



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA**

**EDAD Y CRECIMIENTO DE (*Oreochromis niloticus*)
POR MEDIO DE ESTRUCTURAS DURAS.**

T E S I S

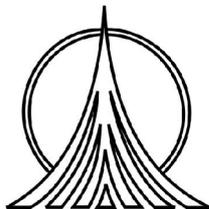
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G O

P R E S E N T A:

ARMANDO TOVAR GARZA

DIRECTOR: DR. JOSÉ LUIS GÓMEZ MÁRQUEZ



FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES ZARAGOZA

MÉXICO, D.F.

NOVIEMBRE DE 2005



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

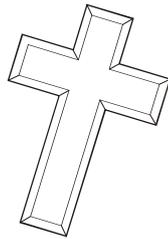
DEDICATORIA ESPECIAL

A mi Abuelito.
(Manuel Garza León)

Que pena que te fuiste y te perdiste en el vacío.
Nos quedamos con tu alegría, tu comprensión,
tu disciplina, tu entusiasmo, tu equidad, tu formalidad, tu honestidad,
tu honradez, tu humildad, tu ingenio, tu inteligencia,
tu sinceridad y con todos aquellos valores que nos inculcaste;
y que posiblemente no podría terminar de mencionar todas y cada una de las
virtudes y los valores que forman parte de tu ser y tu recuerdo.

Pero sobre todo, nos quedamos con tu osadía y tu rebeldía, con tu gusto
siempre grato de reírte de la vida.

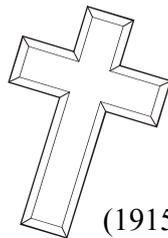
Gracias “Chato”, gracias por todo...
Se que algún día, estoy seguro, nos volveremos a ver.
Hasta pronto, pues...



(1940-2000)

A mi Abuelita.
(Carmen Ortiz Ramírez)

Quien siempre fue una persona que dedicó cada momento
de su vida al bienestar de su familia. Y que sobre todo nos dio muestra de
lo que representa ser una mujer con carácter y determinación.
Convirtiéndose sin duda en pilar importante para la unión y fortaleza
de la familia. Y junto al Chato, se que algún día, nos volveremos a ver.



(1915-2003)

DEDICATORIAS

A MI MAMÁ

Carmen Garza Olgún; quien ha sido la persona que ha dedicado su vida entera a cada uno de sus tres hijos, y que en muchas ocasiones, incluso, lo ha hecho sin importarle su propia vida. Gracias madre por darme entre otras incontables cosas, educación, que para mi, es uno de los valores, más valiosos que tengo. Y sobre todo, por toda tu ayuda, amor y comprensión que a diario me das....

Además dedico mi trabajo a todos y cada uno de los integrantes de mi familia empezando por mis abuelitos, hermanos, tíos, primos y amigos que sin duda son parte importante en mi vida y que gracias a su ayuda, cariño y apoyo he podido conseguir una meta más.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. José Luis Gómez Márquez por la dirección de este trabajo de tesis y sobre todo por el tiempo que le dedicó a cada una de mis asesorías.

A los Miembros del Jurado:

Al M. en C. Ernesto Mendoza Vallejo.

Al M. en C. Armando Cervantes Sandoval.

Al Dr. Isaías H. Salgado Ugarte.

Y a la Dra. Bertha Peña Mendoza.

Por sus valiosas sugerencias y comentarios que siempre estuvieron enfocados en la mejora del trabajo.

Así como a mis compañeros y colegas, agradezco su amistad, amabilidad, cooperación y todas las atenciones que han tenido hacia mi persona.

Y por ultimo agradezco a cada uno de los profesores que a lo largo de mi carrera tuve la fortuna de convivir con ellos.

Gracias

ÍNDICE

Dedicatoria Especial	II
Dedicatorias	III
Agradecimientos	III
Resumen	1
Introducción	3
Antecedentes	5
Descripción de la Especie	10
Clasificación	12
Diagnosis de <i>Oreochromis niloticus</i>	13
Descripción de la Zona de Estudio	14
Objetivo General	16
Objetivos Particulares	16
Materiales y Métodos	17
Resultados	25
Discusión de Resultados	53
Conclusiones	65
Índice de figuras	70
Índice de cuadros	70
Literatura citada	74

RESUMEN

Se trabajó con una muestra de 393 organismos de los cuales 308 machos, 50 hembras y 35 indeterminados, obtenidos de la captura comercial con atarraya de luz de malla de 65 mm, en la presa “Emiliano Zapata”, en el Estado de Morelos. La proporción sexual para *Oreochromis niloticus* fue de 1:6.16 (hembra:macho).

La relación entre la longitud total (Lt) y la longitud patrón (Lp), mostró que entre machos y hembras no existen diferencias significativas ($F= 0.22$; $p>0.05$).

Con respecto a la relación peso total-longitud total para la población total y los machos, se registró un crecimiento alométrico negativo, mientras que el crecimiento que presentaron las hembras tiende a la isometría. La misma relación mostró que estadísticamente existen diferencias significativas entre los sexos ($F= 12.88$; $p<0.05$).

Se registraron 4 anillos de crecimiento correspondientes a 4 grupos de edad, para la población de *Oreochromis niloticus* por medio de la lectura en estructuras óseas (otolitos y escamas). La validación de la edad se realizó a través del índice de incremento marginal y la periodicidad de las marcas presentes en el borde de las estructuras duras. La formación de estas marcas ocurre dos veces al año (junio y enero-febrero); coincidiendo con la época de reproducción, por lo cual se puede suponer que las marcas son resultado de los eventos reproductivos.

Se determinó el crecimiento de los peces utilizando el 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). Las ecuaciones de crecimiento obtenidas por medio de la lectura de otolitos fueron:

Ecuaciones de crecimiento en longitud:

$$\begin{aligned} \text{Población total: } Lt &= 230.74[1 - \exp(-(0.64)(t - (0.1683)))] \\ \text{Machos: } Lt &= 201.16[1 - \exp(-(0.67)(t - (-0.5856)))] \\ \text{Hembras: } Lt &= 242.61[1 - \exp(-(0.58)(t - (0.0890)))] \end{aligned}$$

Ecuaciones de crecimiento en peso:

$$\begin{aligned} \text{Población total: } Pt &= 200.2[1 - \exp(-(0.64)(t - (0.1683)))]^{2.83} \\ \text{Machos: } Pt &= 129[1 - \exp(-(0.67)(t - (-0.5856)))]^{2.49} \\ \text{Hembras: } Pt &= 249.2[1 - \exp(-(0.58)(t - (0.0890)))]^{3.08} \end{aligned}$$

Los ecuaciones de crecimiento obtenidas por medio de la lectura de escamas fueron:

Ecuaciones de crecimiento en longitud:

$$\text{Población total: } Lt = 203.07[(1 - \exp(-(0.59)(t - (-1.0117))))]$$

$$\text{Machos: } Lt = 190.48[(1 - \exp(-(0.72)(t - (-1.0118))))]$$

$$\text{Hembras: } Lt = 225.3[(1 - \exp(-(0.42)(t - (-0.8789))))]$$

Ecuaciones de crecimiento en peso:

$$\text{Población total: } Pt = 135.1[(1 - \exp(-(0.59)(t - (-1.0117))))]^{2.83}$$

$$\text{Machos: } Pt = 112.6[(1 - \exp(-(0.72)(t - (-1.0118))))]^{2.49}$$

$$\text{Hembras: } Pt = 225.3[(1 - \exp(-(0.42)(t - (-0.8789))))]^{3.08}$$

El análisis de los parámetros físicos y químicos indicaron que el agua de la presa es adecuada para el desarrollo de la tilapia.

INTRODUCCIÓN

En la República Mexicana, existe gran cantidad de cuerpos de agua, cuya superficie se ha estimado en 1.3 millones de hectáreas que incluyen lagos, lagunas, presas y pequeños ecosistemas acuáticos de distinto origen (Tinoco y Atanacio, inédito; citados en Arredondo-Figueroa y Flores-Nava, 1992).

De acuerdo con la Secretaría de Pesca, en 1990 se contaba con 613 presas y 95 lagos que contabilizaban un total de 708 cuerpos de agua, en su mayoría con pesquerías derivadas de la acuicultura. Jalisco, Michoacán y Guanajuato son los Estados con mayor número de presas, conjuntado el 36.5% del total nacional, mientras que Chihuahua y Tabasco poseen mayor cantidad de lagos que representan el 24.4 y 17 % respectivamente (Olmos, 1990).

En los últimos años en nuestro país se han venido utilizando estrategias de cultivo de peces económicas, pero de baja productividad, como es el caso de la piscicultura extensiva, que se refiere a la introducción de crías en cuerpos de agua naturales y artificiales, sin tener control estricto de las poblaciones.

Esta técnica tiene ciertas ventajas en las que destaca; 1) el desarrollo de pesquerías fundamentalmente en presas de reciente construcción, basadas en especies exóticas o alóctonas diseminadas, como es el caso de la tilapia, carpa y lobina negra, 2) la creación de fuentes de empleo y 3) la disponibilidad de proteínas de origen animal por medio de la pesca (Arredondo-Figueroa, 1986).

Por lo antes mencionado y por la accidentada topografía del país, así como de la necesidad creciente de retener los escurrimientos superficiales temporales durante la época de lluvias y desde hace ya más de 50 años la construcción de presas se ha acelerado considerablemente; con el objetivo principal de generar energía eléctrica y de manera secundaria para la producción de peces de agua dulce, entre las que destacan tilapia, carpa, bagre, etc. (Arredondo-Figueroa, 1986).

Una de las pesquerías más exitosas en nuestro país es la que sostiene la mojarra-tilapia, cuyo potencial biológico le ha permitido adaptarse a los diversos ambientes a donde se les ha trasladado. Su adaptación es amplia, principalmente en las regiones de climas tropicales y como ejemplo se tiene que para 1993, la producción nacional ascendió a casi 93 mil toneladas siendo las presas Miguel Alemán en Oaxaca, La Angostura en Chiapas, e Infiernillo en Michoacán donde se extrajo la mayor parte de la producción nacional de éstas especies (Morales, 1991).

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 m³ y 120 millones de m³ respectivamente, así como la presa recién construida en el municipio de Axochiapan, los “Carros” con un volumen de 10 millones m³ y la presa “Emiliano Zapata” con un almacenamiento de 1 560 000 m³ (Contreras- MacBeath, 1995).

Por lo tanto, para realizar un adecuado manejo y explotación de los recursos pesqueros es necesario realizar estudios sobre la edad y crecimiento de las poblaciones de peces, ya que mediante el conocimiento de los parámetros de crecimiento y la estructura de edad de la población se puede obtener una estimación de la mortalidad (total, natural y por pesca), tamaño poblacional, reclutamiento, selectividad del arte de pesca y otros valores relacionados con su explotación; es por ello que determinar correctamente la edad es fundamental dentro de la biología pesquera.

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

La edad de muchas especies ícticas puede determinarse a partir de las discontinuidades que ocurren en sus estructuras esqueléticas, las cuales pueden deberse a cambios en el ambiente donde vive el pez o a otros como en su fisiología. Por otro lado, muchos peces viven en ambientes muy uniformes, que no forman discontinuidades esqueléticas por lo que su edad se tiene que determinar indirectamente, lo que en muchas ocasiones resulta muy complicado (Morales-Nin, 2000).

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, existen pocos registros sobre las características biológicas de la especie como son: hábitos alimenticios, reproductivos, edad, crecimiento, selectividad al arte de pesca, mortalidad, así como la tasa de 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 plantea el presente trabajo de investigación con el fin de proponer medidas para una mejor explotación comercial del recurso.

ANTECEDENTES

El cultivo de la tilapia -conocida como mojarra africana- se ha expandido por muchas partes del mundo, principalmente en los países asiáticos u orientales, que por sus mínimos costos y cuidados en su cultivo, han ofrecido una excelente fuente de alimentación y trabajo para las populosas y numerosas comunidades asiáticas (Chimits, 1955).

Los antecedentes indican que la diseminación de las tilapias se inició a finales de 1939, se incrementó hacia el término de la Segunda Guerra Mundial y ha sido tan amplia y frecuente que no es posible realizar un registro detallado de los trasplantes (Schuster, 1952; Chimits, 1955).

Para el año de 1963 fue la Dirección General de Pesca de la Secretaría de Industria y Comercio, en colaboración con la Comisión del Papaloapan de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, quienes llegaron a un acuerdo para que se repoblara con lobina negra (*Micropterus salmoides*) y la mojarra de agallas azules (*Lepomis macrochirus*), en la presa Miguel Alemán ubicada en Temascal, Oaxaca. Sin embargo, las siembras no dieron buenos resultados; debido a este motivo y a que las especies nativas no ofrecían rendimientos pesqueros óptimos a corto plazo, se propuso que las especies a introducir fueran cíclidos africanos del género *Tilapia* (Morales, 1996).

En México fueron introducidas por primera vez en 1964, tres especies de cíclidos procedentes de Auburn, Alabama, Estados Unidos (*Tilapia aurea* = *Oreochromis aureus*, *T. mossambica* = *O. mosambicus* y *T. melanopleura* = *T. rendalli*). Después de ser mantenidas en lotes en una etapa experimental, en la Estación Piscícola de Temascal (en el estado de Oaxaca) se introdujeron en la Presa Miguel Alemán en el mismo Estado, (Morales, 1974). Dos años después existían en ésta numerosos ejemplares de talla y peso comercial, principalmente de la *T. aurea*. Esta situación provocó que en esta región la tilapia se convirtiera en una importante pesquería en un período de tiempo relativamente corto.

A partir de esa fecha y dada la gran adaptación que mostraron tener las diferentes especies de la tilapia, éstas fueron dispersadas profusamente en una gran cantidad de cuerpos de agua naturales y artificiales incluyendo presas, lagos y bordos, en toda la zona tropical de México y parte de la subtropical y templada (Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo, 1986).

Actualmente en las aguas de Morelos (Lago “El Rodeo” y Coatetelco principalmente), de Veracruz (Villa Azueta), y Michoacán (Presas Infiernillo, La Villita, Zirahuén), es notable su propagación y producción (Morales, 1974).

En 1975 la Dra. Trewavas indicó que las especies presentes en esa época correspondían a *Tilapia melanopleura* (Boulenger, 1896) (= *Tilapia rendalli*); *Sarotherodon mossambicus* (Peters, 1852) (= *Oreochromis mossambicus*) y *Sarotherodon aureus* (Steindachner, 1864) (= *Oreochromis aureus*). Esta última especie originalmente fue enviada de Israel a Estados Unidos en 1957, cuando estaba confundida con *T. nilotica*; por lo tanto, llegó a nuestro país en éste estado de confusión en 1964 (Arredondo-Figueroa, 1975; Balarín, 1979).

En 1979, llegaron a México los primeros ejemplares de *Tilapia nilotica* (= *Oreochromis niloticus*) procedentes de Panamá y fueron depositados en el Centro Acuícola de Tezontepec de Aldama, Hidalgo; de donde se enviaron al Centro Acuícola de Temascal, Oaxaca. A principios de 1981, la Secretaría de Pesca importó de Palmeto, Florida, EE.UU. dos especies: *Oreochromis urolepis hornorum* y *Oreochromis mossambicus*, ésta última especie de una línea genética roja, siendo depositadas en el Centro Acuícola, El Rodeo, Morelos, las que al igual que las especies anteriores fueron distribuidas en todo el territorio nacional (Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo, 1986).

En julio de 1986, llegó otro lote de *Oreochromis niloticus* en el que venían algunos organismos de color rojo, que fueron donados a nuestro país por la Universidad de Stirling, Escocia y reclutados en las instalaciones del CINVESTAV (Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN), en donde se tienen actualmente en observación.

No obstante, una parte de este lote se donó a la Secretaría de Pesca, quien se encargó de repartirla en varios centros como Temascal, Oaxaca; Varejonal, Sinaloa, Zacatepec y a Morelos, en donde ya se han obtenido crías. A principios de 1987, el gobierno de Costa Rica donó 15 ejemplares de *Oreochromis mossambicus*, 15 de *Oreochromis urolepis hornorum* y 15 híbridos provenientes de la cruce de estas dos especies, las que posteriormente a fines del mismo año, fueron enviadas al Centro Acuícola de Temascal, Oaxaca (Arredondo-Figueroa y Tejeda-Salinas, 1989).

El potencial biológico que presentan las especies del género *Oreochromis* les ha permitido una gran adaptabilidad a diversos ambientes a donde se les trasladado, ya sea con fines piscícolas o pesqueras o bien de cultivo, especialmente en climas cálidos, lo que ha propiciado una gran dispersión fuera de su área natural y hoy en día, con la excepción de la carpa común (*Cyprinus carpio*), ninguna otra especie es tan cultivada en el mundo (Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo, 1986).

Reibich (1899) fue el primer investigador que observó al microscopio la presencia de anillos anuales en los otolitos, los cuales están constituidos por bandas translúcidas denominadas también unidades continuas, alternadas con bandas opacas o discontinuas. Desde entonces y gracias a este investigador se han utilizado los otolitos para llevar a cabo estudios de edad y crecimiento en peces adultos mediante la lectura de los anillos anuales o estacionales.

Jensen (1965) y Powles (1966) fueron dos de los primeros investigadores en aplicar el método de conteo de anillos en los otolitos, técnica que en la actualidad es la más usada en la determinación de la edad de distintos peces.

Panella (1971) descubrió marcas de incrementos diarios en otolitos, los cuales utilizó para determinar la edad y el crecimiento.

Brothers y Mathew (1976) estudiaron otolitos de varias especies, encontrando marcas de crecimiento que eran depositadas diariamente y mencionan que estos pueden ser utilizados para determinar la edad y crecimiento de los peces, desde la etapa larvaria hasta la edad adulta, en peces de agua fría y templada.

Panella (1980) menciona que la formación de anillos de crecimiento en los otolitos es el resultado de la combinación de factores bióticos y abióticos; por ejemplo, el crecimiento corporal, acceso al alimento, temperatura e iluminación.

Campana y Neilson (1985) mencionan que el incremento diario de las marcas de crecimiento en otolitos depende de muchas variables, entre las que destacan el fotoperiodo, la temperatura, el estrés ocasionado por los depredadores y en general todas las características que pueda presentar el agua del sistema.

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

Getabu (1992) en el lago Victoria, obtuvo los parámetros de crecimiento para *Oreochromis niloticus* y encontró un valor de $L_{\infty} = 646$ mm con una tasa de crecimiento de $K = 0.254$.

Zhang y Runham (1992a) evaluaron la importancia del alimento y la temperatura sobre el crecimiento de *Oreochromis niloticus* utilizando otolitos. Observaron que las depositaciones podían ser afectadas por factores medioambientales severos, siendo los más importantes el fotoperiodo, la temperatura y la alimentación.

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

Zhang y Runham (1992c) estudiaron el efecto que tiene el fotoperiodo en cuanto al crecimiento en otolitos de *Oreochromis niloticus* y reportaron formación de marcas de crecimiento 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 CaCO_3 es baja durante las primeras horas de la noche.

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

Córdova (1994) determinó el crecimiento de *Oreochromis niloticus* en acuarios, bajo condiciones controladas de densidad, temperatura y fotoperiodo. 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); y que la longitud como el peso son afectados en forma positiva, acelerando el crecimiento a edades tempranas.

Ramos-Cruz (1995) realizó un estudio de reproducción y crecimiento en *Oreochromis aureus*. La estimación de las clases de talla se obtuvo con los datos de distribución de frecuencia de longitud y utilizó el método de Bhattacharya (1967); el crecimiento en tiempo se determinó a través del modelo de von Bertalanffy. Las constantes para el modelo de crecimiento fueron las siguientes: $L_{\infty} = 296$ mm; $K = 0.218$; $t_0 = -0.904$ y $P_{\infty} = 500$ g.

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

Farell y Campana (1996) realizaron un estudio en donde utilizaron radioisótopos de calcio y de estroncio para encontrar la posible relación entre las concentraciones ambientales de cada elemento y sus respectivos índices de deposición sobre los otolitos.

Garduño y Avelar (1996) realizaron un estudio sobre edad y crecimiento de *Oreochromis niloticus* basándose en estructuras duras, como fueron escamas y hueso opercular. Encontraron 7 clases de edad para hembras y población total; mientras que para los machos encontraron 5 clases de edad, incluyendo dos periodos de depositación de anillos; uno para el mes de junio y el segundo en el mes de diciembre. Las constantes del modelo de von Bertalanffy y los valores fueron $L_{\infty} = 277.6$ mm; $K = 0.072$; $t_0 = -0.5070$ y $P_{\infty} = 403.21$ g.

González y López (1997) realizaron un estudio sobre batimetría, morfometría, análisis de la calidad de agua y plancton de la Presa Emiliano Zapata, para conocer la dinámica del sistema. Reportaron 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 m³ y clasificaron el cuerpo de agua como monomítico cálido.

Gómez-Márquez (1998) realizó un estudio de edad y crecimiento de *Oreochromis niloticus* en el Lago de Coatetelco, Morelos; y reporta valores de $L_{\infty} = 291.9$ mm y una $K = 0.07$. Observó que existe un periodo de depositación de un nuevo anillo en el mes de Diciembre, además de reportar 4 marcas de edad en escamas.

Jiménez (1999) realizó un estudio acerca de la pesca de *Oreochromis* sp. en la presa Adolfo López Mateos, Michoacán. Analizó la edad, crecimiento, reproducción, taxonomía y explotación. Evaluó los hábitos alimenticios, reproductivos y la influencia que tiene sobre ellos el medio ambiente. Efectuó un análisis de crecimiento en *Oreochromis aureus*, con el propósito de proponer medidas que permitan regular la explotación del recurso. Las constantes obtenidas para el modelo de crecimiento de la población total fueron: $L_{\infty} = 344.6$ mm; $P_{\infty} = 478.5$ g; $K = 0.46$ y $t_0 = -0.055$.

Admassu y Casselman (2000) realizaron un estudio sobre edad de *Oreochromis niloticus* utilizando estructuras duras (otolitos) en el Lago Awassa, en Etiopía.

