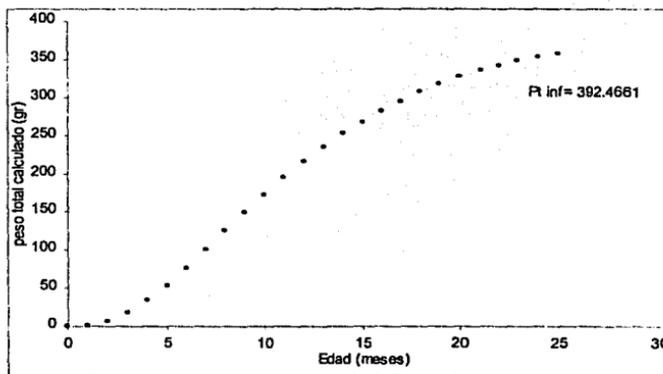


Figura 35. Curva de crecimiento en peso, estimada para la población total de *Oreochromis niloticus* derivada de la lectura de escamas según el modelo de von Bertalanffy.

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

---

## DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### Parámetros Físicos y químicos.

La presa "Emiliano Zapata", es un embalse artificial, creado en 1970 principalmente para el almacenamiento de agua para el riego agrícola y de forma alterna para el cultivo de peces. Este embalse posee características muy particulares; tiene un comportamiento muy semejante al de un lago puesto que no posee un flujo constante de agua y por ello su comportamiento es vertical más que horizontal (Margalef, 1983) influenciado por los procesos de llenado y vaciado de la presa, debido a que el aporte de agua a su vaso es producto de la época de lluvia colectada principalmente a través de arroyos temporales, como son La Piraña, La Joya y El Grillo (Anónimo, 1981).

Durante el período de estudio la profundidad en la presa alcanzó 14 m en la estación de muestreo, producto de la temporada de lluvia, disminuyendo de forma gradual a finales del año debido principalmente a la apertura de la compuerta para el uso del agua en el riego y en menor medida a los procesos de evaporación e infiltración que ocurren principalmente durante la época de sequía.

La presa "Emiliano Zapata", presentó condiciones de temperatura en el agua que oscilaron entre 21 y 33°C, características de los climas subtropicales (Contreras-MacBeath, 1995). De acuerdo con los valores de temperatura registrados en la columna de agua, a lo largo del año, la presa presenta un período de circulación y otro de estratificación, clasificándose como un cuerpo de agua monomítico cálido (Hutchinson, 1957; Margalef, 1983; Lewis, 1983).

El período de mezcla ocurre de los meses de noviembre a marzo. Este período comienza durante octubre y es el resultado del inicio de la época de lluvias en conjunto con la acción mecánica del viento y la disminución de la temperatura en las capas superficiales de agua. En suma, provocan un aumento de la densidad de las capas superficiales de agua y al ser más densas que las capas más profundas, se hunden y se mezclan, perdiéndose la estratificación. De noviembre a marzo, la temperatura del agua fue homogénea en toda la columna,

---

---

Vera-Herrera *et al.*, (1981) sugieren que esta condición es una homogeneidad térmica, concordando con lo reportado por González y López (1997) para el mismo embalse durante 1994 y 1995.

Por lo que toca a la estratificación, ésta se forma de los meses de abril a octubre. En este período hay una discontinuidad térmica de 1°C, producto del incremento de la temperatura ambiente así como la consecuente formación de estratos de densidad, en conjunto con la falta de los elementos que producen la mezcla (Vera-Herrera *et al.*, 1981). En este período González y López (1997) sugieren que en el embalse se forma una discontinuidad térmica.

Estos dos períodos que se llevan a cabo en el sistema tienen una gran importancia ya que en conjunto son responsables de la circulación de nutrientes y otros elementos, influyendo en la productividad del sistema (Goldman y Horne, 1983).

La temperatura del agua es una de las variables que más influyen en las actividades de los peces, particularmente en la respiración, crecimiento y reproducción (Weatherley y Gill, 1989; Cabrera-Mancilla y Torres-Díaz, 1995); asimismo, Arredondo-Figueroa (1986) menciona que *Oreochromis niloticus* resiste grandes intervalos de temperatura (euritérmico) y es capaz de sobrevivir en intervalos de temperatura que van desde 6°C hasta más de 30°C. Sin embargo, a temperaturas inferiores a 15°C y superiores a 42°C, su crecimiento cesa y mucho menos se reproduce, pero en la presa no se presentaron estos valores extremos, por el contrario, la temperatura osciló entre 21 y 33°C, valores muy cercanos a los óptimos (24 a 30°C) para un desarrollo adecuado de los peces (Anónimo, 1994b).

En cuanto al oxígeno disuelto su concentración durante el período de estudio fue variable en toda la columna de agua y a lo largo del año. En las capas superiores se registró una mayor concentración de oxígeno la cual tiende a disminuir al aumentar la profundidad llegando durante algunos meses a condiciones de anoxia.

Durante el mes de enero en superficie se reportó la concentración máxima de oxígeno (10.01 mg/l) provocada por la disminución de la temperatura en toda la columna de agua, aumentando la solubilidad del oxígeno proveniente de la atmósfera (Wetzel, 1981) en conjunto con el proceso de mezcla, que provoca una distribución de oxígeno en toda la columna de agua.

En las partes más profundas, durante los meses de marzo, abril (que fueron los meses más calurosos) y en octubre, se registró ausencia de oxígeno (anoxia), resultado del gasto realizado durante la oxidación de la materia orgánica en el agua y sobre todo, en la interfase de sedimentos, en la cual la descomposición bacteriana es mucho más intensa (Wetzel, 1981; Goldman y Horne, 1983), en conjunto con la falta de corrientes en el agua que provocan el proceso de mezcla. Asimismo, la difusión del oxígeno desde los estratos superiores hacia la zona carente de oxígeno ocurre lentamente, la turbulencia vertical, las translocaciones horizontales y las corrientes de densidad ayudan a una distribución horizontal del oxígeno pero no a una vertical.

En el mismo sentido González y López (1997) mencionan que en el embalse la concentración máxima de oxígeno ocurre durante el período de estratificación (abril), estableciendo una curva clinógrada, característica de los cuerpos de agua eutróficos, situación que es similar en este estudio, puesto que el oxígeno disminuye conforme aumenta la profundidad en el período de estratificación.

El oxígeno disuelto es uno de los parámetros más importantes de los lagos, porque es esencial para el metabolismo de todos los organismos acuáticos que presentan una respiración de tipo aeróbica (Wetzel, 1981) por tanto es un factor limitante para la vida en el agua (Delincé, 1992). La tilapia puede vivir en condiciones ambientales adversas, ya que soporta bajas concentraciones de oxígeno disuelto con valores que van de 1 a 5 mg/l (Anónimo, 1994b), a lo largo del año la presa presentó concentraciones de oxígeno de 0.1 a 10 mg/l, pero en general el oxígeno se presentó en cantidad suficiente para el desarrollo del pez (4

a 5 mg/l) como lo menciona Morales (1991) para el desarrollo de la tilapia de forma adecuada.

Con respecto al pH, éste es el resultado de la interacción de los procesos abióticos y bióticos, es una medida de la acidez, alcalinidad o neutralidad del agua. Tiene una gran importancia en los sistemas acuáticos, pues la mayoría de los organismos están adaptados a un valor medio de pH y soportan muy mal las variaciones bruscas (Boyd, 1982).

El pH en el agua de la presa osciló entre 6.7 y 8.7, pero en general los valores registrados se encuentran entre 7 y 8.5; ésta es una característica de los lagos abiertos (Wetzel, 1981). De acuerdo a los valores de pH las aguas van de neutras a ligeramente alcalinas, lo cual indica la presencia de formas bicarbonatadas (Delincé, 1992).

Los valores más bajos de pH generalmente se registraron en la parte más profunda de la columna, debido a que los desechos orgánicos generalmente se depositan en el fondo del vaso, arrastrados por los afluentes durante la época de lluvia en conjunto con los desechos de las aguas negras vertidas por la población ribereña. Los desechos comienzan su degradación ocasionando una disminución del pH (Wetzel, 1981), en general parece estar regido por la presencia de bicarbonatos y carbonatos.

Arredondo-Figueroa (1986) sugiere que las aguas que presentan un pH entre 6.5 y 9 son las más apropiadas para el desarrollo de los peces. La reproducción y el crecimiento disminuyen en valores inferiores a 6.5 o mayores a 9.5. por debajo de 4 se presenta la muerte ácida y por encima de 11 la muerte alcalina. De acuerdo con Anónimo (1994b), la tilapia se desarrolla adecuadamente en el intervalo de pH de 7 a 8, mientras que Morales (1991) establece que los valores de pH deben oscilar entre 6.5 y 8.5, en la presa el pH no parece ser un limitante para el desarrollo de la tilapia, debido a que los valores registrados en este estudio se encuentran dentro de los intervalos óptimos.

En cuanto a la alcalinidad y dureza, existe una gran relación entre ellas, esto se debe 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 y viceversa. Debido a esto es necesario discutir estos dos parámetros de manera conjunta.

La alcalinidad presentó valores puntuales que oscilaron entre 7.6 y 24.7 mg/l  $\text{CaCO}_3$ , registrándose un aumento de la alcalinidad durante junio, julio y agosto, época en la que la presa tuvo su menor volumen de agua y registra altas temperaturas, esto provoca una concentración de los carbonatos, de acuerdo con Arredondo-Figueroa (1986) valores de alcalinidad menores de 40 mg/l, son característicos de aguas poco productivas; Arredondo-Figueroa y Ponce-Palafox (1998) mencionan que las aguas con una alcalinidad elevada son más productivas, ya que aumentan la disponibilidad de algunos nutrientes; en el mismo sentido, Ponce-Palafox y Arredondo-Figueroa (1986) sugieren que la alcalinidad es un indicador de las variaciones de la productividad primaria y al mismo tiempo de la variación estacional de fitoplancton, ya que la disponibilidad de carbono inorgánico es un factor vital para el metabolismo de los productores primarios, de acuerdo con lo anterior el agua de la presa "Emiliano Zapata" resulta poco adecuada para el desarrollo de la productividad primaria.

Al comparar los valores máximos y mínimos obtenidos con los registrados con Granados (1990) y González y López (1997), existe un decremento de los valores de alcalinidad, como resultado el sistema tiende a disminuir su capacidad amortiguadora a cambios de pH con el transcurso del tiempo.

Los valores de dureza oscilaron entre 332.6 y 563 mg /l, de acuerdo con Arredondo-Figueroa (1986) y Boyd (1979), son aguas extremadamente duras poco propicias para la productividad primaria.

Los valores de dureza registrados en la presa superan ampliamente a los de alcalinidad, así que la dureza es debida a compuestos diferentes a los

carbonatos; por lo tanto, calcio y magnesio se encuentran principalmente asociados a sulfatos y otros aniones (dureza permanente) (Delincé, 1992; Boyd, 1979). La alcalinidad en aguas naturales generalmente se debe a la presencia de carbonatos o bicarbonatos, cuando la dureza es numéricamente más grande que la alcalinidad (carbonato y bicarbonato), esta se puede dividir en "dureza a carbonatos" y "dureza a no carbonatos" (Wheaton, 1982). Así la dureza en la presa se debe principalmente a elementos diferentes a compuestos carbonatados.

En el embalse se presentaron valores de alcalinidad y dureza fuera de los intervalos propuestos por Anónimo (1994b) ya que establece que para el desarrollo de la tilapia, la alcalinidad y la dureza deben oscilar de 14 a 150 mg/l y 100 a 170 mg/l respectivamente.

El agua de la presa presentó valores de conductividad que oscilaron entre 444 y 697  $\mu$ siems/cm; en general la conductividad en los cuerpos de agua dulce varía entre 50 y 1500  $\mu$ siems/cm (Boyd, 1979), en nuestro país oscila entre 20 y 10 000  $\mu$ siems/cm (Arredondo-Figueroa, 1986). Durante la primera mitad del año los valores de conductividad se registraron por encima de 600  $\mu$ siems/cm, mientras que en el resto del año se encontraron por debajo de este valor. Esto provoca que sea difícil clasificarlo de acuerdo con la propuesta de Talling y Talling (1965) (citado en Delincé, 1992), ya que un cuerpo de agua del tipo II se encuentra entre 600 y 6000  $\mu$ siems/cm y uno del tipo I por debajo de 600  $\mu$ siems/cm. González y López (1997) clasifican la presa como un cuerpo de agua del tipo II (conductividad intermedia). Los valores de conductividad no sugirieron ningún patrón definido en su distribución vertical. Los valores altos de conductividad parecen estar asociados con el alto grado de dureza en el sistema, como consecuencia de las altas concentraciones de iones calcio, en la figura 14 se observa que existe una gran relación entre estas, situación que ya ha descrito González y López (1997).

En el sistema los valores de conductividad son más altos de marzo al mes de agosto, época en la que se registra el menor volumen de agua en conjunto a

las mayores temperaturas y a su vez con una mayor tasa de evaporación, generando una concentración de los sólidos que dan origen a la conductividad, mientras que en la época de llenado se provoca una dilución de estos elementos, como resultado descienden los valores de la misma. Por lo cual los valores de conductividad están relacionados con los procesos de llenado y vaciado del embalse, es decir, al aumentar el nivel de la presa disminuye la conductividad y viceversa.

La transparencia del agua se expresa usualmente como la profundidad de visión del disco de Secchi (Margalef, 1983). En la presa se registraron transparencias que oscilaron entre 0.45 m y 1 m, de junio a septiembre se registraron los valores de visibilidad más bajos de 0.37 a 0.57 m, González y López (1997) reportan que durante el mes de julio en el embalse se presenta el mayor número de especies y la mayor densidad fitoplanctónica, por lo cual la transparencia en el embalse esta influenciada por la productividad primaria. En el mismo sentido Margalef (1983) menciona que en aguas turbias o eutróficas, el disco de Secchi deja de verse antes de un metro, según Delincé (1992) cuando hay una buena productividad de fitoplancton la visibilidad oscila entre 0.4 y 0.8 m. En conjunto con el fitoplancton la transparencia en el embalse, esta determinada por las características de absorción de la luz tanto del agua como de la materia disuelta y particulada en ella (Wetzel, 1981; Goldman y Home, 1983) además de los procesos de llenado y vaciado de la presa.