Analizaron las zonas opacas y las traslúcidas de los otolitos y encontraron dos periodos de depositación; el primero correspondía a los meses de enero-febrero, mientras que el segundo correspondió a los meses junio-julio, validando su información por medio del índice de incremento marginal.

Panfili y Tomás (2001) realizaron un estudio sobre la validación del método de retrocálculo basándose en microestructuras (otolitos) de dos especies de tilapias: *Sarotherodon melanotheron* y *Oreochromis niloticus*; marcados con tetraciclina y criados en Costa de Marfil (el oeste de África). Los otolitos de juveniles y adultos fueron cortados en secciones transversales delgadas (10 a 40 μ m) y los microincrementos de otolitos fueron contados sobre el sulcus a lo largo del eje ventral. Los resultados para ambas especies mostraron que los microincrementos son depositados diariamente.

Pérez y Patlani (2002) realizaron un estudio sobre edad y crecimiento de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) en la presa “Emiliano Zapata”, Edo. de Morelos, y registraron 5 anillos de crecimiento en escamas. Las constantes obtenidas para el modelo de crecimiento de la población total fueron: $L_{\infty} = 288.28$ mm; $P_{\infty} = 392.46$ g; $K = 0.1363$ y $t_0 = -0.1295$.

Saito-Quezada (2004) realizó un estudio de edad y crecimiento por lectura de otolitos de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) de la presa “Emiliano Zapata”, Morelos, reportó que el análisis de los bordes sugirieron la formación de una marca en meses de secas y otra en meses de cálidos de lluvias. Registró 5 marcas de crecimiento para las hembras (edad estimada de 2.5 años) y 4 marcas de crecimiento para los machos (edad estimada de 2 años).

DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

El grupo de peces conocidos comúnmente como tilapias pertenecen a la familia Cichlidae y a la tribu Tilapiini; la posición taxonómica de este grupo de peces ha sido muy incierta y discutida, actualmente se han considerado dos criterios para su clasificación, uno de ellos se basa en las características morfológicas y merísticas del organismo y el segundo criterio toma en consideración además de aspectos morfológicos, los hábitos reproductivos o alimenticios considerando básicamente el cuidado que hacen de los huevos y alevines, ya sea por parte de la madre, el padre o ambos. Basándose en dichos criterios se ha clasificado a la tribu Tilapiini en 5 géneros que son: *Tilapia* sp. *Tristamella* sp., *Danakilia* sp., *Sarotherodon* sp. y *Oreochromis* sp. (Trewavas, 1982).

En México se cuenta con la presencia de 2 géneros, *Tilapia* y *Oreochromis*, representados con las siguientes especies:

Oreochromis mossambicus

Oreochromis aureus

Oreochromis urolepis hornorum

Oreochromis niloticus

Tilapia rendalli

La presencia de estos organismos en México ha dado origen a diferentes puntos de vista, por un lado se habla de un posible efecto negativo con su introducción en las aguas continentales, por un desplazamiento que pudiesen ejercer sobre la ictiofauna nativa; sin embargo, no se ha investigado este aspecto para medir la magnitud de dicho efecto y por otra parte se constata en estas especies la pesquería de agua dulce más importante en México, repercutiendo positivamente en un beneficio social de las poblaciones rurales (Morales, 1991).

A continuación se hace mención de algunos aspectos generales de la biología del género *Oreochromis*:

Distribución geográfica

Son peces endémicos de África, distribuyéndose hacia el norte hasta Israel y Jordán. En la actualidad las tilapias se hayan distribuidas en más de 105 países en donde se han introducido con fines acuaculturales o pesqueros, limitando su distribución a aquellas áreas tropicales y subtropicales, donde la temperatura del agua es favorable para su desarrollo y reproducción (Chimits, 1955).

Hábitat

Este grupo de peces presenta un potencial biológico que les ha permitido adaptarse a diversos ambientes. Son peces eurihalinos de aguas cálidas, su desarrollo es óptimo en ambientes lénticos con temperaturas de 20 °C a 30 °C, e incluso más (Kirk, 1972 citado en Balfour, 1985). Son organismos que toleran bastante bien, amplios intervalos en parámetros físicos, químicos y biológicos, por lo que se les puede encontrar en cuerpos de aguas permanentes o temporales, ríos, lagos profundos o someros, lagunas costeras y estuarios (Arredondo-Figueroa y Lozano-Gracia, 1996.)

Hábitos alimenticios

Son omnívoros con tendencia a ser planctófagos. En etapas juveniles son zooplanctófagos para posteriormente pasar a una alimentación fitoplanctófaga o detritívora. Bajo condiciones de cultivo estos peces aceptan variados alimentos que pudiesen proporcionárseles tanto naturales como artificiales; son considerados como importantes transformadores de desechos y subproductos animales y vegetales (Pullin, 1983).

Hábitos reproductivos

Las tilapias son heterosexuales, es decir tiene sexos separados; diversos factores influyen sobre la madurez sexual, entre ellos se tiene el fotoperiodo, la temperatura (la cual debe permanecer por arriba de los 24 °C) y la presencia del sexo opuesto.

Los organismos alcanzan la madurez sexual a partir de los 2 o 3 meses y una longitud de 80 a 160 mm (Uchida y King, 1962). La frecuencia de desove varía considerablemente dependiendo de los factores climáticos, pudiendo ser desde 6 a 16 veces al año (Chimits, 1955; Chen, 1969). En México se han observado reproducciones hasta 10 veces al año (Morales *et al.*, 1988).

El género *Oreochromis* se caracteriza por desovar preferentemente en algún sustrato blando como la arena y son incubadores bucales maternas. Para llevar a cabo la reproducción necesitan temperaturas superiores a los 20°C (25°C y 32°C como óptimas); bajo estas condiciones los machos maduros sexualmente delimitan el territorio en el que construyen un nido de forma de cráter circular, en esta época el macho adquiere colores vistosos y atrae a alguna hembra, después del cortejo la hembra deposita los óvulos en el nido siendo inmediatamente fertilizados por el macho; terminado este evento la hembra recoge los huevecillos en su boca para después alejarse.

Los alevines crecen en la boca de la madre hasta alcanzar un tamaño que ya no les permita permanecer en dicho sitio, por lo que se retiran formando grupos que se distribuyen generalmente por las orillas. (Arredondo-Figueroa y Lozano-Gracia, 1996.)

CLASIFICACIÓN

De acuerdo con Berg y modificado por Trewavas (1983), las tilapias que existen en México se clasifican de la siguiente forma: (figura 1)

PHYLUM:	CHORDATA		
SUBPHYLUM:	VERTEBRATA		
SUPERCLASE:	GNATHOSTOMATA		
SERIE:	PISCES		
CLASE:	ACTINOPTERYGII		
ORDEN:	PERCIFORMES		
SUBORDEN:	PERCOIDEI		
FAMILIA:	CICHLIDAE		
GENERO:	<i>Tilapia</i>	ESPECIE:	<i>T. rendalli</i>
	<i>Oreochromis</i>	ESPECIE:	<i>O. aureus</i>
			<i>O. niloticus</i>
			<i>O. mossambicus</i>
			<i>O. urolepis hornorum</i>

(Morales, 1991).



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

DIAGNOSIS DE *Oreochromis niloticus*

Esta especie presenta de 19 a 22 branquiespinas en la rama inferior del primer arco branquial; aleta dorsal XVII - XVIII, la moda es de XVII, 12-13; aleta anal III, 10 a 11; aleta pélvica 1, 5; pectorales 15. De 30 a 32 escamas en una serie longitudinal. La coloración del cuerpo es rosada o morado oscuro, con el filo de la aleta dorsal de color negro, cabeza roja púrpura, el vientre es rojo o morado y la aleta dorsal presenta líneas negras verticales finales, el color de los ojos es rosado y el perfil frontal es convexo (Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo, 1986).

Por lo que corresponde al hueso faríngeo, éste presenta un área dentada con una densidad baja. En la parte superior presenta dientes bicúspides mientras que en la área inferior monocúspides, curvados hacia atrás (Arredondo-Figueroa y Tejeda-Salinas, 1989).

DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

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

El estado de Morelos queda comprendido dentro de dos provincias geológicas: la del Eje Neovolcánico y la de la Sierra Madre del Sur (Anónimo, 1981). En dicho Estado existen solamente afloramientos de rocas ígneas y sedimentarias. Las rocas volcánicas son las más jóvenes y las más abundantes. Las estructuras geológicas más notables son las constituidas por los aparatos volcánicos y sus grandes espesores de lava.

La presa Emiliano Zapata, se localiza en el municipio de Puente de Ixtla, en el Ejido de Tilzapotla, en el extremo suroeste del Edo. de Morelos situada a los 18°30'00" latitud Norte y 99°16'34" longitud Oeste, a 899 m.s.n.m. (Anónimo, 1981) (figura 2).

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

El tipo de clima de la región de acuerdo a Köppen modificado por García (1973) es Aw''(w) g i, cálido subhúmedo con lluvias en verano, el cual se encuentra asociado a comunidades vegetativas como son la selva baja y los pastizales. Por su influencia y extensión es el clima más importante de la entidad.

Se presenta en el centro y sur, en los límites con el estado de México y con Guerrero, cubre aproximadamente un 75% de la superficie de la entidad. Presenta lluvias en verano y un porcentaje de lluvia invernal menor de 5 mm. La precipitación anual en la zona fluctúa entre 800 y 1,000 mm; la temperatura media anual es de 24 °C. (Anónimo, 1981).

La flora que prevalece en la región es selva baja Subcaducifolia y las especies que se presentan en la zona son el Copal (*Bursera fagaroides*), el Cuajote (*Bursera copallifera*), el Tepeguaje (*Lysiloma acapulcensis*) el Cazahuate (*Ipomoea wolcottiana*) y el Pochote (*Ceiba pentandra*) entre otros.

La presa "Emiliano Zapata" ocupa un área de 13.2 hectáreas con un perímetro de 2,526.4 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 3.8 m (González y López, 1997), con un volumen aproximado de 1,560,000 m³ (Anónimo, 1981).

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.

OBJETIVO GENERAL

Determinar la edad de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) por medio de la lectura de anillos en dos estructuras duras (escamas y otolitos) y conocer su ritmo de crecimiento.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Obtener la relación existente entre talla y peso de la especie y obtener los cambios de condición de la población.
- Determinar la estructura de edades mediante el análisis de estructuras duras (escamas y otolitos).
- Analizar el crecimiento de la población utilizando el modelo de von Bertalanffy.
- Evaluar las características físicas y químicas del agua del sistema y determinar su posible influencia en el crecimiento de la tilapia.

MATERIALES Y MÉTODOS

FASE DE CAMPO

La toma de muestras de agua para la determinación de los parámetros físicos y químicos se llevó a cabo de marzo de 2003 a febrero de 2004. Los muestreos dentro del cuerpo de agua se realizaron en una estación de monitoreo a 1.0 m de profundidad. Se determinaron diferentes parámetros como: temperatura ambiental (con un termómetro de $\pm 1^\circ\text{C}$); la transparencia se midió utilizando el disco de Secchi, la profundidad (con plomada), fecha y hora del muestreo.

Se usó la botella van Dorn horizontal de 2 lt. de capacidad para la toma de muestras de agua. Se almacenó 1 litro de agua de cada uno de los niveles tomados en botellas de plástico de dicha capacidad y se determinaron los siguientes parámetros: la temperatura del agua (con un termómetro de $\pm 1^\circ\text{C}$); el pH (con un potenciómetro de campo Corning de ± 0.01 unidades de precisión); la conductividad eléctrica (con un conductímetro de campo de $\pm 1 \mu\text{siems/cm}$ de precisión); el oxígeno disuelto (método de Winkler con la modificación de la azida de sodio); la dureza total y de calcio (por el método complejométrico) y la alcalinidad total (método volumétrico) (Arredondo-Figueroa, 1986).

Las muestras de los organismos se tomaron a partir de la captura comercial que fue realizada por los pescadores de la Sociedad Cooperativa "Tilzapotla" utilizando una atarraya de 65 mm de luz de malla. La muestra fue de aproximadamente 30 organismos y a cada uno de los organismos se les realizó la siguiente biometría: longitud total (mm), longitud patrón (mm) y la altura (mm) utilizando un ictiómetro convencional y el peso total se determinó con una balanza digital de 0.1g de precisión.

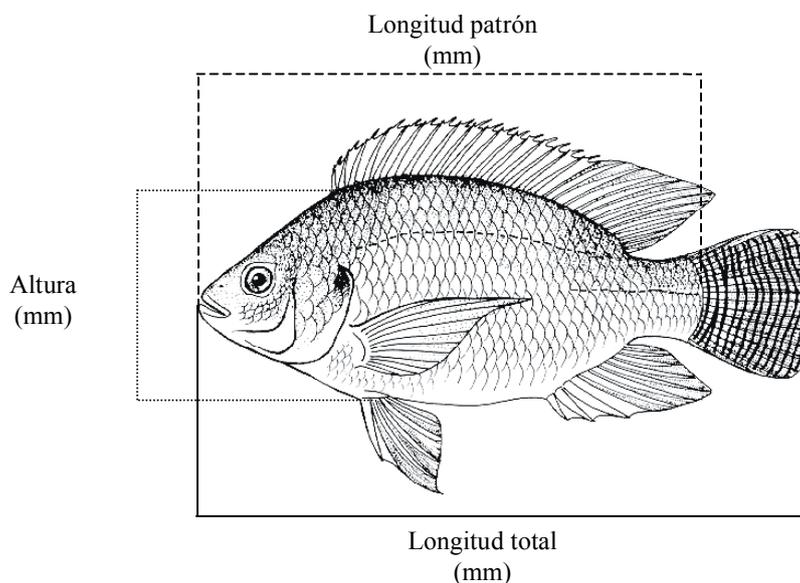


Figura 3. Medidas tomadas a cada uno de los organismos de *Oreochromis niloticus*.

Se tomaron las estructuras duras (aproximadamente de 10 a 16 escamas) de cada uno de los organismos de la muestra, éstas fueron extraídas por debajo de la línea lateral y por encima de la aleta pectoral del costado izquierdo; conservándose éstas en una solución de hidróxido de amonio al 5%.

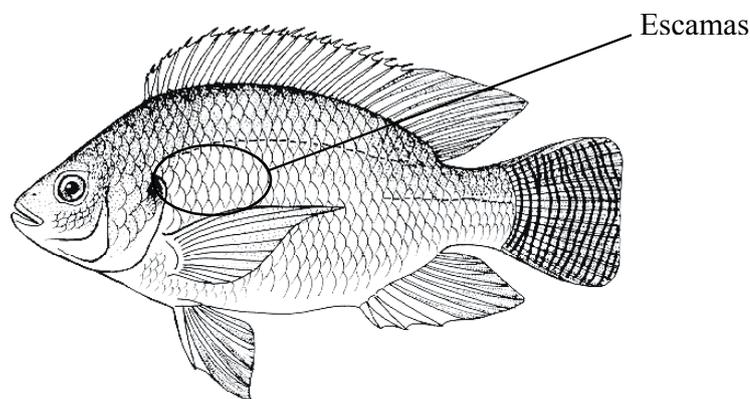


Figura 4. Zona de obtención de las escamas de *Oreochromis niloticus*.

También fueron extraídos los dos otolitos *sagitta* de cada organismo, realizando un corte transversal en la cabeza, un poco detrás de los ojos y con la suficiente profundidad para poder abrir el cráneo y con unas pinzas delgadas se extrajeron los otolitos que se localizan en el sáculo de la parte interior del oído. Además a cada uno de los organismos se les determinó el sexo y el estadio de desarrollo gonádico con base en la propuesta de Holden y Rait (1975).

FASE DE LABORATORIO

Escamas

Una vez obtenidas las escamas para la determinación directa de la edad, se realizó la limpieza de estas estructuras con agua, para eliminar el exceso de tejido con la ayuda de un estereoscopio. De cada organismo se colectaron de 6 a 8 escamas que no fueran regeneradas entre dos portaobjetos unidos con una cinta adhesiva. Concluida esta fase se midió el radio de la escama (R) del foco al margen anterior y el radio de cada uno de los anillos de crecimiento presentes en las escamas (del foco a cada uno de los anillos), con el proyector de perfiles Nikon V.10 con aumento de 20X y luz transmitida. Este proceso se realizó por dos personas sin conocimiento de los datos de la talla y sexo de los organismos.

Otolitos

Los otolitos son acrecciones policristalinas en el interior de los canales semicirculares de los Teleósteos (Popper y Coombs, 1980). Están formados por carbonato de calcio, cristalizado en aragonito y con una matriz orgánica formada por proteína fibrosa (Gauldie, 1993). Sobre su núcleo central, se depositan capas concéntricas de cristales y materia orgánica.

Se asume que las bandas opacas del otolito (abundante proteína) corresponden a periodos ambientales favorables de crecimiento (temperatura alta y abundancia de recursos tróficos); los anillos hialinos o translúcidos, son menos densos (periodo desfavorable). La anchura de las bandas depende del estadio de vida y de los factores ambientales (Granado, 1996).

Para realizar una correcta lectura de los anillos de crecimiento, se observó el lado cóncavo en cada una de las estructuras que fueron colocadas en una caja petri con agua para obtener una mejor y más nítida visualización.

Para la medición de los anillos se utilizó un estereoscopio Nikon V.10 con aumento de 20X y luz reflejada; con lo cual los anillos hialinos, se reflejarán oscuros y los opacos que tienen una mayor intensidad, se observarán blanquecinos. Este proceso se realizó por dos personas sin conocimiento de los datos de la talla y sexo de los organismos.

FASE DE GABINETE

Para la fase de gabinete se realizaron las siguientes actividades que involucraron el trabajo estadístico:

Proporción sexual de la población

Como primer paso para llevar a cabo un correcto manejo de la información, se tuvo que analizar la proporción sexual de toda la población. Para verificar si la proporción es 1:1 (Nikolsky, 1963) o no, se contó el número de machos y hembras y se aplicó una prueba de bondad de ajuste de chi-cuadrada (χ^2) con α de 0.05 (Daniel, 1997).

Relación peso-longitud

Para determinar el tipo de crecimiento que presenta la especie se utilizó la relación peso-longitud. Para establecer que longitud se iba a utilizar; es decir, si la longitud patrón o la longitud total, se realizó un análisis de correlación a los datos de peso y longitud.

Para verificar si estadísticamente hay diferencias en la relación peso-longitud total o patrón del pez entre los sexos, se utilizó el análisis de covarianza (ANDECOVA; $p < 0.05$). Este procedimiento se realizó utilizando el módulo lineal generalizado del paquete Stata (1995).

La relación peso-longitud se obtuvo aplicando la siguiente expresión (Ricker, 1975):

$$P = aL^b$$

Donde:

P = Peso total

L = Longitud patrón ó total.

a y b = constantes

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

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

Se realizó el análisis de regresión con el método de mínimos cuadrados (Marques, 1991) por medio del cual se obtuvieron los valores del intercepto (a) y de la pendiente o coeficiente de regresión (b). Si el valor de $b = 3$ se tiene un crecimiento isométrico, mientras que si $b \neq 3$ el crecimiento es alométrico (Ricker, 1975).

Este análisis se aplicó a la muestra total, así como para hembras y machos por separado. Esto debido a que de manera morfológica y biológica existen diferencias entre cada sexo, siendo recomendable para un mejor análisis estadístico. Se analizaron los valores de pendiente obtenidos en cada una de las regresiones anteriores con el fin de verificar su igualdad o desigualdad con el valor de 3, y así definir el tipo de crecimiento; para ello se aplicó la prueba para pendiente poblacional (Marques, 1991).

Determinación directa de la edad

Antes de determinar la edad de los organismos, se estableció que otolito (izquierdo o derecho) se emplearía en el análisis; se aplicó una prueba de correlación ($p < 0.05$) entre la estructura dura y la longitud total o patrón del organismo. Se utilizó el ANDECOVA ($p < 0.05$), para verificar si existían diferencias significativas entre el radio del otolito y la longitud del pez; aplicándose de igual manera entre los sexos.

Método del retrocálculo

La determinación directa de la edad se obtuvo mediante las marcas presentes en las escamas y otolitos utilizando el método del retrocálculo propuesto por Fraser y Lee (Everhart y Youngs, 1981; Gómez-Márquez, 1994) cuya ecuación es la siguiente:

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

donde:

l_n = longitud del pez cuando el anillo n fue formado

r_n = Radio del anillo n

R = Radio de la estructura ósea (escama u otolito)

L = Longitud patrón del pez cuando se obtiene la escama u otolito

c = Intercepto de la relación radio de la estructura ósea-longitud patrón del pez.

Obtenidas las longitudes correspondientes a cada edad, se utilizó el diagrama de cajas con muesca (Salgado-Ugarte, 1992) para visualizar su dispersión y determinar si los grupos corresponden a edades distintas. Posteriormente se obtuvo el promedio de longitud para cada edad así como su intervalo y error estándar.

Validación del método de lectura de estructuras duras para la determinación de la edad

Para establecer la periodicidad de formación de los anillos en un ciclo anual, se realizaron los siguientes análisis:

Análisis del borde

Con el fin de determinar el ciclo de formación de los anillos, se realizó un análisis mensual de la distribución del anillo hialino y opaco en el borde de la estructura dura (otolito y escama). Este criterio ha sido empleado por otros autores, tanto en especies demersales como pelágicas, con resultados satisfactorios en el análisis de formación estacional de los anillos anuales. (Aguayo, 1972 y 1974; Ojeda, 1980; Trautmann y Aguayo, 1980; citados en Aguayo y Gili, 1984). En la mayoría de las especies estudiadas, el crecimiento se refleja en la formación de dos zonas o anillos durante el año: una opaca y otra hialina.

Análisis del Incremento Marginal

El Incremento Marginal es una medida relativa del incremento del material opaco en el borde de la estructura dura (otolitos y escamas) con respecto a la zona de crecimiento anterior de la misma. Esta medida se representa por la siguiente expresión:

$$I.M. = \frac{R_0 - r_n}{r_n - r_{n-1}}$$

R_0 = radio de la estructura dura (otolito o escama)

r_n = radio del último anillo

r_{n-1} = radio del penúltimo anillo.

(Aguayo y Gili, 1984).