Las máximas transparencias se registraron de octubre a enero, producto principalmente del proceso de llenado de la presa, que provoca una dilución y descenso de la concentración del material suspendido y disuelto (orgánico e inorgánico). Por último la transparencia en el sistema es muy semejante a los propuestos por Anónimo (1994b), Morales (1991) para un desarrollo óptimo de la tilapia ya que se podría suponer que existe una buena productividad primaria en el sistema.

### Relación peso total-longitud total.

Del total de los organismos muestreados el 55% correspondió a machos y el 40.29% a hembras, lo que permitió estimar una proporción anual estimada de 1.4 machos por cada hembra ( $\chi^2$ ;  $p < 0.05$ ). Nikolsky (1963) sugiere que la proporción esperada debe ser de 1:1 (macho:hembra) para la mayoría de las especies; sin embargo, pueden existir diferencias entre poblaciones de la misma especie o bien dentro de una misma población ya que puede variar de un mes a otro, como ocurre en el presente estudio. Ramos-Cruz (1995) menciona que esta diferencia se debe probablemente a que una vez terminada la fertilización de los huevos los machos emigran de las áreas de desove hacia las de alimentación localizadas en las partes más someras del embalse, en donde son capturados mientras que las hembras se vuelven menos vulnerables porque permanecen en las partes más profundas del embalse y con el arte de pesca utilizado, muy probablemente afecte esta proporción.

Por otra parte la relación peso-longitud es una primera aproximación para establecer el comportamiento en el crecimiento de una especie la cual permite establecer el peso como una potencia de la longitud; esto es, la forma del cuerpo como reflejo de los cambios fisiológicos que sufre a través de su vida. Estos cambios se presentan con diferente intensidad en función del sexo, del hábitat o de la época del año (Jiménez, 1999).

Para la población total de *Oreochromis niloticus* se obtuvo un valor de la pendiente de 2.9545. Estadísticamente la prueba (t-student;  $p < 0.05$ ) mostró que la pendiente no es diferente de tres, es decir, presenta un crecimiento isométrico, lo que significa que los peces crecen en la misma proporción en peso y en longitud. Para machos se presentó una situación semejante, ya que el valor de la pendiente 2.978 no es diferente de 3 (t-student  $p < 0.05$ ) y al igual que la población total, los machos un crecimiento isométrico. Por otro lado las hembras presentan un

crecimiento alométrico negativo, es decir, crecen en mayor proporción en longitud que en peso, el valor de la pendiente (2.899) fue estadísticamente diferente a 3 (t-student;  $p < 0.05$ ).

Como ya se había mencionado el tipo de crecimiento para los la población total y los machos de la presa es isométrico de forma anual, sin embargo, los estudios realizados en distintas especies y ambientes muestran que el valor de la pendiente, en condiciones naturales, oscila entre 2.5 y 4 (Granado, 1996). El análisis de la relación peso-longitud a nivel mensual (tabla 5) permitió detectar que el crecimiento es alométrico negativo (crece más en longitud que en peso), sobre todo durante los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre, estas variaciones a lo largo del año son producto de los períodos de reproducción y las variaciones del medio dependiendo de la época del año, por lo cual se puede mencionar que el crecimiento de los organismos tiende a la isometría, además de que las hembras presentan un crecimiento alométrico negativo. El crecimiento alométrico para la tilapia, *Oreochromis niloticus*, ha sido reportado en diferentes estudios; Garduño y Avelar (1996) en la laguna de Coatetelco, Morelos; Flores (1994) en estanques de concreto en la Ciudad de México, reportan un crecimiento alométrico negativo. En la misma especie Santiago y Jardon (1997) en la presa Cerro del Oro, Oaxaca, reportan un crecimiento alométrico positivo (el crecimiento es mayor en proporción peso que en longitud), en *Oreochromis aureus* de la presa El Infiernillo, Michoacán, Palacios (1995) reporta un crecimiento alométrico negativo.

Como se ha descrito arriba la mayoría de los estudios reportan un crecimiento alométrico, esto se explica por el hecho de que a partir del momento en que se inicia el desarrollo de los órganos sexuales los individuos destinan un mayor gasto energético a los productos sexuales, disminuyendo la elaboración de material para el crecimiento.

El tipo de crecimiento isométrico para *Oreochromis niloticus* es reportado por Cordova (1994) en peceras bajo condiciones controladas de densidad, temperatura y alimento, entre 1 y 4 meses de edad, menciona que en bajas

densidades de organismos por área en peceras con machos y hembras, separados, presentan un tipo de crecimiento con tendencia a la isometría. Alejo *et al.* (1989) en peceras con condiciones controladas obtienen para individuos juveniles de *Oreochromis mossambicus*, un crecimiento isométrico, lo atribuyen a que en estos peces no hay desarrollo de los órganos sexuales y este crecimiento se pierde al comenzar el período de reproducción. Por lo cual el crecimiento isométrico se puede dar en estados juveniles o en condiciones óptimas en donde el gasto de energía para los productos sexuales sea compensado.

Asimismo, el efecto del sexo sobre la relación peso-longitud es nulo en lo que se refiere al crecimiento, dado que no existió diferencia estadísticamente significativa entre sexos (ANDECOVA  $p < 0.05$ ), una situación similar reportan Garduño y Avelar (1996) en la población de *Oreochromis niloticus* de la laguna "El Rodeo", Morelos. Guzmán (1994) reporta la misma situación para *Oreochromis aureus* en la presa "El Infiernillo", Michoacán. A pesar de que no hay diferencias estadísticamente significativas entre sexos, existe un dimorfismo sexual, que se traduce en cambios a lo largo de la vida de los peces que requieren ser estudiados.

#### **Determinación de la edad.**

Los métodos directos para determinar la edad están relacionados con la observación directa de las discontinuidades del crecimiento en estructuras esqueléticas (Ehrhardt, 1981). La interpretación de la edad y crecimiento a partir de cualquier estructura ósea en peces esta basada en la suposición de que las marcas periódicas son formadas a una frecuencia constante y la distancia entre las marcas de crecimiento (anillos) son proporcionales al crecimiento del pez (Campana y Neilson, 1985).

Las escamas, otolitos, opérculos y vértebras son las estructuras más comúnmente usadas. En nuestro caso se utilizaron escamas, debido a su fácil obtención, relativa transparencia, además de que estas estructuras sufren daños

mínimos provocados por la actividad del pez (Deelder y Willernse, 1973; Moyle, 1988).

En la evaluación del crecimiento a través de métodos directos fue evidente una gran dispersión en el tamaño del radio de las escamas correspondientes a una longitud determinada, que puede ser ocasionada por la presencia de organismos que se han desarrollado rápidamente y por lo tanto alcanzan más talla; sin embargo, el desarrollo de las escamas ha sido lento acorde a su edad, por lo que estas son pequeñas.

La lectura de los anillos ó marcas de crecimiento en las escamas, se realizó por medio del proyector de perfiles Nikon V 10. Para asegurar una lectura adecuada de los anillos de crecimiento, esta se realizó por tres personas diferentes, por lo que de forma concensada se registraron los anillos de crecimiento (Granado, 1996).

El ANDECOVA ( $p < 0.05$ ) por sexos para la relación radio de la escama y longitud total, mostró que entre machos y hembras hay diferencias significativas, por lo cual y como ya se había mencionado antes, el análisis se realizó por sexos.

La relación entre la longitud del pez y radio total de la escama fue lineal, pero con un intercepto diferente al origen, para la población, machos y hembras, lo cual muestra que esta relación no es directamente proporcional debido a que estas estructuras no se desarrollan desde el inicio de la vida del pez, el valor intercepto indica que las escamas se forman después del nacimiento del pez. Puesto que el intercepto es diferente de cero, para realizar el cálculo de las longitudes correspondientes a cada marca de crecimiento medida en la escama se utilizó la modificación de la fórmula de proporcionalidad directa en la que el intercepto corresponde de acuerdo a Rosa Lee a la longitud del pez al tiempo de la parición de la escama (Gómez, 1994).

La lectura de las escamas para *Oreochromis niloticus* de la presa "Emiliano Zapata", mostró cinco anillos de crecimiento, lo que es equivalente a cinco edades, tanto para la población total como para machos y hembras. Las longitudes totales promedio calculadas para cada grupo resultaron ser muy

semejantes. El grupo mejor representado corresponde a individuos de edad III, lo cual indica que de la captura comercial se obtienen en su gran mayoría individuos entre 14 a 23 cm, producto de la selectividad del arte de pesca.

Se presentaron dificultades para distinguir los anillos correspondientes a las edades I y II en peces adultos, resultado de la acumulación de material carbonatado puesto que conforme crece el pez se tienden a sobreponer las marcas hasta que las primeras desaparecen (Jiménez, 1999). El diagrama de cajas corrobora esta situación ya que entre las cajas correspondientes a las edades I y II, existe un traslape de las muescas lo que permitió suponer que no existen diferencias estadísticamente significativas entre estos dos grupos. Estadísticamente el análisis de varianza ( $p < 0.05$ ) seguido de la prueba de rangos múltiples (Duncan) ratificó esta situación, mientras que para las tres edades restantes sí hay diferencias estadísticamente significativas y no existe traslape de las muescas por lo cual se pueden considerar como grupos de edad bien definidos. Así los grupos uno I y II podrían pertenecer a un grupo de edad, sin embargo, es probable que por la selectividad del arte de pesca se estén capturando los organismos más grandes correspondientes a la edad I.

Para las edades I y V, se presentaron cajas muy alargadas debido a que estas presentan datos muy alejados de la mediana, en estas mismas cajas existe dobleces en cada una de ellas de la variación de la lectura de los anillos de crecimiento con respecto a la longitud retrocalculada.

A través de la lectura de escamas de *Oreochromis niloticus*, Santiago y Jardon (1997) en la presa "Cerro de Oro", Oaxaca, reportan 8 edades comprendidas entre las longitudes patrón de 19.3 a 20.2 cm. capturados con una red de luz de malla de 5 pulgadas. Garduño y Avelar (1996) en escamas de *Oreochromis niloticus*. en el lago de "Coatetelco" Morelos; encuentran 5 edades con longitudes patrón de 9 a 16.5 cm capturados con una red de luz de malla de 2.5 pulgadas.

Para *Oreochromis aureus* Jiménez (1999), reporta en la presa "El Infiernillo" Michoacán, 8 grupos de edad comprendidos entre las longitudes patrón de 5.2 a

---

24.9 cm. con peces obtenidos a través de chinchorro. Guzmán (1994) en el mismo embalse registra 6 edades entre las longitudes patrón de 14 a 24 cm producto de la captura comercial con red agallera de 3.25 pulgadas.

La diferencia entre este estudio y los anteriores se debe a la selectividad del arte de pesca, ya que al aumentar el tamaño de la luz de malla aumenta la longitud de los peces y al mismo tiempo podría aumentar el número de edades reportadas, aunque las edades dependen de las condiciones en que se desarrolla el pez y no necesariamente al aumentar la longitud aumenta la edad en peces de la misma y otras especies en condiciones diferentes.

Guarduño y Avelar (1996) reportan 5 edades, situación muy semejante a este estudio, además se emplea una luz de malla igual aunque con arte de pesca diferente.

La formación de los anillos de crecimiento es el producto de fenómenos de reabsorción producido en el margen de la escama, causado generalmente por eventos tales como la reproducción (Weatherley y Gill, 1989), factores genéticos, la frecuencia de alimentación, la temperatura, (Campana y Neilson, 1985) y en general como respuesta a cambios de los factores ambientales.

En la presa las condiciones del medio a lo largo del año no tienen cambios bruscos, ya que la temperatura y la concentración del oxígeno disuelto, se mantienen en concentraciones adecuadas para el desarrollo de los peces, el alimento tampoco parece ser un factor limitante para el crecimiento y formación de los anillos, puesto que la tilapia es un pez omnívoro. Por lo tanto, el proceso de reproducción parece ser la causa principal a la que obedece la formación de los anillos.

La técnica de determinación de la edad basada en estructuras duras es de uso generalizado en el estudio de las poblaciones de peces; sin embargo, no siempre se evalúa su funcionalidad en términos de exactitud y precisión, considerando que la precisión es determinada por la reproductibilidad de las lecturas y la exactitud mediante la validación del método (Beamish y McFarlane, 1983). Algunos de los métodos que se utilizan para validar la edad son las marcas

en el borde de la estructura, marcaje y recaptura, exposición a sustancias como la tetraciclina que se deposita en las marcas de crecimiento, cultivo de peces en estanques o acuarios, incrementos diarios en otolitos (Bagenal y Tesch, 1978; Morales-Nin, 1992) o bien el incremento marginal en estructuras óseas (Aguayo y Gill, 1984).

Para el presente estudio se utilizó el Índice de incremento marginal, para validar el método de determinación de la edad. Se encontraron dos períodos de depositación de anillos de crecimiento, en junio principalmente para machos y en diciembre para hembras con lo cual se puede suponer que la formación de anillos es cada seis meses. Sin embargo el análisis de la depositación del anillo en el borde de la escama, mostró que el porcentaje más alto de organismos con anillo en el borde se presenta en el mes de marzo (97%) después se presenta un decremento hasta agosto (60%) donde hay un incremento y otro más en diciembre (54.1%), estos dos últimos concuerdan con lo obtenido a través del Índice de crecimiento marginal, por lo cual se puede asumir que la formación de marcas de crecimiento ocurre dos veces al año, durante julio-agosto y diciembre, que coincide con las épocas de reproducción (Ramírez-Noguera, com. pers., 2000), este comportamiento se explica si se considera que durante la época reproductiva, el crecimiento somático de los organismos es muy bajo, por lo que la mayor parte del gasto energético es destinado a los productos sexuales (Ramos-Cruz, 1995).