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

El crecimiento de los organismos se determinó empleando el modelo de von Bertalanffy (en Ricker, 1975) en longitud:

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

y de manera ponderal:

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

donde:

L_∞ = longitud asintótica del pez

P_∞ = peso asintótico del pez

K = Tasa de crecimiento o constante de catabolismo

t = Edad

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

b = pendiente de la regresión peso-longitud.

Las constantes L_∞ , P_∞ , K y t_0 se calcularon por los siguientes métodos: (Ford (1933), Walford (1949), citados en Ehrhardt, 1981). (Gulland (1964), Beverton y Holt (1957); (Gulland (1971); Ricker (1975); citados en Gómez-Márquez, 1994).

Método de Ford-Walford (1949)

Este método consiste en graficar la longitud media correspondiente a la edad t en el eje de las x relacionadas con las longitudes, pero a la edad $t+1$ en el eje de las y . La gráfica genera una línea recta la cual corta a una línea de 45° (pendiente igual a 1) para definir el valor de L_∞ , puesto que en este punto $l_t = l_{t+1}$ y esto ocurre cuando la curva ha alcanzado la asíntota en el infinito.

Analíticamente la curva de crecimiento se puede obtener mediante la diferencia de longitudes que corresponda a los tiempos $t+T$ y t . Así, se tiene que de la ecuación de von Bertalanffy:

$$l_{t+T} - l = L_{\infty} (1 - e^{-K(t+T-t_0)}) - L_{\infty} (1 - e^{-K(t-t_0)})$$

Por medio de procedimientos algebraicos se tiene:

$$\begin{aligned} l_{t+T} - l &= L_{\infty} e^{-K(t-t_0)} (1 - e^{-KT}) \\ l_{t+1} - l_t &= L_{\infty} (1 - e^{-K}) - l_t + l_t e^{-K} \end{aligned}$$

Suprimiendo el término l_t , se tiene:

$$l_{t+1} = L_{\infty} (1 - e^{-K}) - l_t e^{-K}$$

la cual es una ecuación lineal con intercepto:

$$a = L_{\infty} (1 - e^{-K}) \rightarrow L_{\infty} = a / (1 - e^{-K})$$

y con el valor de la pendiente:

$$b = e^{-K} \rightarrow K = -\ln b$$

Por lo tanto, este método se utilizó para determinar L_{∞} y K .

Método de Gulland (1964)

Este método es una variación del de Ford-Walford y fue propuesto por (Gulland (1964) citado en Gómez-Márquez, 1994). En este método se relacionan los incrementos de la longitud contra el valor promedio de la longitud obtenida entre dos tiempos. Cuando los incrementos sean mínimos, entonces se obtiene el valor máximo que puede alcanzar el organismo.

La ecuación $l_{t+1} - l_t = (L_{\infty} - l_t)(1 - e^{-K})$ se ordena algebraicamente y así se define $l_{t+1} - l_t = \Delta l_t$, entonces se tiene:

$$\Delta l = L_{\infty} (1 - e^{-K}) - l (1 - e^{-K})$$

En donde el intercepto $a = L_{\infty} (1 - e^{-K})$ y la pendiente $b = -(1 - e^{-K})$

De estas relaciones se tiene que:

$$\begin{aligned} e^{-K} &= b + 1 \rightarrow K = -\ln(b + 1) \text{ y que} \\ a &= L_{\infty} (1 - e^{-K}) \rightarrow L_{\infty} = a / (1 - e^{-K}) \end{aligned}$$

a y b como se hizo anteriormente, se estiman por el método de mínimos cuadrados.

Método de Beverton y Holt (1957)

Se utilizó para estimar k y t_0 dado un valor de L_∞ el cual se puede obtener por alguno de los métodos anteriores. Este método inicia a partir de la ecuación de von Bertalanffy.

$$\begin{aligned}
 l_t &= L_\infty (1 - e^{-K(t-t_0)}) \\
 l_t &= L_\infty - L_\infty e^{-K(t-t_0)} \\
 L_\infty - l_t &= L_\infty e^{-K(t-t_0)} \\
 \ln(L_\infty - l_t) &= \ln L_\infty - Kt + Kt_0 \\
 \ln(L_\infty - l_t) &= \ln L_\infty + Kt_0 - Kt \\
 &= \ln L_\infty + K(t-t_0)
 \end{aligned}$$

Una regresión lineal de $\ln(L_\infty - l_t)$ contra t , resulta en una recta con pendiente b a partir de la cual se obtiene K . t_0 se puede estimar a partir de la ordenada al origen:

$$K = -b$$

$$a = \ln L_\infty + K t_0$$

y si de esta expresión se despeja t_0 , entonces se tiene:

$$t_0 = a - \ln \frac{L_\infty}{K}$$

(Gómez-Márquez, 1994).

Una vez obtenidas los valores de las constantes de crecimiento, se obtuvo el gráfico en longitud y en peso. Para obtener el valor de P_∞ se utilizó el valor de la pendiente de la relación peso-longitud.

Por último, los datos obtenidos de los parámetros físicos y químicos se analizarán y se realizarán gráficas, para conocer el comportamiento de cada uno de los parámetros y así, conocer bajo que condiciones ambientales se formaron los anillos y se llevó a cabo el crecimiento de los organismos.

RESULTADOS

A través de la captura comercial se obtuvo una muestra de 393 individuos de *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1757) del mes de marzo de 2003 a febrero de 2004.

El intervalo de tallas fue de 23 a 215 mm de longitud total y de 0.3 a 182.4 g de peso total. En los machos el intervalo de tallas se encontró entre 105 y 203 mm y el peso total osciló entre 16.7 y 146.7 g, mientras que para las hembras fue de 81 a 215 mm en longitud total y de 6.2 a 182.4 g de peso total. En los indeterminados el intervalo de tallas fue de 23 a 149 mm y para peso fue de 0.3 a 55.8 g. (Cuadro 1).

Cuadro 1. Valores máximos, mínimos y promedio de longitud total y peso para la población total, machos, hembras e indeterminados de *Oreochromis niloticus*

	Total		Machos		Hembras		Indeterminados	
	Lt (mm)	Peso (g)	Lt (mm)	Peso (g)	Lt (mm)	Peso (g)	Lt (mm)	Peso (g)
Min.	23	0.3	105	16.7	81	6.2	23	0.3
Máx.	215	182.4	203	146.7	215	182.4	149	55.8
Prom.	160.92	79.88	171.24	87.63	165.76	82.04	63.17	8.63
n	393		308		50		35	

Se realizó el análisis de covarianza (ANDECOVA) para la longitud total (Lt) y la longitud patrón (Lp), para determinar si existían diferencias entre los sexos o no, el análisis mostró que entre machos y hembras no existen diferencias significativas en cuanto a las longitudes ($F= 0.22$; $p>0.05$) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Análisis de covarianza para la población de *O. niloticus*.

Número de observaciones =		358	R-cuadrada =		0.7447
Raíz MSE =		9.74694	R-cuadrada ajus. =		0.7425
Fuente	Parcial SS	gl	MS	F	Prob > F
Modelo	98103.3906	3	32701.1302	344.21	0.0000
ltmm	89341.2945	1	89341.2945	940.41	0.0000
sexo	23.1878482	1	23.1878482	0.24	0.6216
ltmm*sexo	20.6442436	1	20.6442436	0.22	0.6414
Residuos	33631.0182	354	95.0028762		
Total	131734.409	357	369.003946		

Por lo tanto el modelo que representa la relación entre la longitud patrón y la longitud total es:

$$Lt = (a) + (b) Lp$$

$$r^2 = p < 0.05$$

RELACIÓN PESO TOTAL – LONGITUD TOTAL

Para conocer el tipo de crecimiento se realizó el análisis de correlación entre el peso total y la longitud total-longitud patrón, para poder comparar los valores obtenidos y determinar que longitud se ajusta mejor para el análisis. Los valores obtenidos del análisis se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 3. Matriz de correlación para las longitudes (total-patrón) con el peso total de *O. niloticus*.

	Lt (mm)	Log Lt	Lp (mm)	Log Lp	Pt (g)
Lt (mm)	1				
Log Lt	0.9732569	1			
Lp (mm)	0.98846278	0.9682467	1		
Log Lp	0.96499304	0.99619088	0.97308183	1	
Pt (g)	0.92037267	0.84459353	0.91952897	0.84215886	1

De acuerdo con los resultados del coeficiente de correlación ($p < 0.05$), se determinó que los valores de longitud total ($r = 0.9204$) se utilizarían para llevar a cabo los análisis correspondientes para determinar el tipo de crecimiento.

En el cuadro 4 se presenta el análisis de covarianza (ANDECOVA), que se realizó para determinar si existían diferencias significativas entre los machos y las hembras en cuanto a la relación peso total-longitud total. El análisis mostró que estadísticamente existen diferencias significativas entre los sexos ($F = 12.88$; $p < 0.05$); por lo cual los datos fueron trabajados de forma independiente por sexo y para la población total.

Cuadro 4. Análisis de Covarianza entre el peso y la longitud total para la población de *Oreochromis niloticus*

Fuente		Parcial SS	gl	MS	F	Prob > F
Número de observaciones =		393		R-cuadrada =	0.9868	
Raíz MSE =		0.052998		R-cuadrada ajus. =	0.9866	
Modelo	|	81.2271357	5	16.2454271	5783.72	0.0000
log lt	|	10.5792651	1	10.5792651	3766.45	0.0000
sexo	|	0.074385463	2	0.037192731	13.24	0.0000
log lt*sexo	|	0.07235732	2	0.03617866	12.88	0.0000
Residuos	|	1.08701323	387	0.00280882		
Total	|	82.3141489	392	.209985074		

La gráfica de la relación peso total-longitud total para la población total, muestra que los datos tienen un comportamiento de tipo potencial con un coeficiente de determinación de $r^2=0.9861$, $p<0.05$ (figura 5). De igual manera los machos y las hembras presentaron el mismo comportamiento con los siguientes coeficientes de determinación (machos $r^2=0.7653$; $p<0.05$ y hembras $r^2=0.9401$; $p<0.05$) (Figuras 6 y 7).

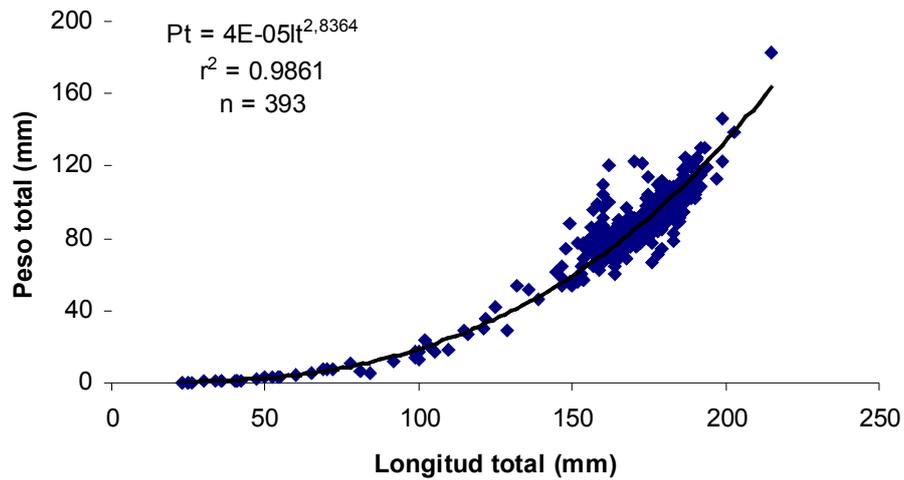


Figura 5. Relación peso total-longitud total para la población de *O. niloticus*

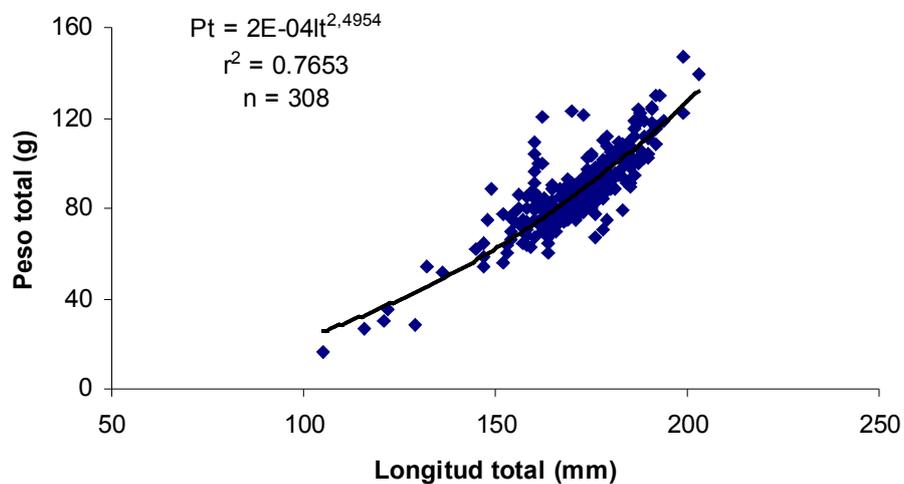


Figura 6. Relación peso total-longitud total para los machos de *Oreochromis niloticus*

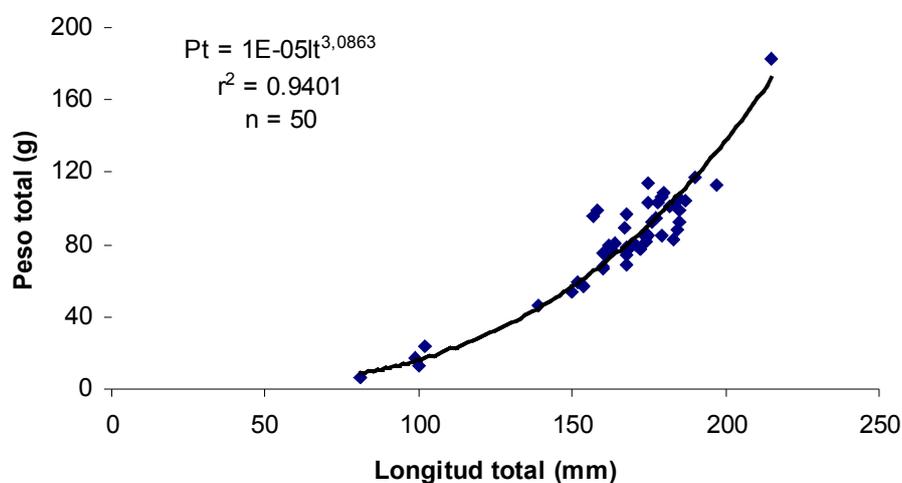


Figura 7. Relación peso total-longitud total para las hembras de *Oreochromis niloticus*.

En la figura 7 se presenta la gráfica de la relación peso total-longitud total de las hembras y muestra que los datos tienen el mismo comportamiento que los machos, es decir, de tipo potencial.

Al aplicar la prueba *t-Student* (Pauly, 1984) al valor de la pendiente de la población, se determinó que esta presentó un tipo de crecimiento alométrico negativo ($b = 2.83$, *t-Student* = 9.62; $p < 0.05$); para el caso de los machos la pendiente determinó que el tipo de crecimiento es similar al de la población total, es decir, alométrico negativo ($b = 2.49$, *t-Student* = 6.39; $p < 0.05$); y para las hembras la pendiente indicó que el tipo de crecimiento tiende a la isometría ($b = 3.08$, *t-Student* = 0.77, $p < 0.05$); es decir, los organismos crecen en longitud y en peso en la misma proporción (cuadro 5).

Cuadro 5. Prueba de *t-Student* para las pendientes de la relación peso total-longitud total de *O. niloticus*.

	Pendiente	t calculada	t teórica	Prueba de hipótesis	n
	(b)	(t)		Ho: B=3, Ha: B≠3	
P. total	2.83	9.62	1.96	Se Rechaza	358
Machos	2.49	6.39	1.96	Se Rechaza	308
Hembras	3.08	0.77	2.00	Se Acepta	50

PROPORCIÓN SEXUAL

De los 393 organismos capturados, 308 fueron machos lo que representa el 78.37 % de la población total, mientras que las hembras representan el 12.73 % con tan solo 50 organismos y los indeterminados el 8.90 % con 35 organismos capturados a lo largo del estudio.

Por lo tanto, la proporción sexual obtenida para toda la población fue de 1:6 (hembra:macho) ($\chi^2 = 186.99$; $p < 0.05$). Esta proporción tan alta se puede corroborar observando las capturas mensuales, ya que en ninguno de los meses se capturaron más de 10 hembras, inclusive en junio no se reportaron hembras y en julio solo se capturó un ejemplar hembra. Por lo que se puede decir que los machos dominaron de forma significativa en todo el periodo de estudio (Cuadro 6).

Cuadro 6. Variación de las frecuencias mensuales para machos y hembras de *O.niloticus*

Mes	Machos	Hembras	Total	χ^2	p	H:M
Marzo, 03	28	2	30	22.53	*	1:14
Abril	19	6	25	6.76	*	1:3
Mayo	20	7	27	6.26	*	1:3
Junio	26	0	26	27.08	-----	-----
Julio	23	1	24	21.09	*	1:23
Agosto	21	8	29	5.83	*	1:3
Septiembre	24	4	28	14.29	*	1:6
Octubre	36	3	39	27.92	*	1:12
Noviembre	22	3	25	14.44	*	1:7
Diciembre	28	2	30	22.53	*	1:14
Enero, 04	29	9	38	10.53	*	1:3
Febrero, 04	32	5	37	19.70	*	1:6
Total =	308	50	358	186.99	*	1:6.16

* ($p < 0.05$)

DETERMINACIÓN DE LA EDAD POR MEDIO DE OTOLITOS

Para la determinación de la edad de la población de *Oreochromis niloticus*, se utilizaron 786 pares de otolitos que correspondieron a 393 organismos capturados entre marzo de 2003 y febrero de 2004 en la presa “Emiliano Zapata”. Cabe mencionar que para este estudio los otolitos utilizados presentaron anillos marcados de forma nítida lo que facilitó su lectura.

La lectura se llevó a cabo al medir los anillos opacos del otolito en donde se concentran grandes cantidades de proteína. Para determinar que radio total de los otolitos (izquierdo ó derecho) presentaba una mayor relación con la longitud total del organismo y así poderlo utilizar para el análisis para determinación de la edad, se aplicó el análisis de correlación (cuadro 7).

Cuadro 7. Matriz de correlación para otolito (izq. y der.) y longitud total de *O. niloticus*.

		Longitud Total	LOG Long Total	Otolito Derecho	LOG Otolito Derecho	Otolito Izquierdo	LOG Otolito Izquierdo
Longitud Total	Correlación	1	0.973	0.827	0.887	0.846	0.895
LOG Long Total	Correlación	0.973	1	0.840	0.928	0.853	0.941
Otolito Derecho	Correlación	0.827	0.840	1	0.965	0.916	0.909
LOG Otolito Derecho	Correlación	0.887	0.928	0.965	1	0.913	0.963
Otolito Izquierdo	Correlación	0.846	0.853	0.916	0.913	1	0.961
LOG Otolito Izquierdo	Correlación	0.895	0.941	0.909	0.963	0.961	1

($p < 0.05$)

De acuerdo con los resultados del coeficiente de correlación ($p < 0.05$), se determinó que los valores de los logaritmos de los radios de los otolitos izquierdos ($r = 0.941$) se utilizarían para llevar a cabo los análisis correspondientes para la determinación de la edad.

Asimismo, se realizó el análisis de covarianza entre el logaritmo del radio del otolito y el logaritmo de la longitud total del pez, para determinar si existían diferencias significativas entre los sexos (cuadro 8).

Cuadro 8. Análisis de covarianza entre el logaritmo de la longitud total del pez y el logaritmo del radio total del otolito izquierdo de *O. niloticus*.

Número de observaciones =	393	R-cuadrada =	0.8952		
Raíz MSE =	0.05254	R-cuadrada ajus. =	0.8939		
Fuente	Parcial SS	gl	MS	F	Prob > F
Modelo	9.12623292	5	1.82524658	661.22	0.0000
loglt	0.810157798	1	0.810157798	293.49	0.0000
sexo	0.103798631	2	0.051899316	18.80	0.0000
loglt*sexo	0.101771466	2	0.050885733	18.43	0.0000
Residuos	1.06827925	387	0.002760412		
Total	10.1945122	392	0.026006409		

El resultado que se obtuvo del análisis indica que existen diferencias significativas entre los sexos ($F= 18.43$, $p<0.05$), por lo tanto se determinó la edad y el crecimiento de manera independiente para cada uno de los sexos.

La regresión entre el logaritmo del radio del otolito y el logaritmo de la longitud total para la población, machos y hembras presentó una tendencia lineal con un intercepto diferente al origen, lo que indica que no hay proporcionalidad directa entre estas variables (figuras 8, 9 y 10).

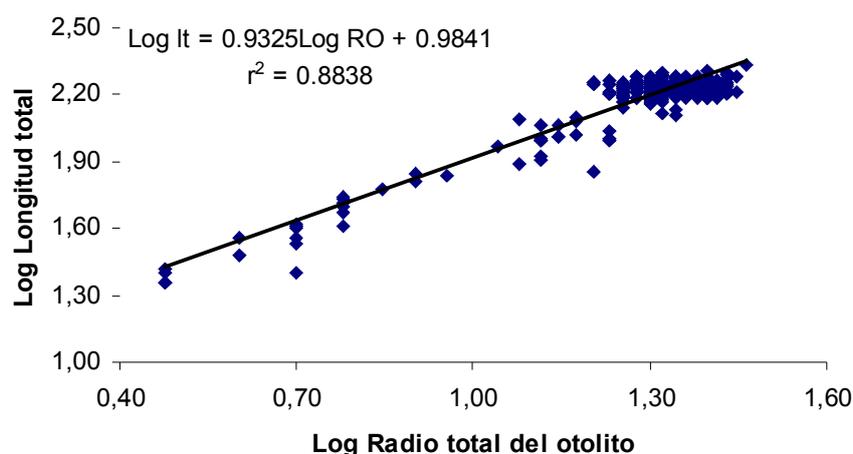


Figura 8. Relación entre el logaritmo del radio del otolito y el logaritmo de la longitud total para la población total de *O. niloticus*.

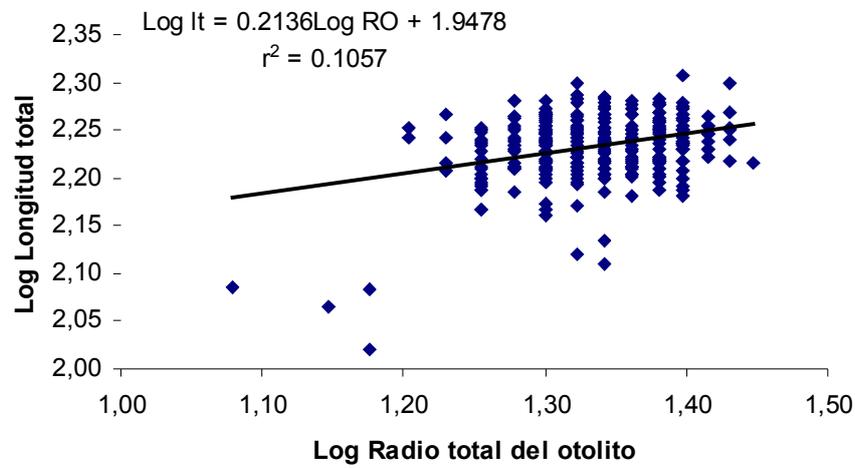


Figura 9. Relación entre el logaritmo del radio del otolito y el logaritmo de la longitud total para los machos de *O. niloticus*.

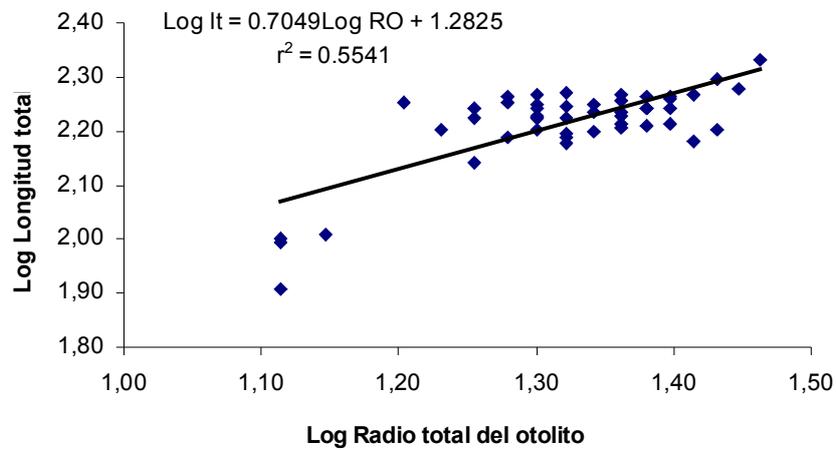


Figura 10. Relación entre el logaritmo del radio del otolito y el logaritmo de la longitud total para las hembras de *O. niloticus*.

La asociación entre el radio de la estructura y la talla mostró que el mejor comportamiento para esta relación fue del tipo potencial.

A continuación se presentan las tablas que contienen los valores promedio para cada anillo de las lecturas de las marcas de crecimiento de los otolitos, en donde se puede observar que fueron consistentes por sexo y para la población (cuadros 9, 10 y 11).

Cuadro 9. Valores promedio para cada anillo obtenidos de la lectura del otolito para la población total de *Oreochromis niloticus*.

Anillo	n	Radios correspondientes a cada anillo (mm)			
		$(\bar{x} \pm \text{d.e.})$			
		1	2	3	4
1	2	0.55 ± 0.07			
2	7	0.49 ± 0.07	1.17 ± 0.11		
3	68	0.52 ± 0.07	1.18 ± 0.17	1.63 ± 0.18	
4	281	0.58 ± 0.13	1.16 ± 0.22	1.68 ± 0.21	2.04 ± 0.23
Radio Promedio (mm)		0.53	1.17	1.65	2.04
d.e.		0.06	0.11	0.04	0.23
Inter. Conf.		± 0.23	± 0.54	± 0.10	± 0.27

d.e. = desviación estándar; n = número de peces

Cuadro 10. Valores promedio para cada anillo obtenidos de la lectura del otolito para los machos de *Oreochromis niloticus*.

Anillo	n	Radios correspondientes a cada anillo (mm)			
		$(\bar{x} \pm \text{d.e.})$			
		1	2	3	4
1	1	0.60 ± 0.0			
2	4	0.50 ± 0.08	1.22 ± 0.1		
3	55	0.53 ± 0.08	1.18 ± 0.18	1.6 ± 0.19	
4	248	0.57 ± 0.12	1.15 ± 0.22	1.7 ± 0.21	2.03 ± 0.23
Radio Promedio (mm)		0.55	1.18	1.65	2.03
d.e.		0.04	0.03	0.02	0.23
Inter. Conf.		± 0.88	± 0.34	± 0.06	± 0.28

d.e. = desviación estándar; n = número de peces

Cuadro 11. Valores promedio para cada anillo obtenidos de la lectura del otolito para las hembras de *Oreochromis niloticus*.

Anillo	n	Radios correspondientes a cada anillo (mm)			
		$(\bar{x} \pm \text{d.e.})$			
		1	2	3	4
1	1	0.50 ± 0.0			
2	3	0.47 ± 0.06	1.10 ± 0.10		
3	13	0.49 ± 0.05	1.17 ± 0.15	1.58 ± 0.16	
4	33	0.62 ± 0.12	1.21 ± 0.24	1.76 ± 0.20	2.11 ± 0.24
Radio promedio (mm)		0.52	1.16	1.67	2.11
d.e.		0.07	0.06	0.13	0.24
Inter. Conf.		± 1.37	± 0.66	± 0.70	± 0.83

d.e. = desviación estándar; n = número de peces

Con base en los resultados se pudieron determinar cuatro grupos de edad a partir de las lecturas de cada uno de los anillos de los otolitos para la población total, machos y hembras. En la figura 11 se muestran un otolito que presenta tres marcas de crecimiento y en la figura 12 se presenta un otolito que presenta cuatro marcas de crecimiento.

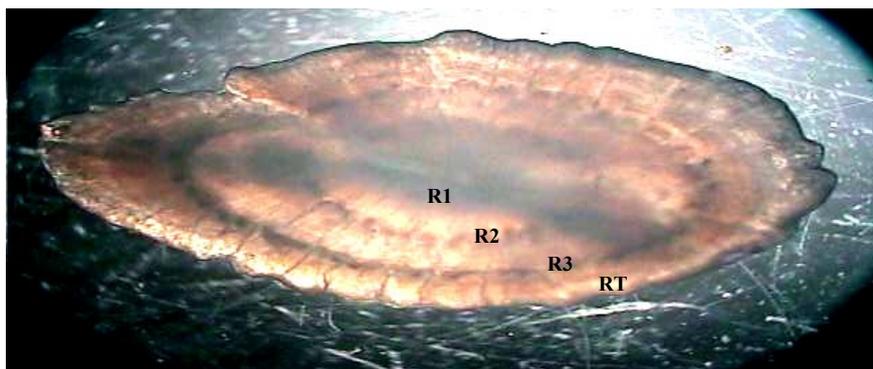


Figura 11. Presencia de tres anillos de crecimiento en un otolito *sagitta* correspondiente a un macho de *O. niloticus*, capturado el mes de abril de 2003.

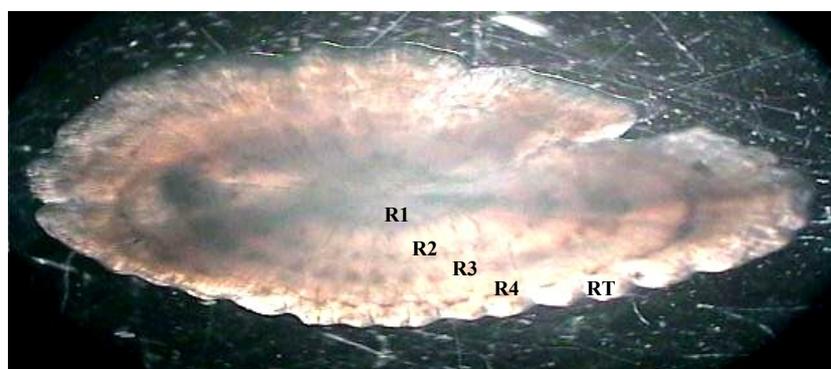


Figura 12. Presencia de cuatro anillos de crecimiento en un otolito *sagitta* correspondiente a una hembra de *O. niloticus*, capturada el mes de mayo de 2003.

Las longitudes promedio por edad para la población total, machos y hembras se presentan en el cuadro 12.

Cuadro 12. Longitudes promedio por edad para la población total de *Oreochromis niloticus*.

Edad	Total			Machos			Hembras		
	Lt (mm)	d.e.	n	Lt (mm)	d.e.	n	Lt (mm)	d.e.	n
0.5	45.6	10.8	29	104.7	0	1	52.1	0	1
1	93.1	21.1	15	130.4	11.8	4	98.2	5.0	3
1.5	137.0	11.7	68	153.9	9.7	55	138.0	12.4	13
2	159.3	11.4	281	165.5	10.4	248	162.3	12.3	33

En la figura 13 se muestra el diagrama de cajas con los cuatro grupos de edades que se obtuvieron para *Oreochromis niloticus*, se observa que las medianas de los grupos de edad (1.5) y (2.0) se traslapan por lo que se considera que no existen diferencias significativas entre estos grupos ($p < 0.05$), mientras que entre los grupos restantes si existen diferencias significativas estadísticamente hablando.

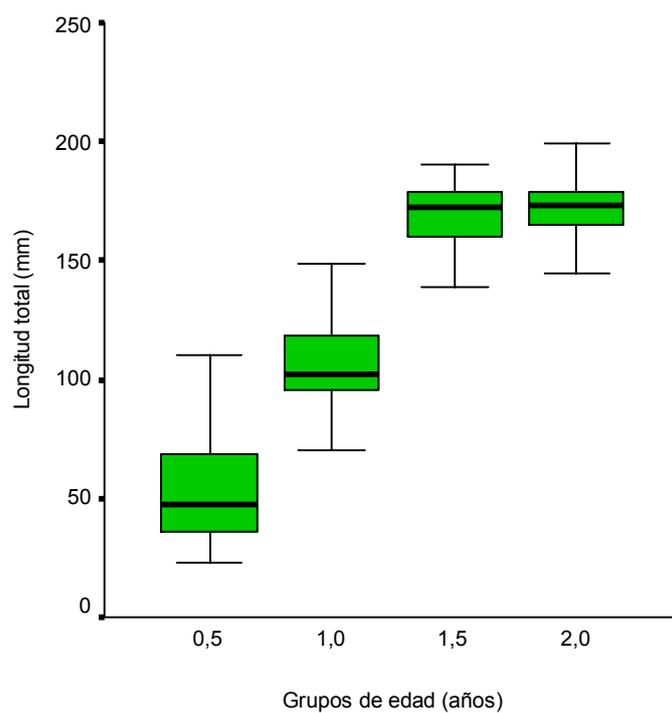


Figura 13. Comportamiento de la longitud para cada grupo de edad de la población total de *Oreochromis niloticus*.

Para validar el método de lectura de anillos presentes en otolitos, y para determinar cuando se realiza la depositación de las marcas de crecimiento, se realizó el análisis del incremento marginal, el cuál indicó que existen diferentes periodos de depositación.

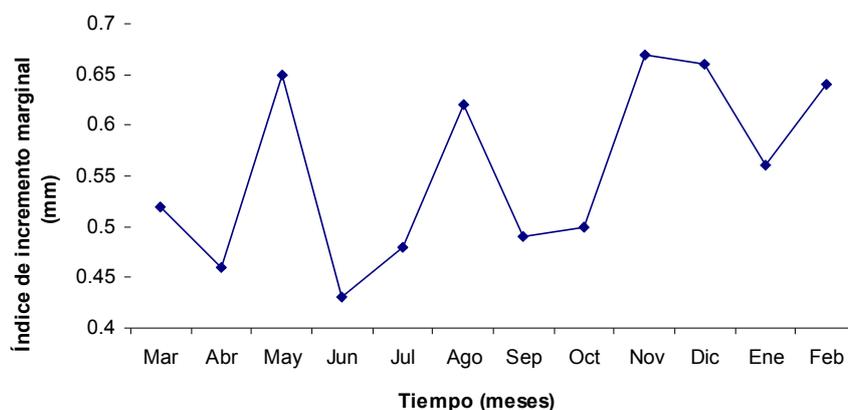


Figura 14. Variación del incremento marginal en otolitos para la población total de *Oreochromis niloticus*

En la figura 14 se observa que el valor mínimo del índice de crecimiento marginal para la población total es en los meses de junio y septiembre; lo cual indica que posiblemente existen dos periodos de depositación a lo largo de un año. Esto muestra que la formación de anillos en esta población se da aproximadamente cada seis meses.

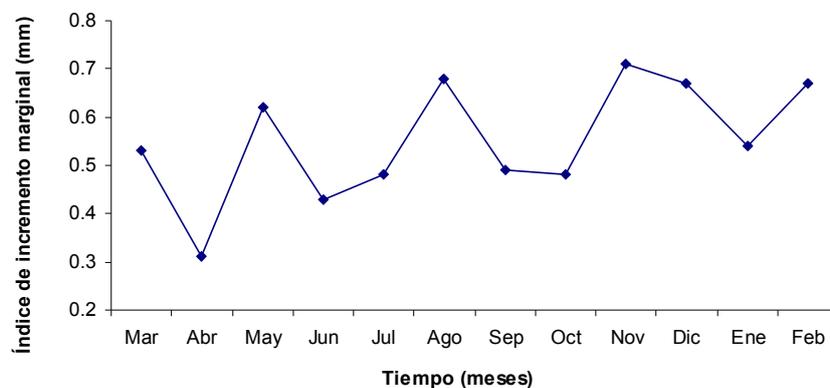


Figura 15. Variación del incremento marginal en otolitos para los machos de *Oreochromis niloticus*.

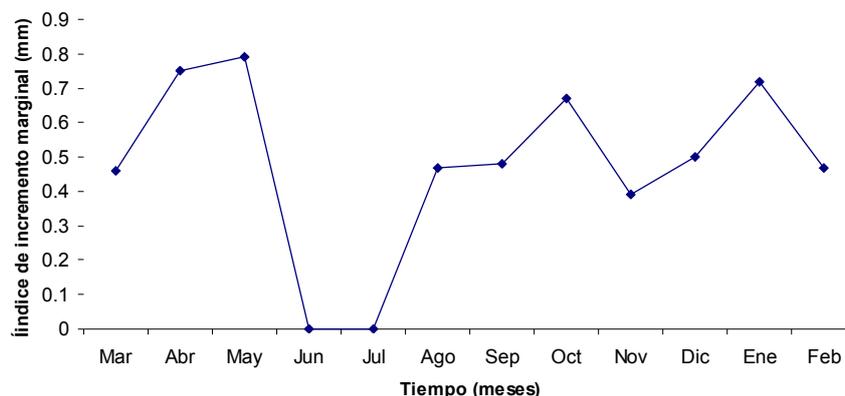


Figura 16. Variación del incremento marginal en otolitos para las hembras de *Oreochromis niloticus*.

En la figura 15 se observa que los periodos de depositación para los machos se dan en los meses de abril, junio y octubre mientras que en el caso de las hembras (figura 16) los periodos de depositación se dan en los meses de junio, julio, noviembre y febrero. En otras palabras, lo antes mencionado puede interpretarse de la siguiente manera, que el periodo de depositación se relaciona a la formación de un anillo opaco que correspondería a periodos favorables de crecimiento (temperatura alta, abundancia de recursos tróficos, etc.), y un anillo hialino o traslúcido que es formado en periodos desfavorables. Por lo tanto se asume que cada anillo de crecimiento se forma aproximadamente cada seis meses, lo que significa que los organismos del grupo de edad 1 tendrían 12 meses de edad aproximadamente.

El análisis del borde de los otolitos, mostró que la depositación de anillos de crecimiento se da principalmente entre los meses de agosto, noviembre, diciembre y febrero. (Cuadro 13).

Cuadro 13. Porcentaje de organismos con anillo en el borde del otolito para la población de *Oreochromis niloticus*.

Mes	Porcentaje	Mes	Porcentaje
Mar	56.7	Sep	92.9
Abr	12.0	Oct	89.7
May	40.7	Nov	100
Jun	76.9	Dic	100
Jul	73.3	Ene	38.8
Ago	100	Feb	100

CRECIMIENTO EN LONGITUD Y PESO

En el cuadro 16 se presentan las estimaciones de los parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy en longitud y peso, utilizando los métodos de Ford-Walford (1949) y Beverton & Holt (1957) (cuadros 14 y 15), a partir de los grupos de edad obtenidos por el método de lectura de estructuras duras (otolitos).

Cuadro 14. Estimación de los valores de L_{∞} y k obtenidos por el método de Ford-Walford (1949) para *Oreochromis niloticus*.

	Población	Machos	Hembras
Intercepto	62.98	57.02	60.83
Pendiente	0.72	0.71	0.75
r^2	0.9735	0.9722	0.9907
r^2 ajustado	0.9470	0.9444	0.9814
L_{∞} (mm)	230.74	201.16	242.61
K	0.3188	0.3333	0.2886

Cuadro 15. Estimación de los valores de t_0 y k obtenidos por el método de Beverton & Holt (1957) para *Oreochromis niloticus*.

	Población	Machos	Hembras
Intercepto	5.55	4.91	5.54
Pendiente	-0.64	-0.67	-0.58
r^2	0.9959	0.9956	0.9986
r^2 ajustado	0.9938	0.9934	0.9979
K	0.64	0.67	0.58
t_0	0.1683	-0.5856	0.0890

Cuadro 16. Parámetros que describen el crecimiento de *Oreochromis niloticus* en la Presa "Emiliano Zapata", derivados de la lectura de otolitos.

	L_{∞} (mm)	P_{∞} (g)	K	t_0 (años)
Población total	230.74	200.2	0.64	0.1683
Machos	201.16	129	0.67	-0.5856
Hembras	242.61	249.2	0.58	0.0890

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

$$\text{Población total: } Pt = 200.2 \left[\left(1 - \exp \left(- (0.64) (t - (0.1683)) \right) \right) \right]^{2.83}$$

$$\text{Machos: } Pt = 129 \left[\left(1 - \exp \left(- (0.67) (t - (-0.5856)) \right) \right) \right]^{2.49}$$

$$\text{Hembras: } Pt = 249.2 \left[\left(1 - \exp \left(- (0.58) (t - (0.0890)) \right) \right) \right]^{3.08}$$

En las figuras 17 y 18 se presentan las curvas de crecimiento en longitud total y peso obtenidas por medio del método de lectura de otolitos para la población total, machos y hembras. Se puede observar que la curva de crecimiento en longitud para los machos presentó un desarrollo acelerado en los primeros 2 años de edad y posteriormente disminuye hasta alcanzar la asíntota. La curva de crecimiento para las hembras presenta un comportamiento muy similar al de la población total.

En cuanto a las curvas de crecimiento en peso, se observa que en general se presenta un desarrollo lento en los primeros dos años de edad, aunque son los machos quienes presentan un desarrollo ligeramente mayor a la población total y a las hembras en este mismo orden. Sin embargo, rebasando los 2 años de edad, son las hembras quienes mantienen una tasa de crecimiento mayor a los machos y la población total.

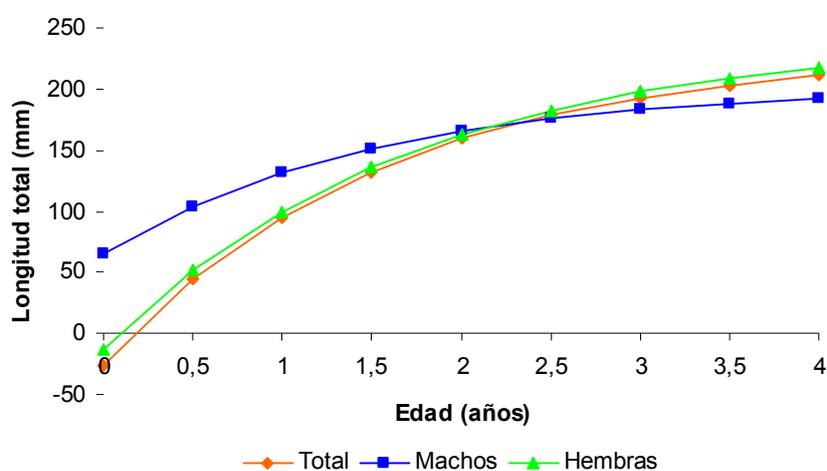


Figura 17. Curva de crecimiento en longitud para la población total de *Oreochromis niloticus*.

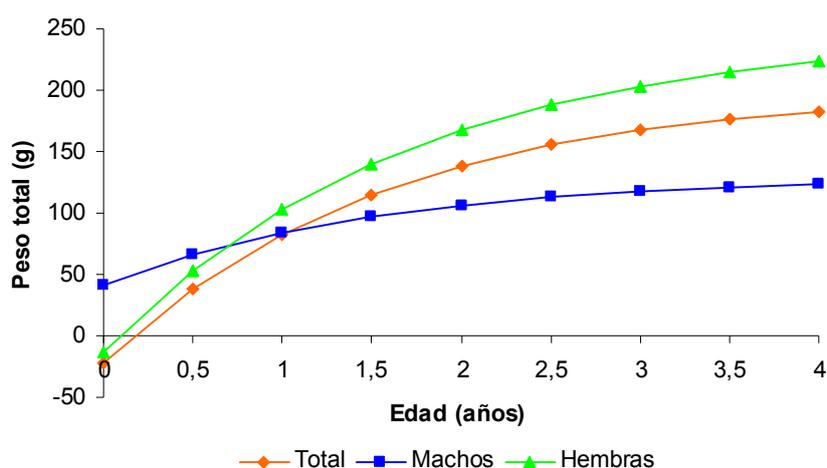


Figura 18. Curva de crecimiento en peso total, estimada para la población total de *Oreochromis niloticus*.