Por lo tanto, la formación de marcas en las escamas de los peces maduros puede estar asociada con detención en el crecimiento del individuo por razones reproductivas. Sin embargo, también se tiene que tomar en cuenta que durante el período de sequía disminuye el nivel del embalse de forma considerable, existe también un incremento de temperatura por encima de 30°C, concentración de los materiales suspendidos, aumento de la productividad, aunque si bien el análisis de los parámetros físicos y químicos, mostró que el medio, es propicio para el desarrollo de la tilapia, las condiciones antes mencionadas pueden originar cierto estrés que pudiera influir en la formación de las marcas de crecimiento.

En los diferentes estudios la formación de los anillos de crecimiento es producto principalmente de los eventos reproductivos, tal como se muestra a continuación, para *Oreochromis niloticus* Garduño y Avelar (1996) en el lago de "Coatetelco", Morelos, señalan que la formación de los anillos de crecimiento en escamas obedece a eventos reproductivos y esta depositación ocurre cada seis meses. Santiago y Jardon (1997) en la presa "Cerro de Oro", Oaxaca, mencionan que la formación de anillos ocurre dos veces al año la cual la atribuyen a los periodos de reproducción. Para ambos estudios el método de validación utilizado fue la depositación de anillo en el borde.

Para *Oreochromis aureus* Jiménez (1999) en la presa "El Infiernillo", Michoacán, reporta que la formación de anillos es cada tres meses y al igual que Guzmán (1994) en el mismo embalse, atribuyen la formación de los anillos a eventos reproductivos.

Por otra parte se puede suponer que la edad I corresponde al primer evento reproductivo de los peces, así la formación de los anillos de crecimiento ocurre cada seis meses, por lo cual los peces capturados a partir de la pesca comercial tiene en su gran mayoría año y medio (organismos de edad III), por lo que se puede suponer que por lo menos ya se han reproducido en dos ocasiones, mientras que los más viejos de dos años y medio se han reproducido en cinco ocasiones.

#### **Crecimiento en peso total y longitud total.**

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

Generalmente los estudios de crecimiento se realizan mediante el análisis de la correlación que se presenta entre la edad y la longitud de los organismos, procedimiento que supone que todos los individuos de una población tienen la misma tasa de crecimiento a través del tiempo (Ehrhardt, 1981).

En el presente estudio, los valores de las constantes de modelo de crecimiento de von Bertalanffy mostraron que los machos crecerán más en longitud total ( $L_{\infty} = 56.5623$ ) que las hembras ( $L_{\infty} = 21.1572$ ), mientras que en peso los machos alcanzarán un  $P_{\infty} = 2972.5437$  y las hembras  $P_{\infty} = 156.8966$ ), aunque de acuerdo con Mainardes-Pinto *et al.*, (1988) en *Oreochromis niloticus* el crecimiento es más rápido y mayor en machos (de ahí la importancia que tiene este grupo en los cultivos controlados), esta diferencia es muy grande tratándose de la misma población, además de acuerdo con Pauly (1984) el valor de  $L_{\infty}$  se encuentra muy cerca de los valores máximos encontrados en los peces muestreados (25.5 cm), sin embargo, en el presente estudio esta situación no se cumple.

Por otra parte, la tasa de crecimiento ( $k$ ) es diferente para cada grupo analizado; la población total (0.1395), machos (0.0487) y hembras (0.2918), es decir, aparentemente los machos se desarrollaran en con mayor lentitud en relación con los otros dos grupos, pero alcanzarán un mayor crecimiento tanto en peso como en longitud. Por lo cual aparentemente el muestreo realizado de la captura comercial no permite realizar una buena estimación del modelo de crecimiento ya que los grupos correspondientes a las primeras edades no se encuentran bien representados. Además hay que recordar que tampoco fue posible utilizar el método de Bhattacharya, debido a que no existió el suficiente número de modas necesarias para llevar a cabo el análisis por el procedimiento de distribución de frecuencias de tallas.

Es necesario señalar que si no se utilizara para el calculo de las constantes de crecimiento, la edad promedio I en machos y la edad V en hembras, se pueden obtener resultados más razonables en referencia a los datos observados en

campo y a las constantes calculadas para la población total. Los valores de  $L_{\infty}$  para machos y hembras serían 29.7872 y 27.0615, mientras que las tasas de crecimiento serían 0.1353 y 0.1207; en apariencia el crecimiento sería más semejante entre estos grupos.

Esto sólo se podría realizar al suponer que en las hembras la red captura a los organismos más grandes de la edad I, lo que provoca que no exista una distancia razonable entre el anillo uno y el dos y de esta forma no hay una diferencia clara entre la edad I y II por lo cual sería necesario eliminar la edad I, pues no se encuentra bien representada. Mientras que en machos no se utilizaría la edad V, ya que como se sabe en peces adultos es difícil distinguir los anillos de crecimiento por que su crecimiento es más lento, por lo cual se este pasando por alto alguno de los anillos de crecimiento. Pero, en general todo esta enfocado a la selectividad del arte de pesca.

De acuerdo con Weatherley y Gill (1989), es necesario utilizar métodos que ayuden a confirmar las determinaciones de edad provenientes de las interpretaciones de estructuras calcificadas. Entre estos se encuentra el procedimiento de Bhattacharya el cual se encuentra dentro de nuestros objetivos; no obstante, no se pudo aplicar este método a pesar del uso de los estimadores de densidad por Kernel que proporcionaron intervalos de clase pequeños, las frecuencias de clase no estuvieron bien representadas, que es un requerimiento mínimo para la aplicación del método (Gallardo-Cabello, 1986). Por lo tanto se recurrió al análisis de frecuencia de Wetherall (1986) que proporcionó un valor de  $L_{\infty}$  de 24.9 cm para la población total, en comparación con el método de las estructuras óseas cuyo valor de  $L_{\infty}$  fue 28.83 cm; así, estos métodos parecen ser adecuados para el calculo de valor de la longitud infinita esperada.

Las estimaciones de los parámetros de crecimiento para *Oreochromis niloticus* en otros estudios muestran diversos valores: Graduño y Avelar (1996), en el lago de Coatetelco, Morelos, reportan valores de la tasa de crecimiento para la población (0.0560), hembras (0.0683) y machos (0.0736) con longitudes patrón infinitas de 24.4, 21.1 y 21.34 cm, respectivamente; lo cual significa que estos

peces crecieron de forma semejante a nuestra población, pero en un mayor tiempo, debido a que las tasas crecimiento son más bajas. Santiago y Jardon en la presa "Cerro de Oro", en Oaxaca, reportan un valor de  $k = 0.1497$  para la población total muy semejante al registrado en el presente estudio para la población total, aun así estos peces alcanzaron una mayor longitud infinita (42.02 cm).