DETERMINACIÓN DE LA EDAD POR MEDIO DE ESCAMAS

Para llevar a cabo la determinación de la edad de la población de *Oreochromis niloticus*, se leyeron 2142 escamas que correspondían a 357 organismos capturados entre los meses de marzo de 2003 a febrero de 2005 en la presa “Emiliano Zapata”. Por cada organismo se seleccionaron 6 escamas que estuvieran en excelentes condiciones, es decir, que estuvieran completas y que no fueran regeneradas.

De los 357 organismos, 308 fueron machos y 49 hembras. Cabe mencionar que por lo regular la lectura de anillos en escamas es sumamente difícil; sin embargo, para este estudio las escamas utilizadas presentaron anillos marcados de forma clara lo que facilitó su lectura.

Se realizó el análisis de covarianza (ANDECOVA) entre el logaritmo del radio total de la escama y el logaritmo de la longitud total del pez, para determinar si existían diferencias significativas entre los sexos (cuadro 17).

Cuadro 17. Análisis de covarianza entre el logaritmo de la longitud total del pez y el logaritmo del radio total de la escama de la población de *Oreochromis niloticus*.

Número de observaciones = 357		R-cuadrada = 0.5000			
Raíz MSE = 0.038876		R-cuadrada ajust. = 0.4958			
Fuente	Parcial SS	gl	MS	F	Prob > F
Modelo	.533591978	3	0.177863993	117.69	0.0000
sexo	0.00207102	1	0.00207102	1.37	0.2425
loglt	0.461061081	1	0.461061081	305.07	0.0000
sexo*loglt	0.001986277	1	0.001986277	1.31	0.2524
Residuos	0.533495874	353	0.00151132		
Total	1.06708785	356	0.002997438		

El resultado que se obtuvo del análisis indica que no existen diferencias significativas entre los sexos ($F= 1.31$, $p>0.05$), sin embargo, se realizaron los análisis para la determinación de la edad y el crecimiento de manera independiente para cada uno de los sexos.

La regresión entre el logaritmo del radio de la escama y el logaritmo de la longitud total para la población, presentó una tendencia lineal con un intercepto diferente al origen, lo que indica que no hay proporcionalidad directa entre el logaritmo del radio de la escama y el logaritmo de la longitud total del pez. (figuras 19, 20 y 21).

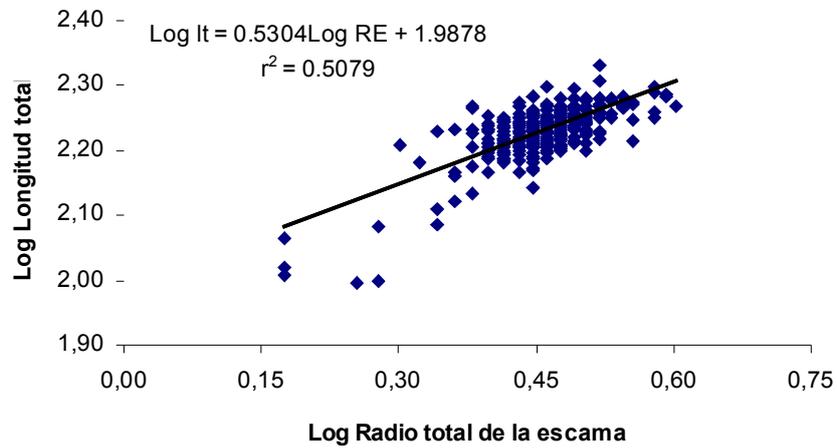


Figura 19. Relación entre el logaritmo del radio de la escama y el logaritmo de la longitud total para la población total de *Oreochromis niloticus*.

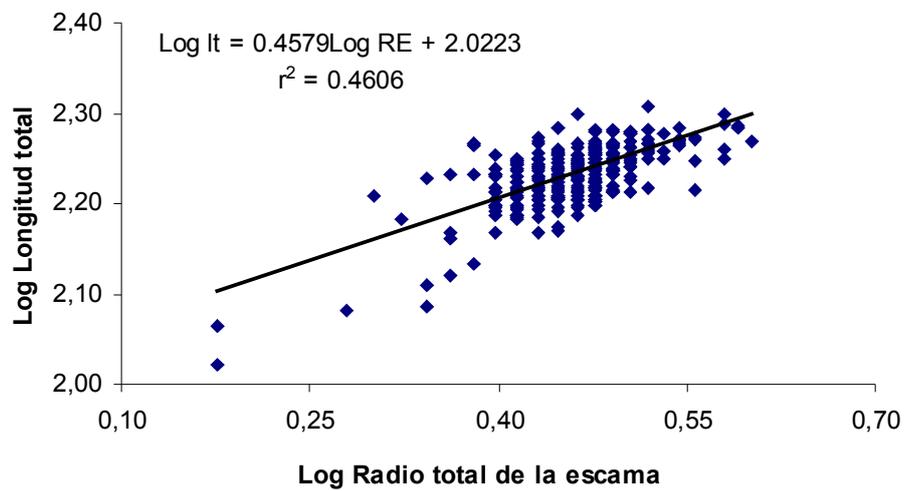


Figura 20. Relación entre el logaritmo del radio de la escama y el logaritmo de la longitud total para los machos de *Oreochromis niloticus*.

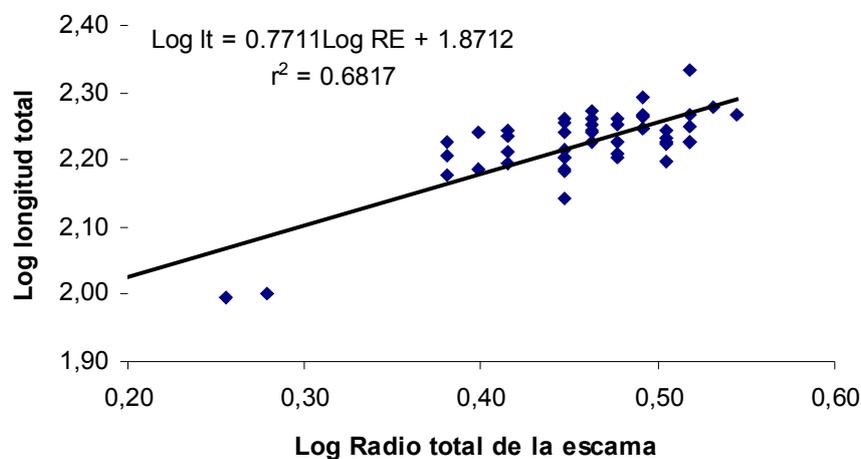


Figura 21. Relación entre el logaritmo del radio de la escama y el logaritmo de la longitud total para las hembras de *Oreochromis niloticus*.

A continuación se presentan las tablas que contienen los valores promedio para cada anillo de la lectura de las marcas de crecimiento de las escamas, en donde se puede observar que fueron muy constantes para la mayoría de la población. Los valores se presentan de manera separada; es decir, para la población total, machos y hembras (cuadros 18, 19 y 20).

Cuadro 18. Valores promedio para cada anillo de las escamas para la población total de *O. niloticus*.

Anillo	n	Radio correspondientes a cada anillo (mm)			
		$(\bar{x} \pm \text{d.e.})$			
		1	2	3	4
1	3	1.1 ± 0.1			
2	5	1.34 ± 0.15	1.7 ± 0.1		
3	68	1.39 ± 0.19	2.02 ± 0.23	2.42 ± 0.23	
4	281	1.47 ± 0.18	2.03 ± 0.22	2.45 ± 0.24	2.76 ± 0.28
Radio promedio (mm)		1.32	1.91	2.43	2.76
d.e.		0.15	0.18	0.22	0.28
Inter. Conf.		± 1.77	± 1.65	± 0.05	± 0.32

d.e. = desviación estándar

Cuadro 19. Valores promedio para cada anillo de las escamas para los machos de *O. niloticus*.

Anillo	n	Radios correspondientes a cada anillo (mm)			
		$(\bar{x} \pm \text{d.e.})$			
		1	2	3	4
1	2	1.15 ± 0.07			
2	3	1.33 ± 0.21	1.77 ± 0.06		
3	55	1.36 ± 0.20	1.99 ± 0.23	2.40 ± 0.23	
4	248	1.46 ± 0.18	2.03 ± 0.21	2.45 ± 0.24	2.76 ± 0.28
Radio promedio (mm)		1.32	1.93	2.42	2.76
d.e.		0.13	0.14	0.035	0.28
Inter. Conf.		± 1.79	± 1.61	± 0.09	± 1.41

d.e. = desviación estándar

Cuadro 20. Valores promedio para cada anillo de las escamas para las hembras de *O. niloticus*.

Anillo	n	Radios correspondientes a cada anillo (mm)			
		$(\bar{x} \pm \text{d.e.})$			
		1	2	3	4
1	1	1.0 ± 0			
2	2	1.35 ± 0.07	1.6 ± 0		
3	13	1.47 ± 0.14	2.15 ± 0.18	2.51 ± 0.16	
4	33	1.48 ± 0.19	2.04 ± 0.23	2.48 ± 0.27	2.8 ± 0.26
Radio promedio (mm)		1.32	1.93	2.49	2.8
d.e.		0.23	0.29	0.024	0.26
Inter. Conf.		± 4.43	± 4.01	± 0.13	± 0.90

d.e. = desviación estándar

Tomando en cuenta los resultados que se obtuvieron entre el radio de la escama y la longitud total del organismo, se pudieron determinar cuatro grupos o clases de edad a partir de las lecturas de cada uno de los anillos de las escamas (figura 22).

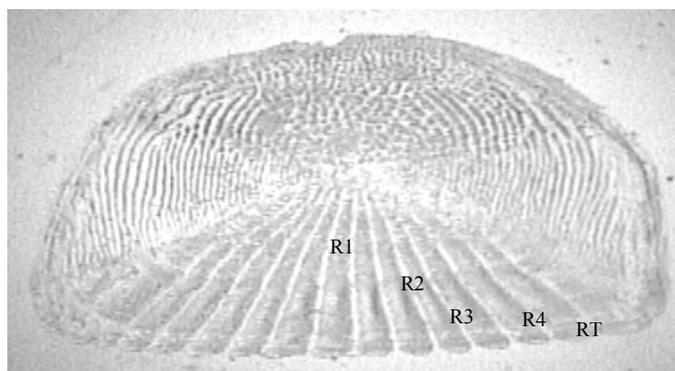


Figura 22. Presencia de cuatro anillos de crecimiento en una escama correspondiente a una hembra de *O. niloticus*, capturada el mes de febrero de 2004.

Las longitudes promedio de edad para la población total, machos y hembras se presentan en el cuadro 21.

Cuadro 21. Longitudes promedio por edad para la población total de *Oreochromis niloticus*.

Edad	Total			Machos			Hembras		
	Lt (mm)	d.e.	n	Lt (mm)	d.e.	n	Lt (mm)	d.e.	n
0.5	120.8	6.3	3	126.7	6.2	2	107.8	0	1
1	138.5	21.7	5	144.4	19.6	3	127.4	0.2	2
1.5	159.6	10.3	68	160.9	10.0	55	156.3	11.2	13
2	168.1	10.6	281	168.3	10.4	248	168.5	12.0	33

En la figura 23 se muestra el diagrama de cajas con los cuatro grupos de edades que se obtuvieron para *Oreochromis niloticus*, se observa que las medianas de los grupos de edad 0.5 y 1 se traslapan por lo que se considera que no existen diferencias significativas entre estos grupos ($p < 0.05$), mientras que entre los grupos de edad 1.5 y 2 presentan el mismo comportamiento, por lo que se puede manifestar que entre estos grupos tampoco existen diferencias significativas. Solo los grupos de edad 1 y 1.5 presentaron diferencias significativas.

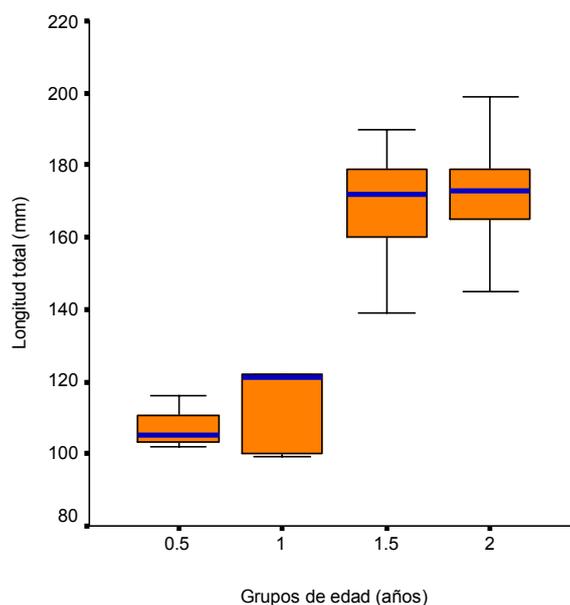


Figura 23. Comportamiento de la longitud para cada grupo de edad de la población total de *Oreochromis niloticus*.

Para darle validez al método de lectura de anillos presentes en estructuras duras (escamas), para determinar la depositación de las marcas de crecimiento, se realizó el análisis del incremento marginal, el cuál indicó que existen diferentes periodos de depositación.

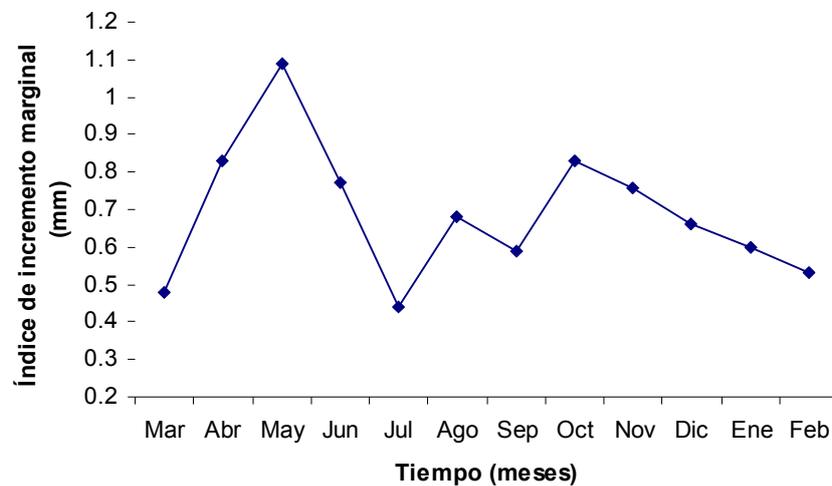


Figura 24. Variación del incremento marginal en escamas para la población total de *Oreochromis niloticus*.

En la figura 24 se observa que el valor mínimo del índice de crecimiento marginal para la población total es en los meses de julio y febrero; lo cual indica que posiblemente existen dos periodos de depositación a lo largo de un año. Esto muestra que la formación de anillos en esta población se da aproximadamente cada 6 meses.

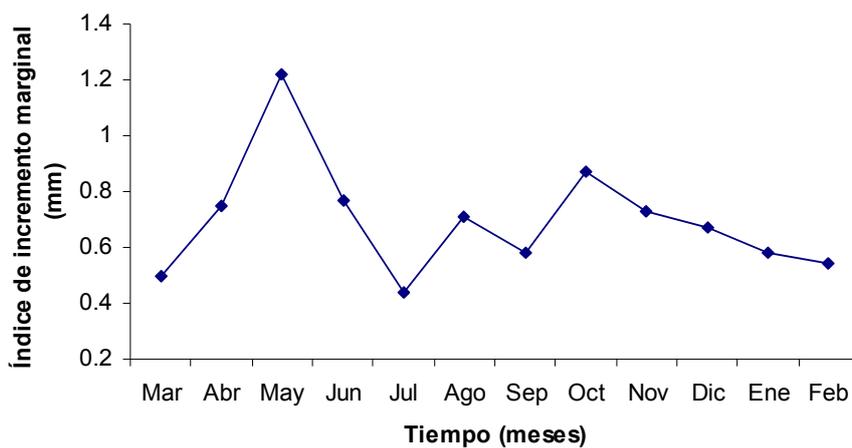


Figura 25. Variación del incremento marginal en escamas para los machos de *Oreochromis niloticus*.

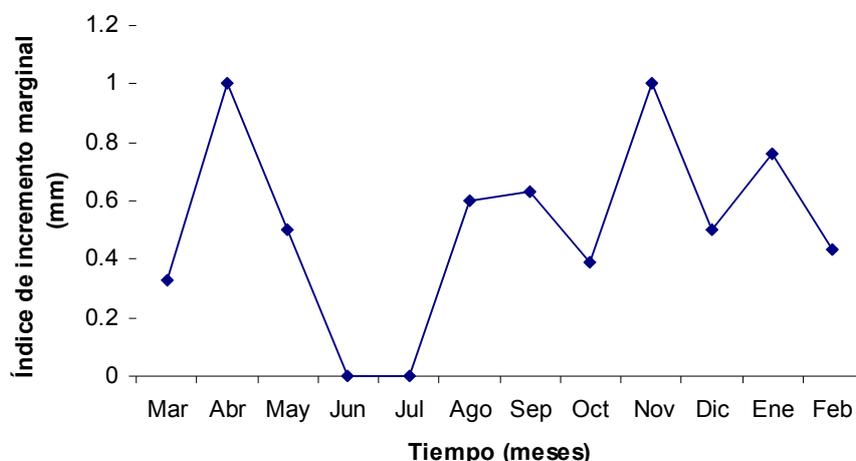


Figura 26. Variación del incremento marginal en escamas para las hembras de *Oreochromis niloticus*.

En las figura 25 se observa que los periodos de depositación para los machos se dan en los mismos meses que para la población total, mientras que en el caso de las hembras los periodos de depositación se dan en los meses de junio, julio y febrero (figura 26).

En otras palabras lo antes mencionado puede interpretarse de la siguiente manera, que los dos periodos de depositación se relacionan a la formación de un anillo opaco que correspondería a periodos favorables de crecimiento (temperatura alta, abundancia de recursos tróficos, etc.), y un anillo hialino o traslúcido que es formado en periodos desfavorables de crecimiento. Por lo tanto se asume que cada anillo de crecimiento se forma aproximadamente cada seis meses, lo que significa que los organismos del grupo de edad I tendrían 1 año de edad aproximadamente.

El análisis del borde de los otolitos, mostró que la depositación de anillos de crecimiento se da principalmente entre los meses de junio a diciembre, no obstante en febrero se presenta otra importante depositación. Aunque los meses importantes son julio, agosto, noviembre, diciembre y febrero. (cuadro 22).

Cuadro 22. Porcentaje de organismos con anillo en el borde de la escama para la población total de *Oreochromis niloticus*.

Mes	Porcentaje	Mes	Porcentaje
Mar	56.7	Sep	92.9
Abr	12.0	Oct	89.7
May	40.7	Nov	100
Jun	76.9	Dic	100
Jul	95.7	Ene	68.4
Ago	100	Feb	100

CRECIMIENTO EN LONGITUD Y PESO

En el cuadro 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 (1949) y Beverton & Holt (1957) (cuadros 23 y 24), a partir de los grupos de edad obtenidos por el método de lectura de estructuras duras (escamas).

Cuadro 23. Estimación de los valores de L_{∞} y k obtenidos por el método de Ford-Walford (1949) para *Oreochromis niloticus*.

	Población	Machos	Hembras
Intercepto	50.47	56.83	44.32
Pendiente	0.75	0.70	0.81
r^2	0.9174	0.9620	0.8883
r^2 ajustado	0.8347	0.9240	0.7767
L_{∞} (mm)	203.07	190.48	240.12
K	0.2857	0.3543	0.2041

Cuadro 24. Estimación de los valores de t_0 y k obtenidos por el método de Beverton & Holt (1957) para *Oreochromis niloticus*.

	Población	Machos	Hembras
Intercepto	4.72	4.52	5.11
Pendiente	-0.59	-0.72	-0.42
r^2	0.9873	0.9937	0.9837
r^2 ajustado	0.9809	0.9906	0.9756
K	0.59	0.72	0.42
t_0	-1.0117	-1.0118	-0.8789

Cuadro 25. Parámetros que describen el crecimiento de *Oreochromis niloticus* en la Presa "Emiliano Zapata", derivados de la lectura de escamas.

	L_{∞} (mm)	P_{∞} (g)	K	t_0 (años)
Población total	203.07	135.1	0.59	-1.0117
Machos	190.48	112.6	0.72	-1.0118
Hembras	240.12	225.3	0.42	-0.8789

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

$$\text{Población total: } Pt = 135.1 \left[\left(1 - \exp \left(- (0.59) (t - (-1.0117)) \right) \right) \right]^{2.83}$$

$$\text{Machos: } Pt = 112.6 \left[\left(1 - \exp \left(- (0.72) (t - (-1.0118)) \right) \right) \right]^{2.49}$$

$$\text{Hembras: } Pt = 225.3 \left[\left(1 - \exp \left(- (0.42) (t - (-0.8789)) \right) \right) \right]^{3.08}$$

En la figura 27 se presentan las curvas de crecimiento en longitud en donde se observa que en general se presenta un desarrollo relativamente lento en los primeros doce meses de edad, aunque son los machos quienes presentan un desarrollo ligeramente mayor a la población total y a las hembras hasta llegar a los 2 años de edad.

Pasando los 2 años de edad se invierte dicho comportamiento, siendo las hembras quienes presentan un desarrollo más acelerado, seguidas por la población total y los machos. También se puede observar que pasando los 2 años de edad el crecimiento se vuelve más lento, pero no se detiene, lo que indica que los organismos alcanzan la asíntota rebasando los dos años de edad.

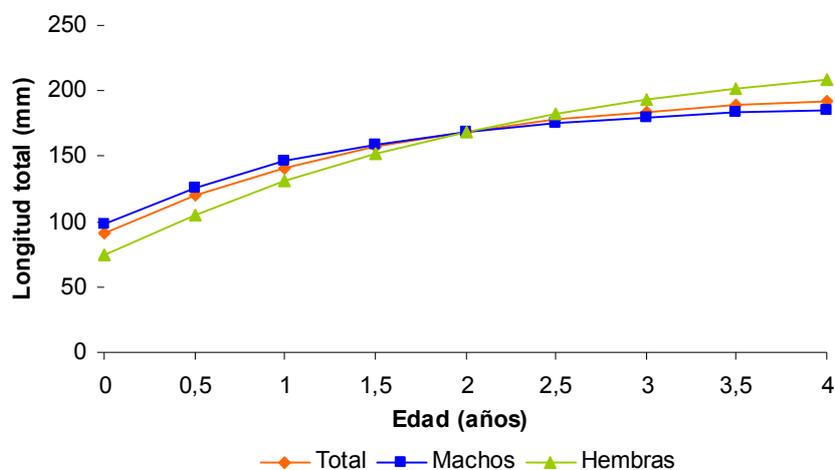


Figura 27. Curvas de crecimiento en longitud, estimadas para la población total, machos y hembras de *Oreochromis niloticus*, derivada de la lectura de escamas según el modelo de Ludwig von Bertalanffy.

En la figura 28 se presentan las curvas de crecimiento en peso obtenidas por medio del método de lectura de escamas para la población total, machos y hembras. Se puede observar que en general las tres curvas de crecimiento presentaron el mismo comportamiento.

De manera más simplificada se observa que el desarrollo para toda la población es realmente lento en los primeros 2 años de edad, pasando esta edad el crecimiento en peso se dispara de forma importante. Las hembras son las que presentan un desarrollo más pronunciado a diferencia de los machos.

En otras palabras el comportamiento de las curvas de crecimiento tanto en longitud como en peso muestran claramente que los organismos crecen primero en longitud durante los doce meses de vida iniciales, para posteriormente crecer en peso.

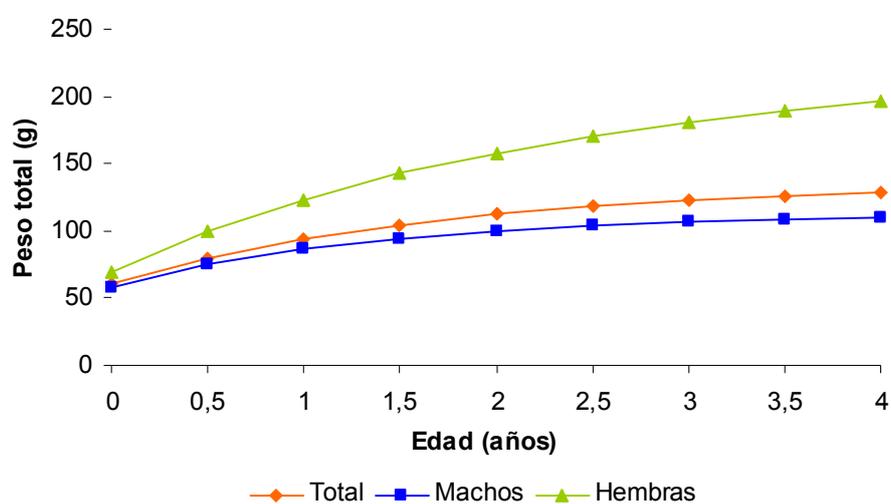


Figura 28. Curvas de crecimiento en peso, estimadas para la población total, machos y hembras de *Oreochromis niloticus*, derivada de la lectura de escamas según el modelo de Ludwig von Bertalanffy.

PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS

Para la temperatura ambiental el valor mínimo que se registró fue de 18.4 °C correspondiente al mes de enero de 2004, mientras que el valor máximo fue de 30.8 °C y se obtuvo en el mes de noviembre de 2003. La temperatura media anual ambiental para todo el estudio fue de 25.15 °C.

Respecto a la temperatura que presentó el agua, el valor mínimo que se registró fue de 21.6 °C correspondiente al mes de enero de 2004, comportándose de igual forma que la temperatura ambiental para este mes. El valor máximo reportado fue de 32.5 °C, registrado en el mes de julio de 2003. La temperatura media anual del agua durante todo el estudio fue de 27.47 °C.

En general se puede mencionar que los valores de la temperatura ambiental siempre se mantuvieron por debajo de los valores de la temperatura del agua, con excepción de noviembre de 2003 en donde la temperatura ambiental fue mayor que la del agua y el mes de diciembre del mismo año, en donde las dos temperaturas sólo presentaron una décima de diferencia (figura 29).

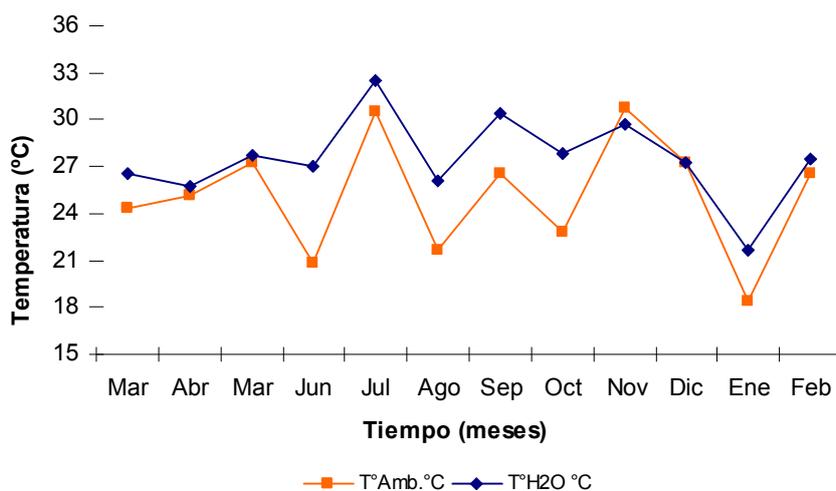


Figura 29. Comportamiento de la temperatura ambiental y del agua, de la Presa "Emiliano Zapata".

Respecto a los niveles de oxígeno disuelto (figura 30) se obtuvo un valor mínimo de 3.77 mg/L en el mes de agosto de 2003, mientras que el valor máximo se registró en el mes de febrero de 2004 con 11.10 mg/L. El valor promedio registrado para todo el estudio fue de 6.31 mg/L. En la misma figura se observa que los valores bajos se presentan en la época calurosa comprendida entre los meses de marzo a agosto, mientras que se registraron valores más altos durante la época fría del año (septiembre-febrero).

En cuanto al pH del agua, su comportamiento fue muy homogéneo a lo largo de todo el estudio. El valor más bajo se reportó en el mes de junio de 2003, el valor más alto en el mes de febrero con 8.75 unidades; mientras que el valor promedio para el año de estudio fue de 8.17 unidades. En general, es un sistema que no presenta valores muy alejados de 7, por lo cual la calidad del agua se mantiene muy estable (figura 30).

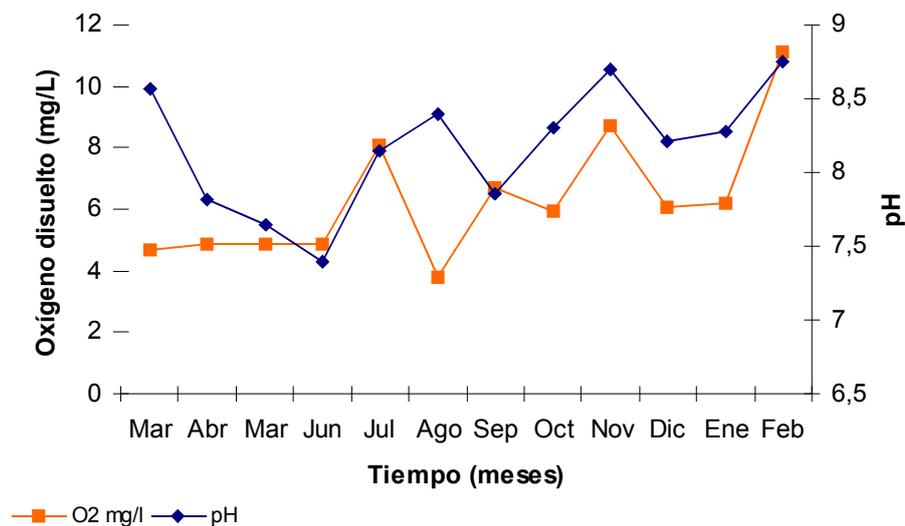


Figura 30. Comportamiento del oxígeno disuelto y el pH, durante un año de estudio en la presa "Emiliano Zapata".

En lo que se refiere a los valores de la dureza total, estos fueron menores a la alcalinidad durante todo el estudio; el valor más bajo se presentó en el mes de febrero de 2004 con 200.2 mg/L, el valor más alto en el mes de junio de 2003 con 500.5 mg/L.

El valor promedio durante el estudio fue de 350.4 mg/L. En la figura 31 se observa el comportamiento de la dureza total, mostrando que los valores son más altos en la época caliente del año y van disminuyendo conforme la época fría del año se presenta.

La alcalinidad total fluctuó entre 17 mg/L en el mes de enero de 2004 y 68.5 mg/L en el mes de julio de 2003, con un valor promedio de 31.91 mg/L. En cuanto a la conductividad eléctrica, esta presentó valores de 613 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el mes de octubre de 2003 a 871 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el mes de marzo de 2003, con valor promedio de 748.75 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para todo el año (figura 31).

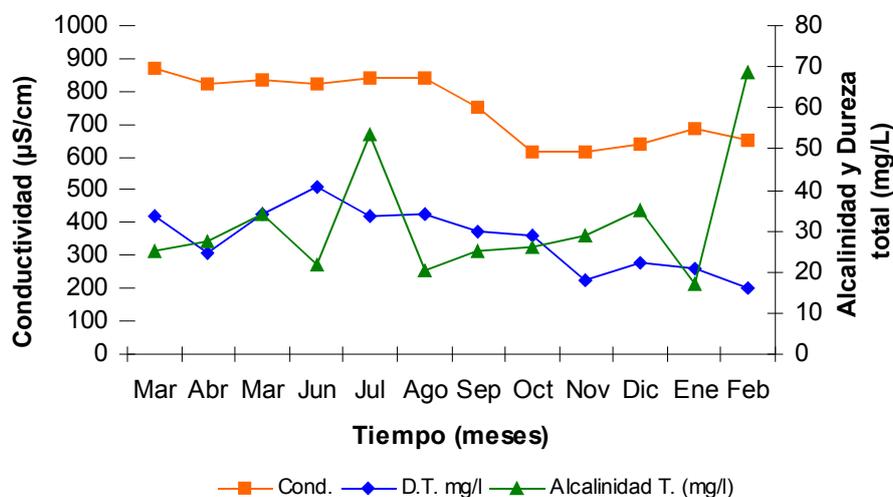


Figura 31. Comportamiento de la alcalinidad total, la dureza total (mg/L) y la conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) durante un año de estudio, en la presa “Emiliano Zapata”.

En el cuadro 26 se presentan los resultados obtenidos para los parámetros físicos y químicos del presente estudio y los realizados anteriormente en la presa “Emiliano Zapata”.

Parámetro	Granados (1990)	González y López (1997)	Pérez y Patlani (2002)	El presente estudio
Temp. Amb. (°C)	25 a 34	22 a 35.5	20 a 34	18.4 a 30.8
Temp. del agua (°C)	23 a 30	22.5 a 34	21 a 33	21.6 a 32.5
Oxígeno disuelto (mg/L)	4.1 a 11.6	0.10 a 10.58	0.17 a 10.10	3.77 a 11.10
pH	6.5 a 8.9	6.44 a 8.21	6.9 a 8.7	7.39 a 8.75
Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	205 a 910	180 a 818	444 a 697	613 a 871
Transparencia (cm)	65 a 120	54 a 106	37 a 100	30 a 55
Dureza total (mg/L)	140 a 544	324.5 a 534.8	332.6 a 563.6	200.2 a 510.5
Alcalinidad (mg/L)	5 a 120	44.4 a 89.4	7.6 a 24.7	17 a 68.5

Cuadro 26. Valores de los parámetros físicos y químicos de estudios realizados en la presa “Emiliano Zapata”.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se trabajó con una muestra de 393 organismos (308 machos, 50 hembras y 35 indeterminados), obtenida por medio de la captura comercial en la presa “Emiliano Zapata”, Estado de Morelos durante el periodo de marzo de 2003 a febrero de 2004.

La muestra estuvo compuesta por organismos con longitud total máxima de 215 mm y 182.4 g de peso total. Ramírez-Noguera y Cruz-Miguel (2002) y Pérez-Ortiz y Patlani-Santiago (2002) reportaron 255 mm de longitud total y 271.4 g de peso total en la misma especie y presa aunque la temática fue diferente. Saito-Quezada (2004) reporta 210 mm de longitud patrón para *Oreochromis niloticus* en el mismo sistema, mientras que Manríquez-Ledezma (2005) reportó una talla máxima de 232 mm y 152.7 g de peso total para la misma especie en el lago de Coatetelco, Morelos. Dicha variación en las tallas y pesos son debidas a factores como la luz de malla del arte de pesca y el pescador que obtiene la muestra.

En cuanto al análisis por sexos, en los machos se registró una talla y peso máximos de 203 mm y 146.7 g respectivamente y para las hembras de 215 mm de longitud patrón máxima y 182.4 g de peso total. Con lo anterior se puede observar que al menos para este sistema y para el tiempo de estudio, las hembras son las que alcanzaron una mayor talla que los machos. Esta especie no presenta un marcado dimorfismo sexual primario, excepto durante la época reproductiva por lo que se aplicó el análisis de covarianza (ANDECOVA) y el resultado fue que estadísticamente no existieron diferencias significativas en cuanto a las longitudes entre los sexos. No obstante, se decidió trabajar la muestra por sexos separados, para conocer de forma independiente el crecimiento de cada sexo, ya que cuando el producto se expende en el mercado de manera local o regional, muchas veces prefieren los organismos con mayor talla y en ello va implícito el sexo. Asimismo, los machos fueron el sexo predominante en todo el estudio y las hembras se presentaron en menor proporción, inclusive en los meses de junio y julio no se obtuvieron organismos de este sexo.

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

En cuanto a la adaptación es importante mencionar que *O. niloticus* resulta ser una especie que se adapta fácilmente a condiciones climáticas adversas e inclusive a ambientes contaminados (sirviendo en algunas ocasiones como bioindicador) y de igual manera lo hace para sobrevivir ante una gran cantidad de depredadores (Anónimo, 1988; Huidobro, 2000).

Con respecto a la relación peso total-longitud total es una prueba que resulta ser importante e interesante dentro del análisis de las pesquerías, ya que proporciona información sobre la condición de la población. También permite establecer el peso como una potencia de la longitud, es decir, la forma del cuerpo como reflejo de los cambios fisiológicos que sufre a través de su vida (Jiménez, 1999).

Es importante que el cálculo de la relación peso total-longitud total se realice tanto a la población total como por sexos separados, principalmente porque al usar el peso total del pez se incluye el peso de la gónada y en menor medida el del estómago, el cual puede llegar a variar dependiendo la época del año (Granado, 1996).

Para conocer el tipo de crecimiento que presenta esta especie se realizó el análisis de correlación entre el peso total, la longitud total y longitud patrón, para poder comparar los valores obtenidos y determinar que longitud se ajusta mejor para el análisis y el resultado mostró que la longitud total fue la variable que presentó un mejor ajuste, por lo cual, la longitud total fue utilizada para los análisis correspondientes.

Asimismo, se aplicó el análisis de covarianza (ANDECOVA), para determinar si existían diferencias significativas entre los machos y las hembras en cuanto a la relación peso total-longitud total. El análisis mostró que estadísticamente existen diferencias significativas entre los sexos por lo cual los datos fueron trabajados por sexo y para la población total. Este resultado indica que el dimorfismo sexual de esta especie se manifiesta en el peso total y la longitud total de cada organismo.

La relación peso total-longitud total para la población total y por sexos mostró que los datos tienen un comportamiento de tipo potencial. Los machos presentaron un valor de pendiente de 2.49 y estadísticamente la prueba (*t-Student* = 6.39; $p < 0.05$) mostró que tienen el mismo crecimiento al de la población total; alométrico negativo, es decir crecen más en longitud que en peso. Por otro lado las hembras tuvieron un valor de pendiente de 3.08, y estadísticamente la prueba (*t-Student* = 0.77; $p < 0.05$) se determinó que el valor no es diferente de 3, por lo cual se puede asumir que el tipo de crecimiento que presentan las hembras tiende a la isometría, es decir, que crecen en la misma proporción tanto en peso como en longitud.

El crecimiento alométrico negativo para *Oreochromis niloticus* ha sido reportado en diferentes estudios realizados por Garduño y Avelar (1996), Gómez-Márquez (2002) y Manríquez-Ledezma (2005) para el lago de Coatetelco, Morelos. Flores (1994) en el estudio llevado a cabo en estanques de concreto en la Ciudad de México.

Sin embargo, Santiago y Jardón (1997) en la presa Cerro del Oro, Oaxaca, reportan para *O. niloticus* crecimiento alométrico positivo (mayor crecimiento en peso que en longitud). Palacios (1995) para *Oreochromis aureus* de la presa El Infiernillo, Michoacán, menciona que el tipo de crecimiento obtenido fue alométrico negativo.

En las hembras el tipo de crecimiento que se presentó fue tendiente a la isometría, esto probablemente se debió a que el número de organismos con el que se trabajó de este sexo fue muy bajo ($n = 50$).

Sin embargo, este tipo de crecimiento es reportado por Córdova (1994) quién realizó un estudio sobre la misma especie bajo condiciones controladas de laboratorio y menciona que en bajas densidades de organismos por área, los dos sexos presentan un crecimiento que tiende a la isometría.

Pérez y Patlani (2002) mencionan que el tipo de crecimiento para la población total y los machos de la presa “Emiliano Zapata” es isométrico. De acuerdo a este análisis realizado se puede decir que los valores de pendiente obtenidos para esta especie se corroboran con estudios realizados en distintas especies y ambientes que muestran que el valor de la pendiente en condiciones naturales, oscila entre 2.5 y 3.5 (Granado, 1996).

Desde el punto de vista ecológico el que las especies presenten crecimiento alométrico negativo se debe a que los peces en condiciones naturales para evitar la depredación por otras especies, deben de crecer más en longitud y posteriormente en peso, de lo contrario la densidad de organismos por unidad de área tendería a ser baja y con el tiempo la biomasa disponible para consumo sería mínima. Por otro lado, cuando los organismos inician la madurez sexual destinan un mayor gasto energético a la elaboración de los productos sexuales, con la consecuente disminución en la elaboración de tejido somático para el crecimiento y por lo tanto, el crecimiento tiende a la isometría o es alométrico positivo.

Con respecto a la proporción sexual encontrada en este estudio fue aproximadamente de 1:6 (H:M), es decir, los machos fueron más abundantes que las hembras. Dicha proporción se puede explicar si se observan los meses de junio y julio de 2003 correspondientes a la población total, en donde solo se reportó una hembras en el mes de julio, mientras que en junio no se capturaron hembras. De hecho, a lo largo del estudio las hembras se presentaron en números muy bajos.

Aunque puede llegar a variar de especie a especie, en general, se espera que la proporción de sexos sea aproximadamente 1:1 (Nikolsky, 1963). Para *O. niloticus* una proporción sexual en donde los machos se presentaron en mayor número, fue reportado por Pérez-Ortiz y Patlani-Santiago (2002).

Ramos-Cruz (1995) afirma que la predominancia de machos en las capturas de algunos meses puede representar un mecanismo regulador de la proporción sexual (al removerse individuos de un solo sexo). Dicha apreciación suena interesante si se analiza el comportamiento que tienen los machos después de la fertilización, ya que estos no se dedican al cuidado de los huevos y se quedan en los nidos con la finalidad de seguir reproduciéndose, lo que los convierte en presa fácil para las redes en las zonas someras, mientras que las hembras suelen alejarse del nido y desplazarse a zonas probablemente más profundas o con mayor protección, en las que difícilmente pueden ser capturadas (Gómez-Márquez *et al.* 2003).

Ramírez-Noguera y Cruz-Miguel (2002) reportaron una proporción sexual de 1:1.5 hembras:machos para *Oreochromis niloticus*, en la presa “Emiliano Zapata”. Para el lago Coatetelco, Morelos Garduño y Avelar (1996) y Gómez-Márquez (2002) mencionan que la relación fue de 1:1, lo que indicó un decremento en cuanto a la población muestreada de machos, debido a distintos factores, uno de ellos es el arte de pesca utilizado, la red agallera, la cual se coloca lejos de la orilla del lago provocando que las hembras que se encuentran lejos de los nidos puedan también ser capturadas, mientras que los machos, como ya se mencionó anteriormente, se localizan cerca de los sitios de anidación, lo que los hace ser más vulnerables (Morales, 1974).

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

Otra situación que se puede presentar regularmente es que las tilapias forman cardúmenes en los que probablemente predominan siempre los machos, razón por la cual al ser capturados, las muestras para este estudio resultaron ser muy homogéneas.

DETERMINACIÓN DE LA EDAD POR MEDIO DE OTOLITOS

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

La edad de muchas especies ícticas puede determinarse a partir de las discontinuidades que ocurren en sus estructuras esqueléticas, que pueden deberse a cambios (como de temperatura) en el ambiente en que vive el pez o a otros (como el desove) en su fisiología. La lectura de anillos ó marcas de crecimiento en los otolitos se llevó a cabo por dos personas, por lo que el error de medición disminuyó notablemente (Granado, 1996).

Se aplicó un análisis de correlación ($p < 0.05$) para determinar si el radio total de los otolitos (izquierdo ó derecho) presentaba mayor relación con la longitud total del organismo y así poderlo utilizar para el análisis de la determinación de edad. El análisis indicó que el logaritmo del radio total del otolito izquierdo fue el que presentó un mejor ajuste con el logaritmo de la longitud total ($r = 0.941$), por lo tanto la relación fue de tipo potencial para esta relación. Esto indica que la relación entre ambas variables no es proporcional a la unidad y por lo tanto es necesario considerar el valor de la potencia que se obtuvo en el presente estudio con la finalidad de realizar una mejor estimación de la longitud por medio del método de retrocálculo.

En los otolitos analizados en este estudio para *O. niloticus* se observaron máximo cuatro marcas de crecimiento, lo que es equivalente a cuatro edades, tanto para la población total, como para machos y hembras.