Por otra parte Flores (1994) quien trabajo en estanques de concreto en la ciudad de México con *Oreochromis niloticus*, reporta valores de  $k$  igual a 0.2038 y 0.2139, con valores de longitud patrón infinita de 20.17 y 17.5 cm, cuando se lleva a cabo el cultivo bajo condiciones de fertilización química y orgánica respectivamente durante seis meses de estudio.

En general al comparar los diferentes estudios, se percibe que existe variación en los parámetros de crecimiento de los peces de un lugar a otro, dependiendo de las condiciones naturales o controladas que en el caso de las primeras, la presión por pesca a la que son sometidos los organismos en conjunto con las condiciones climáticas de cada sitio provoca variación de los parámetros de crecimiento. Así, aunque nuestros peces parecen estar en condiciones adecuadas para un buen desarrollo, estos no alcanzarán grandes tallas en relación con peces de la misma especie en otras condiciones; sin embargo, al aumentar tamaño de luz de malla en una puigada más se podrán obtener organismos más grandes y de mayor valor comercial apoyado por lo que menciona Ramos-Cruz (1995), además se estará permitiendo un mayor número de eventos reproductivos por cada organismo, lo que se traducirá en un incremento de la población y disminuir la dependencia de los repoblamiento que se realizan por parte de la SEMARNAP (hoy SAGRAP).

---

## CONCLUSIONES

La presa "Emiliano Zapata" es un embalse artificial que se comporta básicamente como un lago influenciado por los procesos de llenado y vaciado de la presa.

El cuerpo de agua se clasificó como monomíctico cálido, con un periodo de mezcla y otro de estratificación. De acuerdo con los valores de conductividad no se pudo realizar una clasificación entre cuerpo de agua de la clase I y II.

Los parámetros analizados indican que el agua de la presa es adecuada para el desarrollo de la tilapia.

La proporción sexual en la población de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) de la presa "Emiliano Zapata" es de 1.4:1 (macho:hembra).

El crecimiento de la tilapia tanto para la población total y machos tiende a la isometría. Las hembras presentan un crecimiento alométrico y no se encontraron diferencias significativas entre sexos.

Con el método de depositación de marcas en las escamas se detectaron 5 anillos para *Oreochromis niloticus* de la presa.

La depositación de las marcas o anillos de crecimiento ocurre dos veces al año. Estas coinciden con las principales épocas de reproducción, por lo que se podría decir que la formación de las marcas de crecimiento es resultado de los eventos reproductivos en mayor medida.

El crecimiento obtenido por el método de Wetherall subestima el valor de  $L_{\infty}$  en relación con el método de estructuras óseas.

El crecimiento en peso total y longitud total es mayor en machos que en hembras, pero no es estadísticamente significativo, en cuanto a las longitudes promedio calculadas para las edades reportadas.

El tipo de muestreo (captura comercial) no permite realizar un cálculo adecuado de las constantes del modelo de crecimiento de von Bertalanffy, ya que los valores obtenidos para cada sexo se encuentran por encima de los máximos reportados en campo, no así para toda la población por lo cual no se considera que no se encuentran bien representadas todas las edades para cada sexo.

## LITERATURA CITADA

- Aguayo, M. H. y R. V. Gili (1984). Edad y crecimiento de la merluza de cola (*Macrurus magallanicus*). Inves. Pesq. 31: 47-57.
- Alejo, P. M.C., M. M. Laguna y T. P. Ramírez. (1989). Estudio de algunos aspectos biológicos de *Oreochromis mossambicus* (Osteichthyes: Cichlidae), en la laguna "El Rodeo" Estado de Morelos. Tesis de Licenciatura. ENEP Zaragoza, UNAM. 130 p.
- Anónimo. (1981). Síntesis geográfica del Estado de Morelos. INEGI. S. S. P. México. 110 p.
- Anónimo. (1990). Situación actual y perspectivas de las pesquerías derivadas de la acuicultura. SEPESCA. México. 78 p.
- Anónimo. (1994a). Desarrollo científico y tecnológico del banco del genoma de la tilapia. SEPESCA-UAM. México. 98 p.
- Anónimo. (1994b). Piscicultura rural. Unidad de Comunicación social de la Secretaría de Pesca. SEPESCA. 25 p.
- Anónimo. (2000a). Carta Nacional Pesquera. SEMARNAP. Diario Oficial de la Federación. Tomo DLXIII. No 20. 128 p.
- Anónimo. (2000b). Anuario Estadístico de Pesca 1999. Dirección General de Política y Fomento Pesquero. SEMARNAP. México. 271 p.
- APHA-AWWA-WPCF. (1980). Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. 17a ed. Ediciones Díaz de Santos. Madrid, España. 221 p.
- Arredondo-Figueroa, J. L. (1986). Piscicultura. Breve descripción de los criterios y técnicas para el manejo de la calidad del agua en estanques de piscicultura intensiva. Secretaría de Pesca. Dirección General de Acuicultura. 182 p.
- Arredondo-Figueroa, J. L. y A. M. Guzmán-Arroyo. (1986). Actual situación taxonómica de las especies de la tribu Tilapiini (Pisces: Cichlidae) introducidas en México. An. Inst. Biol. Univ. Nat. Autón. Mex. Serie Zool. 56 (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. Vol. 3-4: 1-10.
- Arredondo-Figueroa, J. L. y J. T. Ponce-Palafox. (1998). Calidad del agua en acuicultura. Conceptos y aplicaciones. AGT Editor. México. 222 p.

- Bagenal, T. B. y H. W. Tesch. (1978). Age and growth. In: Ricker, W. E. (Ed.). *Methodos for assesment of fish production in freshwaters*. 3 ed. Blackwell Scientific Publications. L. D. Oxford. p 101-136.
- Basurto, M. (1984). Estudio preliminar al conocimiento biológico y pesquero de la *Tilapia nilotica* (Linneo) en la Laguna de Chila, Veracruz. Tesis Profesional. Universidad del Noreste. Tampico, Tam. 50 p.
- Beamish, R. J. y G. A. McFarlane. (1983). The forgotten requirement for age validation in fisheries biology. *Transctions of the American Fisheries Society*. 112 (6): 735-743.
- Bhattacharya, C. G. (1967). A simple method of resolution of a distribution with Gaussian components. *Biometrics*. 23: 115-135.
- Booth, J. A. y G. S. Merron. (1996). The age and growth of greenhead tilapia *Oreochromis macrochir* (Pisces: Cichlidae) From the Okavango Delta, Botswana. *Hydrobiologia*. 321(1): 29-34.
- Boyd, C. E. (1979). *Water Quality in Warnwater Fish Ponds*. Auburn Universiy. Auburn Alabama. USA. 345 p.
- Boyd, C. E. (1982). *Water Quality Management For Ponds Fish Culture*. Elsevier Scientific Publishin Co. New York. USA. 318 p.
- Cabrera-Mancilla, E. y E.Torres-Díaz. (1995). Evaluación de la producción y engorda de híbridos de tilapia (*Oreochromis urolepis hornorum* X *Oreochromis mossambicus*) como especie comercial en el Estado de Morelos, México. Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza, UNAM. 76 p.
- Campana S. E. y J. D. Neilson. (1985). Microstructure of otoliths. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 42: 1014-1032.
- Contreras-MacBeath, T. (1995). Ecosistemas acuáticos de Estado de Morelos. *Ciencia y Desarrollo*. 20(122): 42-51.
- Cordova, C. A. (1994). Influencia de la intensidad y fotoperíodo con diferentes temperaturas en el crecimiento de la tilapia del nilo (*Oreochromis niloticus*) en condiciones controladas del laboratorio. Tesis de Licenciatura. F.E.S Zaragoza, UNAM. 71 p.
- Csirke, B. J. (1980). *Introducción a la dinámica de poblaciones de peces*. FAO. Roma Italia. 192. 82 p.
- Cubillos, L. S. y C. M. Araya. (1997). Retrocálculo del peso promedio a la edad: ¿Es necesario?. *Biología Pesquera*. 26: 49-59.
- Curts, J. B. (1984). *Introducción al análisis de residuos en Biología*. Blótica. 9(3): 271-278.