Los grupos de edad para la muestra de otolitos, resultaron ser muy heterogéneos en cuanto al número de organismos en cada uno de estos grupos. El grupo de edad 0.5 (seis meses de edad) estuvo conformado por 29 organismos, el de edad 1 (12 meses de edad) por 15 organismos, para el de edad 1.5 (18 meses de edad) por 68 organismos y el grupo de edad 2 (24 meses de edad) que resultó ser el más numeroso, estuvo representado por 281 organismos. La longitud total promedio de la muestra de otolitos, indica que en la captura comercial se obtienen en su mayoría peces de 159.30 mm de longitud total, lo cual se debe al tamaño de luz de malla (65 mm) que utilizan los pescadores para la captura de peces.

Durante la lectura de la estructuras duras, se presentaron dificultades para distinguir los anillos correspondientes a las edades 0.5 y 1 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).

Para validar el método de lectura de anillos presentes en estructuras duras (otolitos), y para determinar cuando se realiza la depositación de las marcas de crecimiento, se realizó el análisis del incremento marginal, el cuál indicó que existen 2 diferentes periodos de depositación.

De manera general se presentan dos periodos de depositación; la población total presenta el primer periodo de depositación en el mes de junio y el segundo periodo de depositación en los meses de enero y febrero. Para los machos el primer periodo de depositación se registró en el mes de abril y el segundo en el mes de octubre. Las hembras presentaron el primer periodo de depositación dentro de los meses de junio y julio y el segundo dentro del mes de febrero.

Sin embargo, existen trabajos anteriores a este como el de Ramírez-Noguera y Cruz-Miguel (2002) en donde por medio de la madurez gonádica, el índice hepatosomático, gonadosomático y el factor de condición, se identificaron dos periodos de desove, el primero en mayor proporción en verano (agosto-septiembre) y el segundo en invierno (enero-febrero). Tomando en cuenta la referencia anterior y el porcentaje del 100% de organismos que presentaron marca en el borde del otolito en los meses de agosto, noviembre, diciembre y febrero, se puede asumir que los dos periodos de depositación fueron en los meses de agosto-septiembre y diciembre-febrero.

Lo anteriormente mencionado indica que un periodo de depositación corresponde a la formación de un anillo opaco que correspondería a periodos favorables de crecimiento (temperatura alta, abundancia de recursos tróficos, etc.) y un anillo hialino o traslúcido que es formado en periodos desfavorables de crecimiento. Por lo tanto se asume que cada anillo de crecimiento se forma aproximadamente cada seis meses, lo que significa que los organismos con dos marcas de crecimiento tendrían 12 meses de edad aproximadamente.

La formación de marcas de crecimiento en los otolitos de los peces maduros puede estar asociada a procesos reproductivos.

Sin embargo, también se debe tomar en cuenta que durante el periodo de sequía disminuye el nivel del embalse de forma considerable, existe incremento de temperatura por encima de 30° C, concentración de los materiales suspendidos, aumento de la productividad, aunque si bien son propicias para el desarrollo de la tilapia, las condiciones antes mencionadas también pueden originar cierto estrés que pudiera influir en la formación de las marcas de crecimiento.

CRECIMIENTO EN LONGITUD Y PESO

El crecimiento es considerado como el proceso de incremento gradual o el desarrollo progresivo con el tiempo en tamaño o peso del organismo. En el presente estudio se analizó el crecimiento a partir de las constantes obtenidas del modelo de von Bertalanffy, las cuales mostraron que las hembras crecerán más en longitud total ($L_{\infty} = 242.61$) que los machos ($L_{\infty} = 201.16$), mientras que en peso las hembras alcanzarán un peso aproximado de ($P_{\infty} = 249.2$ g) y los machos ($P_{\infty} = 129$ g). El hecho de que las hembras presenten un mayor peso total, puede deberse principalmente a que las hembras son más pesadas por el efecto del estadio de desarrollo de las gónadas y en ocasiones con los huevecillos.

Por otro lado, la tasa de crecimiento (K) fue diferente para cada grupo analizado; la población total (0.64), los machos (0.67) y las hembras (0.58), es decir, aparentemente las hembras se desarrollan con mayor lentitud en relación con los machos, pero alcanzarán un mayor crecimiento en peso y en longitud, por lo que se puede decir que se obtuvo una buena estimación del modelo de crecimiento aunque los grupos correspondientes a las primeras edades no se encontraron bien representados.

Getabu (1992) en el lago Victoria, obtuvo los parámetros de crecimiento para *Oreochromis niloticus* y encontró un valor de $L_{\infty} = 646$ mm con una tasa de crecimiento de $K = 0.254$. Booth y Merron (1996) llevaron a cabo estudios de edad y crecimiento de la tilapia *Oreochromis macrochir* de aguas subtropicales africanas. Señalaron que los anillos se forman en verano y que la formación de las marcas de crecimiento es anual, con una edad máxima de once años. El crecimiento se determinó por medio de la ecuación de von Bertalanffy, cuyos valores de las constantes fueron: $L_{\infty} = 215$ mm; $K = 0.42$ y $t_0 = -0.08$.

Jiménez (1999) realizó un estudio de crecimiento en *Oreochromis aureus*, con el propósito de proponer medidas que permitan regular la explotación del recurso. Las constantes obtenidas para el modelo de crecimiento de la población total fueron: $L_{\infty} = 344.6$ mm; $P_{\infty} = 478.5$ g; $K = 0.46$ y $t_0 = -0.055$.

Saito-Quezada (2004) realizó un estudio de edad y crecimiento por lectura de otolitos de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) en la presa "Emiliano Zapata", Morelos, reportó que el análisis de los bordes sugirieron la formación de una marca en meses de secas y otra en meses de cálidos de lluvias. Registró 5 marcas de crecimiento para las hembras (edad estimada de 2.5 años) y 4 marcas de crecimiento para los machos (edad estimada de 2 años), similar a la información obtenida en el presente trabajo.

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 y esto ocurre cuando la tasa de anabolismo supera a la tasa de catabolismo (Nikolsky, 1963).

DETERMINACIÓN DE LA EDAD POR MEDIO DE ESCAMAS

La lectura de anillos o marcas de crecimiento en las escamas, se realizó por medio del proyector Nikon V 10 y para obtener una lectura adecuada de los anillos de crecimiento, esta se llevó a cabo por dos personas, por lo que el error de medición disminuyó notablemente. (Granado, 1996).

Primeramente se realizó un análisis de covarianza entre el radio total de la escama y la longitud total del organismo, para determinar si existían diferencias significativas entre los sexos. El análisis indicó que no existen diferencias significativas entre los sexos ($F= 1.31$, $p>0.05$). Es importante mencionar que el hecho de que no existieran diferencias entre los sexos, puede deberse a que los radios de las escamas son más homogéneos que los radios de los otolitos en donde el análisis indicó que si existían diferencias entre los sexos.

Al analizar cual es la mejor relación que representa el comportamiento de la longitud total del pez y el radio total de la escama fue potencial, 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.

La lectura de las escamas para *Oreochromis niloticus* de la presa “Emiliano Zapata”, mostró cuatro anillos de crecimiento, lo que es equivalente a cuatro edades, de igual manera para la población total, machos y hembras.

Los grupos de edad para la muestra de escamas, resultaron ser muy heterogéneos en cuanto al número de organismos en cada uno de estos grupos. El grupo de edad 0.5 (6 meses de edad) estuvo conformado por 3 organismos, el grupo 1 (12 meses de edad) por 5 organismos, el grupo 1.5 (18 meses de edad) por 68 organismos y el grupo 2 que resultó ser el más numeroso, estuvo representado por 281 organismos, similares resultados obtenidos para la lectura con otolitos.

Las longitudes totales promedio de la muestra de escamas, indican que el grupo 2 fue el mejor representado, lo que quiere decir, que de la captura comercial se obtienen en su mayoría individuos de una longitud total promedio de 168.1 mm.

Santiago y Jardón (1997) en la presa “Cerro de oro”, Oaxaca, reportaron 8 edades para *Oreochromis niloticus* comprendidas entre las longitudes patrón de 193 a 202 mm. 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; encontraron 5 edades con longitudes patrón de 90 a 165 mm, capturados con una red de luz de malla de 2.5 pulgadas.

Para *Oreochromis aureus* Jiménez (1999) reportó 8 grupos de edad comprendidos entre las longitudes patrón de 52 a 249 mm en peces obtenidos a través de chinchorro. Guzmán (1994) en el mismo embalse registra 6 edades entre las longitudes patrón de 140 a 240 mm, producto de la captura comercial con red agallera de 3.25 pulgadas.

Obviamente estas diferencias en el número de marcas observadas así como el intervalo de talla está en función de las condiciones ambientales donde se encuentran ubicados los cuerpos de agua, el estado trófico y el arte de pesca utilizado.

Para validar el método de lectura de anillos presentes en estructuras duras (escamas) y para determinar cuando se realiza la depositación de las marcas de crecimiento, se realizó el análisis del incremento marginal, el cual indicó que existen dos periodos de depositación, el primer periodo en el mes de julio y el segundo en el mes de febrero. Las hembras presentaron el primer periodo de depositación dentro de los meses de junio y julio y el segundo en el mes de febrero.

Con base en el trabajo de Ramírez-Noguera y Cruz-Miguel (2002) y el porcentaje de organismos en el borde de la escama (agosto 100% y febrero 100%), se puede concluir que los dos periodos de depositación corresponden a los meses de julio-agosto y a febrero. Por lo tanto, se asume que cada anillo de crecimiento se forma aproximadamente cada seis meses, lo que significa que los organismos con dos anillos de crecimiento tendrían 12 meses de edad aproximadamente.

Tomando en cuenta el trabajo realizado en cada una de las estructuras duras (otolitos y escamas) y con base en los resultados obtenidos, se determinó que la estructura más adecuada para realizar el estudio de la determinación de edad y crecimiento fueron los otolitos; una estructura dura que presentó algunas ventajas como son: fácil manipulación posterior a la obtención, los anillos se presentaron de forma nítida facilitando su lectura, no necesitan una limpieza extrema, es la estructura más empleada en los trabajos sobre edad y crecimiento, la lectura de anillos se puede realizar en organismos de edades tempranas y existen diversas técnicas para un manejo de los otolitos. Es importante mencionar que el manejo de otolitos presenta algunas desventajas como es el hecho de que para llevar a cabo su extracción necesariamente debe sacrificarse al organismo y suelen ser estructuras muy frágiles y quebradizas.

Por otra parte, las escamas presentaron más desventajas que ventajas, debido que son estructuras que no son usadas frecuentemente en estudios de edad y crecimiento, por lo que la información es muy limitada, una vez extraídas del organismo requieren de una limpieza completa para eliminar el tejido, en organismos pequeños resulta casi imposible llevar a cabo la lectura de marcas de crecimiento debido a que éstas se presentan a edad considerable. La ventaja más importante de trabajar con escamas es que su obtención no implica el sacrificio del organismo, pues una vez extraídas, basta con colocarle al pez un poco de colorante (desinfectante) para evitar posibles enfermedades; además se puede obtener un número considerable de escamas por cada organismo.

CRECIMIENTO EN LONGITUD Y PESO

En el presente estudio se analizó el crecimiento a partir de las constantes obtenidas del modelo de von Bertalanffy, en el cual las hembras crecen más en longitud total ($L_{\infty} = 240.12$) que los machos ($L_{\infty} = 190.48$), así como en peso (hembras $P_{\infty} = 225.3$ g y machos $P_{\infty} = 112.6$ g).

Por otro lado, la tasa de crecimiento (K) fue diferente para cada grupo analizado; la población total (0.59), los machos (0.72) y las hembras (0.42), es decir, aparentemente las hembras se desarrollan con mayor lentitud en relación con la población total y los machos, pero alcanzarán un mayor crecimiento en peso y en longitud.

Getabu (1992) en el lago Victoria, obtuvo los parámetros de crecimiento para *Oreochromis niloticus* y encontró un valor de $L_{\infty} = 646$ mm con una tasa de crecimiento de $K = 0.254$.

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

Flores (1994) trabajó en estanques de concreto en la ciudad de México con *Oreochromis niloticus*, reportó valores de K igual a 0.2038 y 0.2139 con valores de longitud patrón infinita de 201.7 y 175 mm cuando se lleva a cabo el cultivo bajo condiciones de fertilización química y orgánica respectivamente durante seis meses de estudio.

Gómez-Márquez (1998) realizó un estudio de edad y crecimiento de *Oreochromis niloticus* en el Lago de Coatetelco, Morelos y encontró valores de $L_{\infty} = 291.9$ mm y $K = 0.07$. Observó que existe un periodo de depositación de un nuevo anillo en el mes de Diciembre, además de reportar 4 marcas de edad en escamas.

Pérez y Patlani (2002) realizaron un estudio sobre edad y crecimiento de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) en la presa "Emiliano Zapata", Edo. de Morelos, y registraron 5 anillos de crecimiento en escamas por medio del método de lectura de estructuras duras. Las constantes obtenidas para el modelo de crecimiento de la población total fueron: $L_{\infty} = 288.28$ mm; $P_{\infty} = 392.46$ g; $K = 0.1363$ y $t_0 = -0.1295$.

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 la ubicación geográfica del sistema acuático, de las condiciones ambientales del cuerpo de agua, de la presión por pesca a la que son sometidos los organismos así como de las características tróficas del sistema.

O. niloticus es una especie que al menos en la presa en estudio presenta un buen desarrollo, a pesar del alto contenido de materia orgánica que es depositada año tras año por efecto tanto del aporte de los escurrimientos como por los desechos municipales generados por la población en general.

Sin embargo, las capturas así como las talla promedio que se obtienen utilizando atarraya de 6.5 cm de luz de malla siguen siendo hasta el momento adecuadas para los pescadores. Tal vez, si utilizaran una luz de malla más grande (80 mm por ejemplo) tendrían mayor biomasa y talla, su rendimiento sería mayor a pesar de que no se ha realizado ninguna introducción desde hace tres años.

Por lo tanto, el potencial de adaptación así como las características reproductivas y alimenticias que tiene la especie en estudio, le han permitido estar presente en este embalse y proporcionar alimento con proteína de alta calidad así como beneficios económicos en la mayoría de los cuerpos de agua, en las diferentes regiones y estados de la República Mexicana y en los lugares donde se encuentra presente a nivel mundial.

PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS

La presa “Emiliano Zapata”, presentó condiciones de temperatura en el agua que oscilaron entre 21.6 y 32.5 °C, características que presentan los sistemas de climas subtropicales (Contreras-MacBeath, 1995). Como se sabe, la temperatura del agua juega un papel trascendente en el sistema, ya que modifica el metabolismo de los organismos y por lo tanto la producción del sistema, e influye en el proceso de estratificación y por ello el tiempo en que el hipolimnion puede quedar aislado del epilimnion y agotar el oxígeno de forma más rápida, de manera que permanezca el hipolimnion anóxico más tiempo, aunque la producción primaria del lago o embalse sea relativamente baja (Prat y Rieradevall, 1998).

Arredondo-Figueroa (1986) menciona que *Oreochromis niloticus* resiste grandes intervalos de temperatura (euritérico) 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 su reproducción reduce, pero en la presa no se presentaron dichos valores a lo largo de todo el estudio, por el contrario, los valores que se presentaron corresponden a los valores óptimos para el desarrollo de la tilapia.

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 lo tanto se convierte en un factor limitante para la vida en el agua (Delincé, 1992).

Con respecto al oxígeno disuelto su concentración durante todo el periodo de estudio fue variable. Los valores oscilaron de 3.77 a 11.10 mg/l. Durante el mes de agosto de 2003, se registró el valor más bajo que fue de 3.77 mg/l y el valor más alto se registró en el mes de febrero de 2004 con 11.10 mg/l. El oxígeno disuelto presentó valores bajos durante la época del año en donde las temperaturas ambientales son altas y los valores aumentaron conforme la temperatura ambiental disminuye. Lo anterior se traduce en el hecho de que a mayor temperatura ambiental, el oxígeno se encontrará en menor proporción y esto es debido principalmente a la solubilidad que presenta este mismo.

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, 1994). A lo largo del periodo de estudio el agua de la presa presentó concentraciones de oxígeno que permitieron a la tilapia desarrollarse de forma adecuada.

El pH es el resultado de las interacciones de los procesos bióticos y abióticos y es una medida de la acidez, alcalinidad o neutralidad del agua (Romero-Rojas, 1999).

El pH del agua de la presa osciló entre 7.39 en el mes de junio de 2003 y 8.75 en el mes de febrero de 2004 (figura 25) la cual es una característica de los lagos abiertos (Wetzel, 1981). De acuerdo con los valores reportados a lo largo de un año de estudio, indican que el agua va de ligeramente neutra a ligeramente alcalinas con presencia de formas bicarbonatadas (Delincé, 1992).

Arredondo-Figueroa (1986) sugiere que las aguas que presentan un pH entre 6.5 y 9 son las más apropiadas para el desarrollo de los peces. La reproducción y crecimiento disminuyen en valores inferiores a 6.5 o mayores a 9.5, por debajo de 4 se presenta la muerte ácida y por encima de 11 la muerte alcalina. Morales (1991) establece que los valores de pH deben oscilar entre 6.5 y 8.5, por lo que en la presa el pH resulta ser un factor que no influye de manera negativa en el desarrollo óptimo de la tilapia aún en la temporada de secas cuando el nivel del embalse disminuye en más del 70% de su capacidad.

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

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

Arredondo-Figueroa y Ponce-Palafox (1998) indican que las aguas que contienen 40 mg/l o más de alcalinidad total son consideradas muy productivas; en este caso, la alcalinidad mínima correspondió al mes de enero de 2004 con 17 mg/l y la máxima fue de 68.5 mg/l reportada en el mes de febrero del mismo año. En general los valores de alcalinidad se mantuvieron constantes durante el año de estudio con excepción del mes de julio de 2003 y febrero de 2004, en los cuales los valores se dispararon notablemente.

Los valores de dureza oscilaron entre 200.2 mg/l en el mes de febrero de 2004 y 510.5 mg/l en el mes de julio de 2003. De acuerdo con Romero-Rojas (1999) las aguas duras se encuentran en intervalos de 150-300 mg/l y las aguas muy duras entre intervalos mayores a 300 mg/l; por lo tanto el agua de la presa se clasificaría entre agua dura y muy dura dependiendo de la época del año en la cual se realice el monitoreo.

La conductividad del agua es una expresión numérica de su habilidad para transportar una corriente eléctrica. La conductividad del agua depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua y de la temperatura a la cual se realice la determinación (Romero-Rojas, 1999). El agua de la presa presentó valores de conductividad que oscilaron entre 613 y 871 $\mu\text{siems/cm}$. La conductividad tiene una estrecha relación con la temperatura, como se observa en la figura 26 la conductividad es alta en los meses más calurosos del año, mientras que en los meses fríos, la conductividad disminuye notablemente.

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 van de los 30 cm a los 55 cm.

Los valores más altos fueron registrados en los meses de octubre a febrero, 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 es importante mencionar que los valores de transparencias de la presa son muy semejantes a los valores necesarios para un desarrollo óptimo de la tilapia (Anónimo, 1994; Morales, 1991).