- Daniel, W. W. (1997). *Biostatística. Base para el análisis de las ciencias de la salud*. 3ª ed. Limusa. México. 878 p.
- Delincé, G. (1992). *The ecology of the fish pond ecosystem*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht. Netherlands. 230 p.
- Deelder, C. L. y J. J. Willemse. (1973). Age determination in fresh-water teleosts, based on annular structures in fin-rays. *Aquaculture*. 1: 365-371.
- Ehrhardt, N. (1981). *Curso sobre métodos de evaluación de recursos y dinámica de poblaciones. Tercera parte. Parámetros Poblaciones*. FAO-CICIMAR. 134 p.
- Everhart, W. H. y W. D. Youngs. (1981). *Principles of fishery science. Second Edition*. Cornell University Press: 61-87.
- Flores, M. O. (1994). *Crecimiento de Oreochromis niloticus en estanques con diferente fertilización en un clima templado*. Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza, UNAM. 80 p.
- Flores-Maldonado, O., J. L. Guzmán-Santiago, I. H. Salgado-Ugarte, B. Peña-Mendoza y J. L. Gómez-Márquez. (2000). Algunos aspectos tróficos de *Oreochromis niloticus* (Peter, 1757) en la presa Emiliano Zapata, Morelos, México. *Memorias del VII Congreso Nacional de Ictiología*. UNAM. México. D. F: 343-345.
- Gallardo-Cabello, M. (1986). Análisis de las frecuencias de tallas por medio de los métodos de Petersen, Cassie y Bhattacharya, para la determinación de la edad de la Brótola *Phycis blennoides* (Brunnich, 1768) en el Mediterráneo Occidental (Pisces: Gadidae). *An. Inst. Cienc. del Mar y limnol. Univ. Nal. Auton. México*. 13(2): 187-796.
- García, E. (1973). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones climáticas de la República Mexicana)*. 2ª ed. UNAM. México. 246 p.
- Garduño, P. M., J. A. Esquivel y J. L. M. Gómez. (1993). *Obtención del crecimiento a través del método de Bhattacharya y de estructuras duras*. *Memorias del XII Congreso Nacional de Zoología*. UANL. 79 p.
- Garduño, P. M. y E. J. Avelar. (1996). *Edad y crecimiento de la mojarra (Oreochromis niloticus) en la laguna de Coatetelco, Morelos*. Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza, UNAM. 71 p.
- Gayaniño, F. C. Jr., M. Soriano y D. Pauly. (1989). *A draft Guide to the Compleat ELEFAN. ICLARM Software 2,67*. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines. 68 p.

- Gómez, M. J. L. (1994). Métodos para determinar la edad de los organismos acuáticos. FES Zaragoza, UNAM. D.F. México. 99 p.
- Gómez-Márquez, J. L., J. L. Guzmán-Santiago y A. Olvera-Soto. (1999). Reproducción y crecimiento de *Heterandria bimaculata* (Cyprinodontiformes: Poeciliidae) en la laguna "El Rodeo", Morelos, México. Rev. Biol. Trop. 47(3): 581-592.
- Goldman, R. C. y J. A. Horne. (1983). Limnology. McGraw-Hill. New York. USA. 464 p.
- González, R. J. M. y G. A. López. (1997). Aspectos hidrobiológicos de la presa "Emiliano Zapata", Morelos, México. Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza, UNAM. 82 p.
- Granado, L. C. (1996). Ecología de peces. Secretariado de Publicaciones Universidad de Sevilla. España. 353 p.
- Granados, R. J. (1990). El comportamiento del zooplancton en tres ambientes acuáticos epicontinentales del Estado de Morelos, México. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias, UNAM. 42 p.
- Guzmán, U. A. (1994). Parámetros biológicos de la tilapia (*Oreochromis aureus* Steindachner, 1864) de la presa Adolfo López Mateos "El Infiernillo", Michoacán-Guerrero, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. 33 p.
- 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.
- Hutchinson, E. G. (1957). A treatise on limnology. Wiley-Interscience. New York. USA. 1015 p.
- Jiménez, B. M. L. (1993). Informe de avance de investigación del proyecto: Análisis de la pesquería de la Tilapia en Infiernillo. Doc. Interno del INP. CRIP-Pátzcuaro. 40 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. 217 p.
- King, M. (1998). Fisheries biology, assessment and mangement. Fishing News Books. Great Britain. 341 p.
- Lewis, W. M. Jr. (1983). A revised classification of lakes based on mixing. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 40(10): 1779-1787.

- Mainardes-Pinto, C. S. R., P. D. Paiva, D. M. Antoniutti y J. R. Verani. (1988). Influência da ração balanceada no crescimento de machos de *Oreochromis niloticus* em tanques adubados. B. Inst. Pesca. 15(1): 25-30.
- Margalef, F. (1983). Limnología. Omega. Barcelona España. 1010 p.
- Marques, M. J. (1991). Probabilidad y Estadística. Edit. McGraw-Hill. D. F. México. 657 p.
- Melo, Y. C. (1984). Age studies on anchovy *Engraulis capensis* Gilchrist off south west Africa. S.Afri. J. Mar. Sci. 2: 19-31.
- Minitab Inc. (1995). Minitab for Windows. Release 10.5 Xtra. Enterprice Drive, State College, USA.
- Morales, D. A. (1991). La tilapia en México. Biología, cultivo y pesquerías. AGT. México. 185 p.
- Morales-Nin, D. (1992). Determination of growth in bony fishes from otolith microstructure. FAO Fisheries Technical Paper. (322) 51 p.
- Moyle, B. P. (1988). Fishes: An Introduction to Ichthyology. 2ª. Edit. Prentice Hall. New Jersey. U.S.A. 555 p.
- Nikolsky, G. V. (1963). The ecology of fishes. Academic Press. New York. 352 p.
- Ortega, M. S. (1997). Análisis microbiológico en la presa Emiliano Zapata. Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza, UNAM. 61 p.
- Palacios, S. S. (1995). Estudio biológico pesquero de la tilapia *Oreochromis aureus* (Steindachner, 1964) en la presa Adolfo López Mateos (El Infiernillo), Michoacán-Guerrero, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. 81 p.
- Pauly, D. (1984). Fishes Population Dynamics in Tropical Waters. A Manual for use with Programmable Calculators. Ed. ICLARM. Manila Filipinas. 325 p.
- Ponce-Palafox, J. T. y J. L. Arredondo-Figueroa. (1986). Aporte al conocimiento limnológico de un embalse temporal tropical, por medio de la aplicación de modelos multivariados. An. Inst. Cienc. Del Mar y Limnol. Univ. Autón. México. 13(2): 47-66.
- Ramos-Cruz, S. (1995). Reproducción y Crecimiento de la mojarra tilapia (*Oreochromis aureus*), en la presa Benito Juárez Oaxaca, México, en 1993. Ciencia Pesquera. INP-SEMARNAP. 11: 54-61.
- Ruiz-Durá, M. F., Y. Orijel-Arenas y G. Rodríguez-Hernández. (1970). Líneas de crecimiento en escamas de algunos peces de México. Inst. Nal. de Invest. Biol. Pesq. Serie Investigación Pesquera, Estudio 2. México. 100 p.