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

CONCLUSIONES

- Las tallas máximas que se reportaron para la población obtenida a través de la captura comercial en la presa “Emiliano Zapata”, fueron de 215 mm para la población total y las hembras y de 203 mm para los machos. Estadísticamente la longitud total fue la variable que presentó un mejor coeficiente de determinación. El peso total máximo que se registró para la población total y las hembras fue de 182.4 g. y para los machos fue de 146.7 g.
- La población total y los machos presentaron un tipo de crecimiento alométrico negativo, mientras que el crecimiento que presentaron las hembras indica que tienden a la isometría.
- La proporción sexual en la población de *O. niloticus* de la presa “Emiliano Zapata”, fue de 1:6. (hembra:macho).
- Se detectaron 4 anillos correspondientes a cuatro grupos de edad, tanto en otolitos como en escamas.
- De acuerdo con el índice de incremento marginal se determinaron dos periodos de depositación de marcas de crecimiento: Una marca correspondiente a la época de secas y la otra a la época de lluvias, correspondiendo con los periodos de reproducción tanto en otolitos como en escamas.
- Los parámetros de crecimiento que se obtuvieron por medio de la lectura de otolitos indicaron que las hembras alcanzarán una talla máxima (L_{∞}) de 242.61 mm, un peso máximo (P_{∞}) de 249.2 g y tasa de crecimiento (K) de 0.58. Los machos alcanzarán una talla máxima (L_{∞}) de 201.16 mm, peso máximo (P_{∞}) de 129 g y tasa de crecimiento (K) de 0.67. Esto indica que las hembras crecerán con mayor lentitud que los machos, pero alcanzarán tallas y pesos mayores a los de los machos.
- Por medio de la lectura de escamas se encontró que las hembras alcanzarán una talla máxima (L_{∞}) de 240.12 mm, un peso máximo (P_{∞}) de 225.3 g y una tasa de crecimiento (K) de 0.42; mientras que los machos alcanzarán una talla máxima (L_{∞}) de 190.48 mm, un peso máximo (P_{∞}) de 112.6 g y una tasa de crecimiento (K) de 0.72. Los valores muestran el mismo comportamiento que presentó el método de lectura de otolitos.
- En general los dos métodos empleados en la determinación de la edad por medio de estructuras duras (otolitos y escamas) presentaron valores muy similares; sin embargo, los otolitos presentan mayores ventajas para ser trabajados que las escamas.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. <i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1757)	10
2. Localización de la zona de estudio	13
3. Medidas tomadas a cada uno de los organismos de <i>O. niloticus</i>	15
4. Zona de obtención de las escamas de <i>O. niloticus</i>	16
5. Relación peso total-longitud total para la población de <i>O. niloticus</i>	25
6. Relación peso total-longitud total para los machos de <i>O. niloticus</i>	26
7. Relación peso total-longitud total para las hembras de <i>O. niloticus</i>	27
8. Relación entre el logaritmo del radio del otolito y el logaritmo de la longitud total para la población total de <i>O. niloticus</i>	29
9. Relación entre el logaritmo del radio del otolito y el logaritmo de la longitud total para los machos de <i>O. niloticus</i>	30
10. Relación entre el logaritmo del radio del otolito y el logaritmo de la longitud total para las hembras de <i>O. niloticus</i>	30
11. Presencia de tres anillos de crecimiento en un otolito <i>sagitta</i> correspondiente a un macho de <i>O. niloticus</i> , capturado el mes de abril de 2003	32
12. Presencia de cuatro anillos de crecimiento en un otolito <i>sagitta</i> correspondiente a una hembra de <i>O. niloticus</i> , capturada el mes de mayo de 2003	32
13. Comportamiento de la longitud para cada grupo de edad de la población total de <i>O. niloticus</i>	33
14. Variación del incremento marginal en otolitos para la población total de <i>O. niloticus</i>	34
15. Variación del incremento marginal en otolitos para los machos de <i>O. niloticus</i>	34
16. Variación del incremento marginal en otolitos para las hembras de <i>O. niloticus</i> ...	35
17. Curva de crecimiento en longitud para la población total de <i>O. niloticus</i>	37

18. Curva de crecimiento en peso total, estimada para la población total de <i>O. niloticus</i>	37
19. Relación entre el logaritmo del radio de la escama y el logaritmo de la longitud total para la población total de <i>O. niloticus</i>	39
20. Relación entre el logaritmo del radio de la escama y el logaritmo de la longitud total para los machos de <i>O. niloticus</i>	39
21. Relación entre el logaritmo del radio de la escama y el logaritmo de la longitud total para las hembras de <i>O. niloticus</i>	40
22. Presencia de cuatro anillos de crecimiento en una escama correspondiente a una hembra de <i>O. niloticus</i> , capturada el mes de febrero de 2004	41
23. Comportamiento de la longitud para cada grupo de edad de la población total de <i>O. niloticus</i>	42
24. Variación del incremento marginal en escamas para la población total de <i>O. niloticus</i>	43
25. Variación del incremento marginal en escamas para los machos de <i>O. niloticus</i>	43
26. Variación del incremento marginal en escamas para las hembras de <i>O. niloticus</i>	44
27. Curvas de crecimiento en longitud, estimadas para la población total, machos y hembras de <i>O. niloticus</i> , derivada de la lectura de escamas según el modelo de Ludwig von Bertalanffy	46
28. Curvas de crecimiento en peso, estimadas para la población total, machos y hembras de <i>O. niloticus</i> , derivada de la lectura de escamas según el modelo de Ludwig von Bertalanffy	47
29. Comportamiento de la temperatura ambiental y del agua, de la Presa “Emiliano Zapata”	48
30. Comportamiento del oxígeno disuelto y el pH, durante un año de estudio en la presa “Emiliano Zapata”	49
31. Comportamiento de la alcalinidad total, la dureza total (mg/L) y la conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) durante un año de estudio, en la presa “Emiliano Zapata”	50

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Valores máximos, mínimos y promedio de longitud total y peso para la población total, machos, hembras e indeterminados de <i>O. niloticus</i>	..... 23
2. Análisis de covarianza para la población de <i>O. niloticus</i>	..... 23
3. Matriz de correlación para las longitudes (total-patrón) con el peso total de <i>O. niloticus</i>	..... 24
4. Análisis de Covarianza entre el peso y la longitud total para la población de <i>O. niloticus</i>	..... 24
5. Prueba de <i>t-Student</i> para las pendientes de la relación peso total-longitud total de <i>O. niloticus</i>	..... 26
6. Variación de las frecuencias mensuales para machos y hembras de <i>O. niloticus</i>	..... 27
7. Matriz de correlación para otolito (izq. y der.) y longitud total de <i>O. niloticus</i>	..... 28
8. Análisis de covarianza entre el logaritmo de la longitud total del pez y el logaritmo del radio total del otolito izquierdo de <i>O. niloticus</i>	..... 29
9. Valores promedio para cada anillo obtenidos de la lectura del otolito para la población total de <i>O. niloticus</i>	..... 31
10. Valores promedio para cada anillo obtenidos de la lectura del otolito para los machos de <i>O. niloticus</i>	..... 31
11. Valores promedio para cada anillo obtenidos de la lectura del otolito para las hembras de <i>O. niloticus</i>	..... 32
12. Longitudes promedio por edad para la población total de <i>O. niloticus</i>	..... 33
13. Porcentaje de organismos con anillo en el borde del otolito para la población de <i>O. niloticus</i>	..... 35
14. Estimación de los valores de L_{∞} y k obtenidos por el método de Ford-Walford (1949) para <i>O. niloticus</i>	..... 36
15. Estimación de los valores de t_0 y k obtenidos por el método de Beverton & Holt (1957) para <i>O. niloticus</i>	..... 36

16. Parámetros que describen el crecimiento de <i>O. niloticus</i> en la Presa “Emiliano Zapata”, derivados de la lectura de otolitos	36
17. Análisis de covarianza entre el logaritmo de la longitud total del pez y el logaritmo del radio total de la escama de la población de <i>O. niloticus</i>	38
18. Valores promedio para cada anillo de las escamas para la población total de <i>O. niloticus</i>	40
19. Valores promedio para cada anillo de las escamas para los machos de <i>O. niloticus</i>	41
20. Valores promedio para cada anillo de las escamas para las hembras de <i>O. niloticus</i>	41
21. Longitudes promedio por edad para la población total de <i>O. niloticus</i>	42
22. Porcentaje de organismos con anillo en el borde de la escama para la población total de <i>O. niloticus</i>	44
23. Estimación de los valores de L_{∞} y k obtenidos por el método de Ford-Walford (1949) para <i>O. niloticus</i>	45
24. Estimación de los valores de t_0 y k obtenidos por el método de Beverton & Holt (1957) para <i>O. niloticus</i>	45
25. Parámetros que describen el crecimiento de <i>O. niloticus</i> en la Presa “Emiliano Zapata”, derivados de la lectura de escamas	45
26. Valores de los parámetros físicos y químicos de estudios realizados en la presa “Emiliano Zapata”	50

LITERATURA CITADA

- ◆ Admassu, D. y M. J. Casselman. (2000). Otolith age determination for adult tilapia, *Oreochromis niloticus* L. from Lake Awassa (Ethiopian Rift Valley) by interpreting biannuli and differentiating biannual recruitment. *Hydrobiology*. 418: 15-24.
- ◆ Aguayo H. M. y V.R. Gili. (1984). Edad y crecimiento de Merluza de Cola (*Macruronus magellanicus*, Lönnberg). *Invest. Pesq.* 31: 47-57.
- ◆ Anónimo. (1981). Síntesis geográfica del Estado de Morelos. INEGI. S.S.P. México, 110 p.
- ◆ Anónimo. (1988). Manual técnico para el cultivo de la tilapia en los centros acuícolas de la Secretaría de Pesca. Secretaría de Pesca. 202 p.
- ◆ Anónimo. (1994). 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.
- ◆ Arredondo-Figueroa, J.L. (1975). Algunos aspectos sobre la taxonomía de la Tilapia. *Piscis* 1 (2): 24-28.
- ◆ 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 Guzmán-Arroyo, M. (1986). Actual situación taxonómica de las especies de la Tribu Tilapiini (Pisces: Cichlidae) introducidas en México. *An. Inst. Biol. UNAM. Serie Zoología* 56 (2): 555-572.
- ◆ Arredondo-Figueroa J.L., y Tejeda-Salinas M. (1989). El hueso faríngeo, una estructura útil para la identificación de especies de la Tribu Tilapiini (Pisces; Cichlidae), introducidas en México. *An. Inst. Ciencias del Mar y Limnología. U.N.A.M.* 16(1): 59-68.
- ◆ Arredondo-Figueroa, J.L. y A. Flores-Nava. (1992). Características limnológicas de pequeños embalses epicontinentales, su uso y manejo en la acuicultura. *Hidrobiológica*, 3/4: 1-10.
- ◆ Arredondo-Figueroa, J.L. y Lozano-Gracia, S. (1996). El cultivo de la tilapia en México. Primer curso internacional de producción de tilapia. Del 20 al 22 de junio de 1996. 6-18.
- ◆ Arredondo-Figueroa, J.L. y Ponce-Palafox. (1998). Calidad del agua en acuicultura. Conceptos y aplicaciones. AGT Editor. México. 222 p.
- ◆ Bagenal, T. (1978). Aspects of fish fecundity: 75-101. En Shelby, D. Gerking (Edited). *Ecology of freshwater fish production*. Ed. Blackwell Scientific Publications. Oxford, London, Edimburgo, Melbourne.

- ◆ Balarin, J.D. (1979). Tilapia. A guide to their biology and culture in Africa. University of Stirling. 174 p.
- ◆ Balfour, H. (1985). Cultivo de peces comerciales. Ed. Limusa. México. 316 p.
- ◆ Bernard, R.D. (1981). Multivariate analysis as a mean of comparing growth in fish. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 38: 233-236.
- ◆ Beverton, R.J.H. y S.J. Holt. (1957). On the dynamics of exploited fish populations. UK. Min. Agric. Fish. Invest. (Ser. 2) 19. 533 p.
- ◆ Bhattacharya, C. G. (1967). A simple method of resolution of a distribution into gaussian components. Biometrics. 23: 115-135.
- ◆ Booth, J. A. y G. S. Merron. (1996). The age and growth of greenhead tilapia *Oreochromis macrochir* (Pisces: Cichlidae) from the Okavango delta, Botswana. Hydrobiology. 321(1): 29-34.
- ◆ Brothers, E. B. y C.P. Mathew. (1976). Daily growth increments in otoliths from larval and adult fishes. U.S. National Fisheries Service Fish. Bull. 74: 735-743.
- ◆ Campana, S. E. y J. D. Neilson. (1985) Microstructure of fish otolith. Can. J. Fish. and Aquat. Sci. 42, 1014-1032.
- ◆ Chimits, P. (1955). Tilapia and its culture. A second review and bibliography. Fisheries Bulletin, FAO, Rome, Italy 10 (1): 1-24.
- ◆ Contreras-MacBeath, T. (1995). Ecosistemas acuáticos del Estado de Morelos. Ciencia y Desarrollo, 20 (122): 42-51.
- ◆ Córdova, C. A. (1994). Influencia de la intensidad y fotoperiodo 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.
- ◆ Curts, J.B. (1984). Introducción al análisis de residuos de biología. Biótica. 9 (3): 271-278.
- ◆ Daniel, W.W. (1997). Bioestadística. Base para el análisis de las ciencias de la salud. 3ª. Edición. Limusa. México, 878 p.
- ◆ Delincé, G. (1992). The ecology of the fish pond system. With special reference to Africa. Klumer Academic Publishers. 230 p.
- ◆ Ehrhardt, N.M. (1981). Curso sobre métodos en dinámica de poblaciones. Primera parte: Estimación de parámetros poblacionales. FAO-INP. México. 133 p.
- ◆ Farrell, J. y Campana, SE. (1996). Regulation of calcium and strontium deposition on the otoliths of juvenile tilapia, *Oreochromis niloticus*. Comparative Biochemistry and Physiology, A. Vol. 115A, no. 2: 103-109.

- ◆ Flores, M.O. (1994). Crecimiento de *Oreochromis niloticus* en estanques con diferente fertilización, en un clima templado. Tesis de Licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM. 56 p.
- ◆ Fryer, G y T.D. Iles. (1972). The Cichlid fishes of the great lakes of Africa. Their Biology and Evolution. Oliver and Boyd, Edinburgh. 641 p.
- ◆ García, E. (1973). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones climáticas de la Republica Mexicana). 2ª. Ed. UNAM. México, 246 p.
- ◆ Garduño, P. M. y J. E. Avelar. (1996). Edad y Crecimiento de la mojarra en la Laguna de Coatetelco. Morelos. Tesis de Licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma México. 71 p.
- ◆ Garduño, P. M., J. E. Avelar y J.L.M. Gómez. (1993). Obtención del crecimiento a través del método de Bhattacharya y de estructuras duras. Memorias del XII Congreso Nacional de Zoología . UANL. 79 p.
- ◆ Gauldie, R.W. (1993). Continuous and discontinuous growth in the otolith of *Macruronus novazelandiae* (Merlu criidae: Teleostei). Journal of Marine Biology. 48: 271-294.
- ◆ Getabu, A. (1992). Growth parameters and total mortality in *Oreochromis niloticus* (L.) from Nyanza Gulf, Lake Victoria. Hydrobiology. 232: 91-97.
- ◆ Gómez-Márquez, J.L. (1994). Métodos para determinar la edad en los organismos acuáticos. FES Zaragoza. UNAM. 89 p.
- ◆ Gómez-Márquez, J.L. (1998). Age and growth of *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) in Mexico. Rev. Biol. Trop. 46(4): 929-936.
- ◆ Gómez-Márquez, J.L. (2002). Estudio limnológico pesquero del lago de Coatetelco, Morelos, México. Tesis Doctorado. Facultad de Ciencias, UNAM. 181 p.
- ◆ Gómez-Márquez, J. L. y Peña-Mendoza B. (1995). Los recursos acuáticos del Estado de Morelos. Bien. 1 (2): 25-26.
- ◆ Gómez, M.J.L., R.M.A. Castillo, M.J.G. Fabila y V.A.D. Zamora. (1993). Reproducción en la tilapia en la Laguna “El Rodeo”, Estado de Morelos, México. Tópicos de Investigación y Posgrado, III(1): 16-22.
- ◆ 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.

- ◆ Gulland, J.A. (1971). Manual de métodos para la evaluación de las poblaciones de peces. Editorial Acribia, Zaragoza. 193 p.
- ◆ Guzmán, U.A. (1994). Parámetros biológicos de 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.
- ◆ Huidobro, L.C. (2000). Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (Bioindicadores). PyV., México. 633 p.
- ◆ Jiménez, B.M.L. (1999). Análisis de la pesquería de la tilapia *Oreochromis sp.* (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.
- ◆ Jensen, A.C. (1965). A standard terminology and notation for otolith readers. Int. Commission Northwest Atlantic Fish. Res. Bull. 2: 5-7.
- ◆ Manríquez-Ledezma, Y. (2005). Edad y crecimiento de *Oreochromis niloticus* por medio de otolitos en el lago de Coatetelco, Morelos. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. UNAM. 111 p.
- ◆ Margalef, F. (1983). Limnología. Omega. Barcelona, España. 1010 p.
- ◆ Marques, M.J. (1991). Probabilidad y Estadística. McGraw-Hill. México, D.F. 657 p. Minitab Inc. (1995).
- ◆ Morales, A.D. (1974). El cultivo de la tilapia en México. I.N.P./ SIC: 24-25.
- ◆ Morales, A. D. (1991). La Tilapia en México. Ed.. AGT. S.A. México. D.F., 190 p.
- ◆ Morales, A.D. (1996). La introducción de la tilapia en México. Primer curso internacional de producción de tilapia. Del 20 al 22 de Junio de 1996. 232-236.
- ◆ Morales, D.A., Castañeda, C.A., De la Paz, O.C., Olmedo, H.S., Galván, U.J.R., Montoya, M.J.M., Pérez Galicia R.M. y Cabañas, P.L. (1988). Manual Técnico para el cultivo de la tilapia en los centros acuícolas de la Secretaría de Pesca. Secretaría de Pesca, México, D.F. 202 p.
- ◆ Morales-Nin, B. (2000). Review of the growth regulation process of otolith daily increment formation. Fish. Research. 46: 53-67.
- ◆ Nikolsky, D.V. (1963). The ecology of fishes. Part. II. Academic Press, London. 145-187.
- ◆ Oliveira, R.F. y Almada, V.C. (1995). Sexual dimorphism and allometry of external morphology in *Oreochromis mossambicus*. J. Fish. Biol. 46: 1055-1064

- ◆ Olmos, T.E. (1990). Situación actual y perspectivas de las pesquerías derivadas de la acuicultura. Secretaría de Pesca: 77 p.
- ◆ Palacios, S.S.E. (1995). Estudio biológico pesquero de la tilapia *Oreochromis aureus* (Steindachner, 1864) en la presa Adolfo López Mateos “El Infiernillo”, Michoacán-Guerrero, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. 81 p.
- ◆ Panella, G. (1971). Fish otoliths: daily growth layers and periodical patterns. *Science* 173: 1124-1127.
- ◆ Panella, G. (1980). Growth pattern in fish sagittae. In: Rhoads, D.C., Lutz, R.A. (Eds), *Skeletal Growth of Aquatic Organisms*. Plenum Press, New York: 519-560.
- ◆ Panfili, J., y J. Tomás. (2001). Validation of age estimation and back-calculation of fish length based on otolith microstructures in Tilapias (Pisces, Cichlidae). *Fish. Bull.* 99: 139-150.
- ◆ Pauly, D. (1984). Fish population dynamics in tropical waters: A manual for use with programmable calculators. International Center For Living Aquatic Resources Management. Manila, Philippines. 5-8.
- ◆ Pereiro, A.J. (1982). Modelos al uso en dinámica de poblaciones marinas sometidas a explotación. *Inf. Tec. Inst. Esp. Oceanog.* No. 1. 242 p.
- ◆ Pérez, O.G. y S.J. Patlani. (2002). Edad y crecimiento de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) de la presa “Emiliano Zapata”, Morelos. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM. 84 p.
- ◆ Popper, A.N. y S. Coombs. (1980). Auditory mechanisms in teleost fishes. *Am. Sa.* 68: 429-440.
- ◆ Powles, P.M. (1966). Validity of aging young American plaice from otoliths. *Int. Commission Northwest Atlantic Fish. Res. Bull.* 3. 103-105.
- ◆ Prat Narcis y Rieradevall María. (1998). Criterios de evaluación de la calidad del agua en lagos y embalses basados en los macroinvertebrados bentónicos. *Actual. Biol.* 20(69): 137-147.
- ◆ Pullin, R.S.V. (1983). Choice of tilapia species for aquaculture. P 64-67. In: Fishelson, L. and Yaron, Z. (Compilers). *Proceedings of the First International Symposium on tilapia in aquaculture*. Tel Aviv University, Tel Aviv, Israel.
- ◆ Ramírez-Noguera, D. y Cruz-Miguel, C.L. (2002). Aspectos reproductivos de *Oreochromis niloticus* en la presa “Emiliano Zapata”, Morelos. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. UNAM. 53 p.
- ◆ Ramos-Cruz, S. (1995). Reproducción y crecimiento de la mojarra tilapia (*Oreochromis aureus*) en la presa Benito Juárez, Oaxaca, México en 1993. *Ciencia Pesquera. INP-SEMARNAP.* 11: 54-61.

- ◆ Reibich, J. (1899). Ber die Eizahl be *Pleuronectes platessa* in die Alterbestimmung dieser from aus den otolithen. Wissenschaftliche Meeresuntersuchen (Abteilung Kiel). 4: 231-248.
- ◆ Ricker, W. E. (1975). Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Departament of the Environment Fisheries and Marine Service. Bull. Fish. Board. Can. 191: 382 p.
- ◆ Romero-Rojas, J.A. (1999). Calidad del Agua. Editorial Alfaomega. México, D.F. 273 p.
- ◆ Saito-Quezada, V.M. (2004). Edad y crecimiento por lectura de otolitos de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) en la presa “Emiliano Zapata, Morelos. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. UNAM. 87 p.
- ◆ Salgado-Ugarte, I. H. (1992). El análisis exploratorio de datos biológicos. Fundamentos y aplicaciones. Marc Ediciones y UNAM. 243 p.
- ◆ Salgado-Ugarte, Martínez-Ramírez, J.L Gómez-Márquez y Peña, M.B. (2000a). Some programs for growth estimation in fisheries biology. Stata Technical Bulletin. 53: 35-47.
- ◆ S.A.R.H. (1992). Técnicas de Análisis Físicoquímicos para Aguas. 5ª, edición, SARH, México 319 p.
- ◆ Sánchez Rueda, P. y Ponce Márquez, M.E. (1996). Métodos Hidrobiológicos. Estudio y colecta de organismos marinos, estuario-lagunar y de agua dulce. 1ª. Edición. UAM. Iztapalapa. 207p.
- ◆ Santiago, L.M.C. y Jardón, J.C. (1997). Determinación de la edad, crecimiento y hábitos alimenticios de cuatro especies de cíclidos de importancia pesquera en la presa “Cerro de Oro”, Tuxtepec, Oaxaca. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM. 68 p.
- ◆ Schuster, W. H. (1952). Fish culture as a mean of controlling aquatic weeds in inland waters. Fisheries Bulletin, FAO, Rome, Italy. 5(1): 15-24.
- ◆ Siddiqui, A.Q., M.S. Howlader y A.E. Adam. (1991). Effects of water exchange on *Oreochromis niloticus* (L.) growth and water quality in outdoor concrete tanks. Aquaculture 95: 67-74.
- ◆ Sokal, R.R. y F. J. Rohlf. (1981). Biometry. W. Freeman and Co Publ. San Francisco. 776 p.
- ◆ Stata Corporation. (1999). Stata Statistical Software: Release 6.0. Collage Station, TX. Stata Corporation.
- ◆ Tesch, F.W. (1968). Age and growth: 93-123. In Ricker, W.E.: Methods for assessment of fish production in Fresh Waters. Blackwell Scientific Publications. IBP HANDBOOK No. 3: 93-123. Wheatherly, A.H., 1972; Growth and Ecology of fish Population. Academic Press, London, 293 p.

- ◆ Trewavas, E. (1982). Tilapias: taxonomy and speciation: 3-13. En R.S.V. Pullin y R.H. Lowe-McConnell (eds.) The biology and culture of tilapias. ICLARM Conference Proceedings 7. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.
- ◆ Trewavas, E. (1983). *Tilapiini* fishes of the genera *Sarotherodon*, *Oreochromis* and *Danakilia*. British Museum (Natural History). 583 p.
- ◆ Wetzel, G.R. (1981). Limnología. Ed. Omega. Barcelona, España. 679 p.
- ◆ Zhang, Z. y N.W. Runham. (1992a). Effects of food ration and temperature level on the growth of *Oreochromis niloticus* (L.) and their otoliths. J. Fish Biol. 40: 341-349.
- ◆ Zhang, Z. y N.W. Runham. (1992b). Temporal deposition of incremental and discontinuous zones in the otoliths of *Oreochromis niloticus* (L.). J. Fish Biol. 40: 333-339.
- ◆ Zhang, Z., y N. W. Runham. (1992c). Otolith microstructure pattern in *Oreochromis niloticus* (L.). J. Fish Biol. 40: 325-332.