- Ricker, W. E. (1975). Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Department of the environment fisheries and marine service. Bull. Fish. Res. Board. Can. 191: 382 p.
- Rijnsdorp, A. D. y F. Storbeck. (1991). A method to determine the onset of sexual maturity from back-calculated growth curves from otoliths of individual female north sea plaice, *Pleuronectes platessa* L. ICES C.M 1991/G: 48.
- Salgado-Ugarte, I. H. (1992). El análisis exploratorio de datos biológicos. Fundamentos y Aplicaciones. Marc Ediciones y UNAM. 243 p.
- Salgado-Ugarte, I. H., M. Shimizu y T. Taniuchi. (1993). Exploring the shape of univariate data using kernel density estimators. Snp 6. Stata Technical Bulletin. 16: 8-19.
- Salgado-Ugarte, I. H., M. Shimizu y T. Taniuchi. (1994). Semi-graphical determination of Gaussian components in mixed distributions. sg23. Stata Technical Bulletin. 18: 15-27.
- Salgado-Ugarte, I. H., M. Shimizu y T. Taniuchi. (1995a). ASH, WARPing, and kernel density estimation for univariate data. snp 6.1: Stata Technical Bulletin 26: 23-31.
- Salgado-Ugarte, I. H., M. Shimizu y T. Taniuchi. (1995b). Practical rules for bandwidth selection in univariate density estimation. snp 6.2. Stata Technical Bulletin 27: 23-31.
- Salgado-Ugarte, I. H., M. Shimizu y T. Taniuchi. (1997). Nonparametric assessment of multimodality for univariate data. snp 13: Stata Technical Bulletin 38: 27-35.
- 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.
- Santiago, L. M. C. y O. J. Jardon. (1997). Determinación de la edad, crecimiento y hábitos alimenticios de 4 especies de ciclidos de importancia pesquera en la presa "Cerro de Oro", Tuxtepec, Oaxaca. Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza, UNAM. 66 p.
- Sokal, R. R. y F. J. Rohlf. (1981). Biometry. W. Freeman and Co Publ. San Francisco. 776 p.
- StataCorp. (1999). Stata Statistical Software: Release 6.0. College Station, TX: Stata Corporation.
- Tanaka, K., Y. Mujilla y J. Yamada. (1981). Effects of photoperiod and feeding on daily growth patterns in otoliths of juvenile *Tilapia nilotica*. Fishery Bulletin. 79(3): 459-466.

- Vera-Herrera, F. R., J. L. Rojas-Galaviz y M. Guzmán-Arroyo. (1981). Estudio hidrológico de la presa Vicente Guerrero, Gro. (1976/1977). I. Morfometría, temperatura del agua y oxígeno disuelto. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Autón. México. 8(1): 159-174.
- Weatherley, A. H. y H. S. Gill. (1989). The biology of fish growth. Academic Press. London. 443 p.
- Wetherall, A. J. (1986). A new method for estimating growth and mortality parameters from length-frequency data. Fishbyte. 4(1): 12-14.
- Wetzel, G. R. (1981). Limnología. Omega. Barcelona España. 679 p.
- Wheaton, W. F. (1982). Acuicultura. 1ª ed. AGT. México. D. F. 704 p.
- Woodbury, D. y S. Ralston. (1991). Interannual variation in growth rates and back-calculates birthdate distributions of pelagic juvenile rockfishes (*Sebastes spp*) of central California Coast, Fish. Bull. U.S. 89: 523-533.
- Zhang, Z. y N. W. Runham. (1992a). Effects of food ration and temperature level on the growth of *Oreochromis niloticus* (L.) and their otoliths. Journal of Fish Biology. 40(3): 341-349.
- Zhang, Z. y N. W. Runham. (1992b). Temporal deposition of incremental and discontinuous zones in the otoliths of *Oreochromis niloticus* (L.). Journal of Fish Biology. 40(3): 333-339.
- Zhang, Z. y N. W. Runham. (1992c). Otolith microstructure pattern in *Oreochromis niloticus* (L.). Journal of Fish Biology. 40(3): 325-332.

## ANEXO

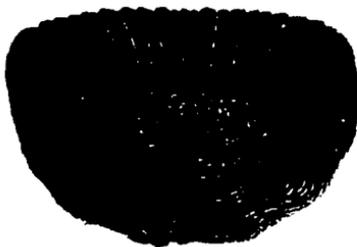


Figura 36. Escama de *Oreochromis niloticus* con el foco regenerado.

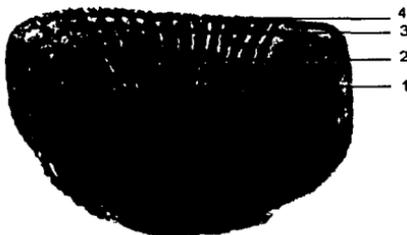


Figura 37. Marcas de crecimiento presentes en escamas de *Oreochromis niloticus*, escama con cuatro marcas de crecimiento.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

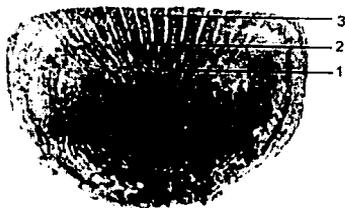


Figura 38. Marcas de crecimiento presentes en escamas de *Oreochromis niloticus*, escama con tres marcas de crecimiento.

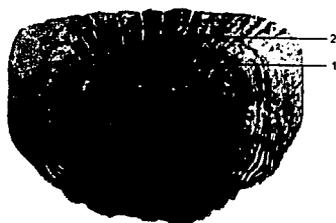


Figura 39. Marcas de crecimiento presentes en escamas de *Oreochromis niloticus*, escama con dos marcas de crecimiento.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Figura 40. Escama de *Oreochromis niloticus* sin marcas de crecimiento.



Figura 41. Escama de *Oreochromis niloticus* con anillo en el borde.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN