



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

**Edad y crecimiento de la tilapia del Bordo Amate
Amarillo, Morelos, México**

**TESIS COMO ALTERNATIVA DE TITULACIÓN DE
LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN VII Y VIII**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

Bióloga

PRESENTA:

Palomo Lara Cynthia Yodelit

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. José Luis Gómez Márquez

Realizada con el apoyo de DGAPA-PAPIME PE205513

Ciudad de México, Junio 2016





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.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por dejarme pertenecer a esta máxima de estudios y convertirse en mi *alma mater*, lo que me permitió crecer de manera intelectual y ampliar mis metas profesionales.

A la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, por brindarme lo necesario para poder concluir mis estudios, y a cada profesor que compartió su experiencia y dio un motivo para ser mejor como profesionista.

Al Dr. José Luis Gómez Márquez mi director de tesis, por dejarme pertenecer al laboratorio de Limnología, por todas la enseñanzas que me brindo dentro y fuera del laboratorio, por las llamadas de atención cuando eran necesarias, el apoyo y consejos, Gracias.

A la Dra. Bertha Peña Mendoza, por todo el apoyo en campo y su comprensión a mi terror a sacrificar a los organismos, por los consejos tanto académicos como personales, enseñanzas, y el tiempo que siempre me brindo para dispersar mis dudas, en verdad gracias.

Al Biol. José Luis Guzmán Santiago, por enseñarme biometría y tener la paciencia para resolver dudas respecto a la estadística. Por escucharme y darme consejos cuando más lo necesite, por la amistad y las enseñanzas que me dejo. Muchas gracias.

A todos mis compañeros del laboratorio de Limnología, por que se convirtieron en una segunda familia y por todos los momentos memorables que pasamos tanto en campo como en laboratorio, a los que me dieron la bienvenida y me brindaron su amistad, Paola, Cesar y Luis. A Giovanni y Diego que se unieron a este laboratorio tiempo después gracias. Chicas gracias por las charlas inigualables.

A la Sociedad Cooperativa de pescadores del bordo Amate Amarillo por brindarnos el tiempo y realizar la pesca que fue la base para realizar este estudio.

Al proyecto DGAPA-PAPIME PE205513 por el apoyo financiero para poder realizar esta investigación.

Dedicatorias

A mis padres que siempre se esforzaron para darme todo lo necesario y apoyarme ante toda situación, por confiar en mí y dar lo mejor de ustedes para brindarme una carrera profesional. Sin ustedes nada de esto sería posible, estaré eternamente agradecida por todo lo que me dan. Esto es para y por ustedes. Los amo.

A mis hermanos por apoyarme y brindarme siempre su cariño, gracias.

A Paulina por ser como una hermana para mí, compartir mis locuras y en ocasiones ser mi centro de cordura. Gracias, pronto espero también ver como culminas tu carrera profesional, recuerda que siempre hay más de lo que uno puede ver. Monkys los quiero.

A Nancy por brindarme tu maravillosa amistad, emprendimos un camino juntas con el mismo padecimiento, a pesar de ello salimos victoriosas y hemos logrado cada meta que nos propusimos. Gracias por los consejos y los momentos que compartimos.

A mí por luchar incasablemente por este sueño que con sus altas y bajas he logrado sacar adelante, y que es el primer paso para seguir teniendo un crecimiento profesional. Un sueño cumplido que en ocasiones parecía inalcanzable; Yode lo lograste!!!

Y a todos los que voluntaria o involuntariamente fueron parte de este logro en mi vida, gracias.

“La paciencia es un árbol de raíz amarga pero de frutos muy dulces”

Proverbio persa.

Índice

Índice de gráficas	5
Índice de tablas	6
Resumen	7
Introducción	8
Antecedentes	12
Diagnosia de la Familia	15
Clasificación de <i>Oreochromis niloticus</i>	16
Justificación	17
Objetivos	18
Zona de estudio	19
Material y Métodos	21
Resultados	28
Discusión	48
Conclusiones	60
Referencias	61
Anexos	71

Índice de figuras

- Figura 1. Serie opercular.
- Figura 2. Opérculo con 3 anillos de crecimiento.
- Figura 3. *Oreochromis niloticus* (Tilapia).
- Figura 4. Orientación geográfica del Bordo Amate Amarillo.
- Figura 5. Apariencia física del Bordo.
- Figura 6. Representación gráfica de la toma de la biometría.
- Figura 7. Distribución de tallas por sexos.
- Figura 8. Variación de la proporción sexual para *O. niloticus*.
- Figura 9. Relación Peso total - Longitud total para la población de *O. niloticus*.
- Figura 10. Relación Peso total - Longitud total para hembras.
- Figura 11. Relación Peso total - Longitud total para machos.
- Figura 12. Factor de condición de la población de *O. niloticus* en el sistema.
- Figura 13. Factor de condición para machos y hembras.
- Figura 14. Relación entre el radio del opérculo y la Longitud total para *O. niloticus*.
- Figura 15. Relación entre el radio del opérculo y la Longitud total para hembras de *O. niloticus*.
- Figura 16. Relación entre el radio del opérculo y la Longitud total para machos de *O. niloticus*.
- Figura 17. Diagrama de cajas para las edades de *O. niloticus*.
- Figura 18. Índice de Incremento Marginal para la población de *O. niloticus*.
- Figura 19. Índice de Incremento Marginal para hembras y machos
- Figura 20. Curva de crecimiento en Longitud para la población total de *O. niloticus*.
- Figura 21. Curva de crecimiento en Longitud para hembras y machos de *O. niloticus*.
- Figura 22. Contrastes de temperaturas de Amate Amarillo.
- Figura 23. Comportamiento de la profundidad máxima y la transparencia en el bordo.
- Figura 24. Comportamiento de la Dureza total, Alcalinidad y pH.
- Figura 25. Comportamiento del oxígeno contra la temperatura en Amate Amarillo.
- Figura 26. Comportamiento de la conductividad y los sólidos disueltos totales en Amate Amarillo.
- Figura 27. Comportamiento del amonio en el sistema
- Figura 28. Factor de condición en relación a la temperatura agua, pH y oxígeno.

Índice de tablas

- Tabla 1. Valores de los factores físicos y químicos adecuados para el cultivo de Tilapia.
- Tabla 2. Parámetros físico-químicos evaluados y método utilizado.
- Tabla 3. Valores máximos, mínimos y promedio de la biometría de *O. niloticus*.
- Tabla 4. Correlaciones entre Longitud patrón, Longitud total y Peso total de *O. niloticus*.
- Tabla 5. ANCOVA para los datos de *O. niloticus*.
- Tabla 6. Pruebas t – Student para las pendientes de la relación Peso total. Longitud total de *O. niloticus*.
- Tabla 7. ANDECOVA diferencias entre sexos utilizando el radio máximo del opérculo, longitud total y sexo.
- Tabla 8. Valores de las constantes para el modelo de von Bertalanffy para *O. niloticus*.
- Tabla 9. Resultados de la prueba T^2 de Hotelling.
- Tabla 10. Modelo de von Bertalanffy para la población total (Stata).
- Tabla 11. Modelo Logístico para la población total (Stata).
- Tabla 12. Modelo de von Bertalanffy para hembras de *O. niloticus* (Stata).
- Tabla 13. Modelo Logístico para machos de *O. niloticus* (Stata).
- Tabla 14. Modelo de von Bertalanffy para machos de *O. niloticus* (Stata).
- Tabla 15. Modelo Logístico para machos de *O. niloticus* (Stata).
- Tabla 16. Comparación de resultados de métodos lineales y no lineales.
- Tabla 17. Comparación de valores de performance para *Oreochromis niloticus*.

RESUMEN

La edad de *Oreochromis niloticus* fue obtenida por medio de la lectura del hueso opercular y a partir de esos datos se obtuvo el crecimiento de la especie con respecto al tiempo. El estudio se llevó a cabo de Marzo de 2014 a Febrero de 2015, en el bordo Amate Amarillo en el estado de Morelos. Mensualmente se obtuvieron 30 organismos de la pesca comercial con una atarraya con abertura de luz de malla de 6.5 cm. A cada organismo, se les realizó la biometría que consistió en la talla y el peso y se tomaron ambos opérculos de cada organismo para registrar el radio máximo, el número de anillos formados en la estructura y la distancia de cada anillo al foco. Con estos datos se aplicó el método de retrocálculo de Fraser–Lee y se obtuvieron las constantes del modelo de crecimiento de von Bertalanffy. El número total de peces tomados de la captura comercial fueron 379. La longitud total registrada varió de 11.5 a 40.1 cm. La relación peso total – longitud total para la población fue $P = 0.027L_t^{2.835}$ ($r^2 = 0.982$; $P < 0.05$) la cual indica un crecimiento alométrico negativo. La proporción sexual registrada favoreció la población de machos y fue de 2.4:1, machos: hembras ($\chi^2 = 65.08$, $p < 0.05$). Con base en la lectura de los anillos depositados en los opérculos, se obtuvieron 5 marcas de crecimiento, la edad máxima para ambos sexos fue de 2.5 año. Los anillos de crecimiento se validaron a través del índice de incremento marginal, obteniéndose que en el mes de Mayo y Noviembre se depositan las marcas de crecimiento. Los datos obtenidos a través de los anillos en el hueso opercular se utilizaron para estimar las constantes de crecimiento del modelo de von Bertalanffy por medio de los modelos de Ford – Walford y Beverton y Holt, teniendo así que $L_\infty = 23.68$ cm, $K = 0.169$, $t_0 = 5.38$ y $P_\infty = 212.68$. El índice de desempeño para la longitud fue de $\theta = 1.97$. Los parámetros físicos y químicos del agua indican que son aguas cálidas, duras, productivas y con una buena oxigenación; por lo tanto, son aptas para el cultivo de *Oreochromis niloticus*.

INTRODUCCIÓN

La latitud y la altitud son factores de primera que determinan la gran diversidad de México. La ubicación del país en la franja latitudinal que va de los 14° 32' a los 32° 43' en el trópico y el subtropical y las altitudes que alcanzan los 5610 m.s.n.m, condicionan una escala de temperatura con valores extremos entre los -29°C y los 56°C (García-Calderón *et al.*, 2002).

Entre estos grandes extremos se encuentra un territorio ocupado por 320 cuencas hidrográficas, más de 14,000 cuerpos de agua, en su gran mayoría embalses que inundan más de un millón y medio de hectáreas en una distribución muy irregular de aguas corrientes y lénticas. Aunque el país ocupa el 0.39% de las tierras del planeta, solo recibe 0.00003% del agua de escurrimiento y cuenta con menos de 100 sistemas lacustres naturales (Arredondo-Figueroa y Flores Nava, 1992; García-Calderón *et al.*, 2002).

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

El estado de Morelos representa el 0.3% de la superficie del país, tiene una diversidad biológica que alcanza niveles extraordinarios gracias a una compleja conjunción de influencias climáticas, orográficas y de latitud (Batlori, 2002). El estado cuenta con abundantes recursos hídricos, con una precipitación media anual de 1 045 milímetros, superior a la media nacional de 777 mm por año. Dicha precipitación equivale a 5 164 millones de m³ de los cuales 2 374 millones de m³ se transforman en escurrimiento superficial; 1 395 millones se infiltran y alimentan a los acuíferos y los restantes 1 395 millones de m³ se evaporan. Frente a esta oferta, el consumo en el estado es del orden de los 1 000 millones de m³ anuales. Sin embargo, la distribución del agua es irregular en tiempo y espacio (Contreras-MacBeath *et al.*, 2006).

La totalidad de los cuerpos de agua del estado de Morelos pertenecen a la cuenca del Balsas, que corresponde al río más grande del sur del país y desemboca en el Océano Pacífico. En el estado, el río se encuentra dividido en tres subcuencas, la del río Amacuzac, la del Nexapa o Atoyac y la del Balsas-Mezcala (Contreras-MacBeath, 1995).

Del inventario de los cuerpos de agua morelenses salta a la luz la importancia y sobretodo el inmenso potencial que representa para la entidad, tanto por su distribución como por su número, ya que cuenta con 7 ríos que recorren gran parte del territorio, seis lagos con muy diversas características, 124 embalses entre presas y bordos, así como alrededor de 50 manantiales (Contreras-MacBeath, 1995).

En México, de manera particular, nace la acuicultura como una actividad complementaria en apoyo social a las comunidades rurales, con la cual se pretendía incrementar el consumo de proteína animal para así mejorar los niveles nutricionales de la población (Juárez-Palacios, 1987). De esta manera la acuicultura rural, empezó a practicarse desde hace más de 20 años (Arredondo y Lozano, 2003).

Dentro de esos organismos susceptibles a la explotación se encuentra la tilapia que fue introducida a México en Julio de 1964, procedente de Auburn, Alabama, EUA, las cuales fueron depositadas, en la Estación Piscícola de Temascal, Oax. Las especies que se incluyeran en esta introducción, fueron *Tilapia aurea*, *T. melanopleura*, y *T. mossambica* (con la nomenclatura actual les corresponde el nombre de *Oreochromis aureus*, *Tilapia rendallii* *Oreochromis mossambicus* respectivamente). En 1978 se introdujo la *T. nilotica* (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758) en el mismo sitio procedente de Panamá (Morales, 1991).

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

La tilapia tiene una importancia alta en la acuicultura dadas sus peculiaridades biológicas, esta especie constituye una alternativa relevante para la generación de proteínas de alto nivel nutricional (particularmente en zonas de clima cálido, de baja altitud) y divisas, en vista de su amplia aceptación en el mercado (Escárceaga, 1999).

Por la importancia económica que estos cíclidos han demostrado en los lagos africanos de donde son originarios y en las aguas cálidas donde se han introducido, son especies estudiadas a fondo conociéndose sus hábitos reproductivos, alimenticios, comportamiento, crecimiento, etcétera, lo que facilita el trabajo que se efectúa en nuestros embalses (Rosas, 1976). La estimación del crecimiento es un parámetro básico para el análisis de las pesquerías, ya que implica el incremento en biomasa de la población y puede realizarse mediante la aplicación de métodos directos e indirectos. Una de las técnicas utilizadas dentro de los métodos directos consiste en la observación directa de discontinuidades del crecimiento en estructuras óseas como otolitos, escamas, opérculos, espinas, radios y vértebras, como producto de cambios en la tasa de crecimiento o metabolismo de los individuos durante ciertos períodos (Gómez, 1994; Salgado *et al.*, 2005).

Los métodos indirectos basados en el análisis de distribución de frecuencias de tallas son alternativas comúnmente utilizadas para estimar el crecimiento, debido a que los datos de longitud son relativamente sencillos de obtener, el tiempo de procesamiento es rápido e implica bajos costos de operación. Para estimar el crecimiento, actualmente existen diversos métodos basados en la distribución de tallas. Tres de los métodos indirectos más populares son: 1) ELEFAN (Electronic Length Frequency Analysis) 2) SLCA (Sheperd's Length Composition Analysis) y 3) PROJMAT (Projection Matrix Method) (Arellano-Torres *et al.*, 2013).

En los métodos directos la lectura de estructuras duras se basa en la formación de marcas periódicas que permiten mediante su conteo, la asignación de edades a los organismos. Estas marcas periódicas están influenciadas por los cambios estacionales del ambiente y por cambios en el metabolismo durante ciertos periodos, donde se ven reflejados como marcas en las partes duras, causadas principalmente por cambios en alimentación, temperatura y reproducción (Gómez, 1994; Salgado *et al.*, 2005; Gómez-Márquez *et al.*, 2008). Asimismo, se ha observado que estos cambios metabólicos en los peces origina una banda de crecimiento ancha en condiciones óptimas, mientras que en situaciones de estrés motivan un escaso aumento de dicha banda.

Generalmente, el crecimiento es rápido durante los meses calurosos y se vuelve lento en los meses de invierno (Granado, 2002).

Dentro de los métodos directos está la lectura de marcas en el hueso opercular el cual es en muchas especies, la lámina ósea más amplia del esqueleto que protege a las branquias, ya que en su superficie se pueden visualizar los anillos de crecimiento. El opérculo es generalmente rectangular y presenta cuatro márgenes: El anterior o preopérculo, el superior, el posterior y el inferior o subopérculo (Figura 1). Se articula anteriormente con el preopérculo y solapa parcialmente al subopérculo con su margen ventral. Cerca de la fóvea articular, pero en la cara externa del opérculo, hay un pequeño engrosamiento con un canal sensorial. Este pequeño engrosamiento es el supraopérculo, que esta fusionado al opérculo (Miranda y Escala, 2002).

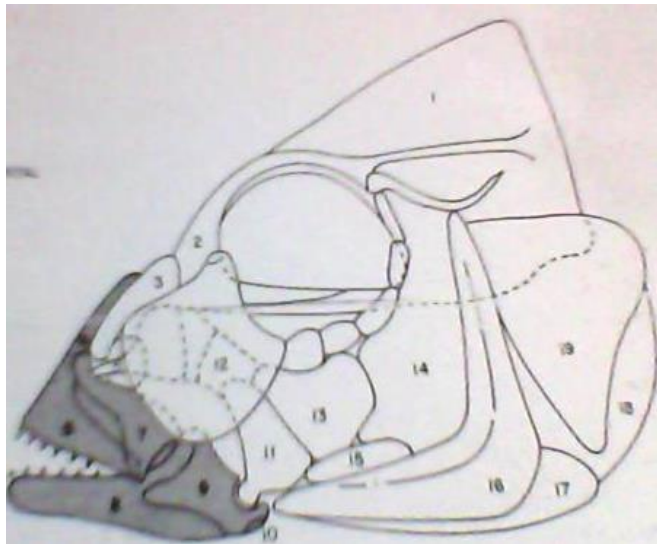


Figura 1. Serie opercular: interopérculo (17), opérculo (19), preopérculo (16), subopérculo (18) (Tomada de Morales, 1991)

El hueso opercular es una pieza par que, junto con el resto de los huesos de la serie opercular, forman paredes operculares (Figura 2) (los opérculos propiamente dichos) cuya función es la de proteger y asegurar la circulación unidireccional del agua a través de las branquias. Para ello, el opérculo presenta unos potentes músculos: el dilatoroperculi, el levatoroperculi y adductoroperculi, que se insertan en la superficie del opérculo dorsalmente (Miranda y Escala, 2002).

Debido a que los anillos de crecimiento se ven claros en estas piezas, se han usado para la determinación de la edad (Hansen, 1978; Mann, 1976 y 1978) y los resultados en ocasiones son más fiables que los de las escamas, como lo encontrado por Jiménez-Badillo (2006), quien menciona que los opérculos muestran ventajas sobre las escamas para *O. aureus*.

El opérculo es una buena alternativa y aún más recomendable. En la comparación de las determinaciones de escama y el opérculo de la perca amarilla, las determinaciones de los huesos operculares fueron más precisos (Baker y McComish, 1998). Además, es fácil de quitar el opérculo y limpiarlo en el campo.



Figura 2. Opérculo con 3 marcas de crecimiento.

ANTECEDENTES

Se han realizado diversos trabajos tomando en cuenta los métodos directos e indirectos para la determinación de la edad y crecimiento de la tilapia por medio de distintas estructuras duras como escamas, otolitos y opérculos, entre otros. A continuación se mencionan algunos trabajos relacionados con la lectura de estructuras duras relacionadas con el género y especie del presente estudio.

Beltrán-Álvarez *et al.* (2010) realizaron el estudio con *Oreochromis aureus* (Pisces:Cichlidae) en el Embalse Sanalona, Sinaloa, México y es un importante recurso pesquero en el cuerpo de agua, por lo cual determinaron la edad y el crecimiento de esta especie de noviembre del 2006 a septiembre del 2007. Realizaron muestreos bimensuales con redes agalleras de varios tamaños de luz de malla y también se colectaron peces de la captura comercial. Tomaron la longitud total (L_t), el peso total (P_t) y reconocieron el sexo y la madurez gonádica. La edad se determinó mediante lecturas de marcas de crecimiento en escamas y su validación se realizó por medio del índice marginal e índice gonadosomático. Se colectaron 384 peces, las tallas y pesos variaron de 125 a 345mm y de 40 a 671 g, respectivamente. El crecimiento en longitud y peso se describió mediante el modelo de crecimiento de von Bertalanffy el cual se expresó así: $L_t = 416 [1 - e^{-0.3682 (t+0.4975)}]$ y $P_t = 1323[1 - e^{-0.3682(t+0.4975)}]^{3.0652}$. Se determinaron dos marcas de crecimiento durante el año. Estas fueron asociadas con factores metabólicos y medio ambientales como la reproducción y la oscilación de la temperatura, combinada con procesos de mezcla y disminución de los niveles del agua del embalse.

Jiménez-Badillo (2006) ante el continuo decremento en las capturas de tilapia de la presa Infiernillo, Michoacán-Guerrero, México, estimó la edad y crecimiento de *Oreochromis aureus* (Steindachner 1864) que son atributos indispensables que deben conocerse para realizar el manejo de la pesquería. La evaluación incluyó la lectura de marcas de crecimiento en escamas y opérculos y el análisis de frecuencia de tallas. También se estimó la estructura de edad de la población. Debido a la alta variabilidad individual en el crecimiento que presentan las tilapias y a fin de obtener estimaciones fidedignas de crecimiento, diferentes métodos lineales, no paramétricos y no-lineales fueron usados y su aplicación discutida. Los opérculos presentaron ventajas sobre las escamas en la determinación de edad. La reproducción y la competencia por espacio y alimento fueron consideradas factores responsables de la formación de marcas en las estructuras duras de tilapia. El modelo no-lineal fue considerado el mejor para modelar el crecimiento de poblaciones altamente variables como la de tilapia y otros peces tropicales que presentan múltiples desoves. Los parámetros de crecimiento estimados fueron: $L_\infty = 479$ mm, $K = 0.46/\text{año}$, $t_0 = -0.055/\text{año}$. La población de tilapia en la presa Infiernillo está dominada por juveniles menores de año y medio de edad. La actividad pesquera está afectando el crecimiento de la población de tilapia, puesto que éstas son capturadas antes de que desoven. La pesquería requiere urgentemente una regulación. Un incremento en la abertura de malla de las redes agalleras con que es capturada, podría contribuir a proteger el potencial reproductivo del stock.

Gómez-Márquez *et al.* (2008) determinaron la edad y el crecimiento de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) utilizando 1 039 organismos que fueron recolectados de Enero a Diciembre de 1993 en un lago somero tropical de México. La talla para las hembras osciló entre 9.0 y 16.5 cm longitud patrón y para los machos entre 8.9 y 14.8 cm. La relación peso total - longitud patrón para toda la población fue $P=0.1207 L^{2.469}$. Los datos de edad obtenidos a través de los anillos en el hueso opercular, se utilizaron para estimar los parámetros de crecimiento del modelo de von

Bertalanffy: $L_{\infty}=17.88$ cm, $K=0.3409$, $t_0=-1.543$ y $P_{\infty}=149.21$ g. La edad máxima obtenida para hembras y machos fue de 2.5 años. La proporción sexual (hembra: macho) para la especie fue de 1:1 ($\chi^2=0.02$, $p>0.05$).

Gómez-Márquez (1998) realizó un estudio de edad y crecimiento de *Oreochromis niloticus* en el Lago de Coatetelco, estado de Morelos registrando valores de $L_{\infty} = 29.19$ 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 crecimiento, que corresponden a dos marcas por año.

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

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

Tovar (2005) realizó un estudio de edad y crecimiento de *Oreochromis niloticus* por medio de estructuras duras (otolitos y escamas) en la presa "Emiliano Zapata", Morelos. La proporción sexual fue de 1:6.16 (hembra:macho); respecto a la relación peso total- longitud total para la población total y los machos, registró un crecimiento alométrico negativo y las hembras presentaron una tendencia a la isometría. Registró 4 anillos de crecimiento. La validación de la depositación de los anillos de crecimiento, se realizó a través de índice de incremento marginal, la formación de estas marcas ocurren dos veces al año (julio y enero-febrero), coincidiendo con la época de reproducción.

Saito (2004) estimó la edad y el crecimiento de *Oreochromis niloticus* de la presa Emiliano Zapata, Morelos, México, mediante la lectura de anillos de crecimiento en otolitos. Los resultados mostraron una mayor proporción de machos en comparación con las hembras (2:1; $\chi^2=47.78$; $p<0.05$); la relación peso-longitud indica crecimiento alométrico negativo. El análisis de la depositación de las marcas de crecimiento en los bordes y el índice de incremento marginal en otolitos mostraron dos periodos de formación de los anillos. En cuanto a los grupos de edad en machos se registraron 4 y en las hembras 5.

Gómez-Ponce *et al.* (2011) analizaron la edad y crecimiento de la tilapia *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus* en la represa "Zimapan" Hidalgo, México por medio de la lectura de escamas. Un total de 382 individuos fueron capturados mediante el uso de redes agalleras y atarrayas. Las tallas y pesos recolectados variaron entre 38 a 232mm de longitud patrón (L_p) y de 8.7 a 311.9g de peso total (P_t) respectivamente. El recuento de los anillos anuales en escamas, permitió establecer cuatro grupos de edad, siendo el grupo de edad 2 el más representativo, con un 34.3% de la

población muestreada. La obtención de los incrementos marginales del crecimiento mensual de las escamas, sugirió la formación de dos anillos, uno se forma en los meses de noviembre-enero y otro en los meses de abril-mayo. Los parámetros de crecimiento quedaron establecidos en: $L_{\infty}=281.1\text{mm}$, $P_{\infty}=877.1\text{g}$, $K=0.33/\text{año}$ y $t_0=0.88/\text{año}$. Las curvas de crecimiento en longitud y peso se describieron mediante las ecuaciones de von Bertalanffy: $L_p=28.11 [1 - e^{-0.33(t+0.88)}]$ para talla y $P_t=877.17 [1 - e^{-0.33(t+0.88)}]^3$ para peso. Finalmente, se concluyó que los peces que se explotan en la presa mediante captura comercial, presentan entre un año y año y medio de edad.

Arellano-Torres *et al.* (2013) con base en el análisis de frecuencia de tallas mediante los programas ELEFAN, SLCA y PROJMAT, estimaron el crecimiento en la tilapia (*Oreochromis aureus*) en el lago de Chapala, Jalisco. Los parámetros de crecimiento de L_{∞} y K se unificaron para efectos comparativos mediante el índice de crecimiento estándar (f). Con los tres métodos utilizados se estimaron valores de los parámetros de crecimiento que se encuentran dentro del intervalo reportado en la literatura.

Orozco (2013) en el Bordo "La Palapa" Morelos, determinó la edad y crecimiento de *Oreochromis niloticus* mediante la lectura de marcas en escamas. La relación peso – longitud indicó un tipo de crecimiento alométrico negativo para la población. Obtuvo 7 marcas de crecimiento, siendo los peces con 4 y 5 marcas los que se presentaron con más frecuencia en las capturas. La validación de la edad se realizó por el índice de incremento marginal en el que refleja que los meses de diciembre y julio se forma una nueva marca de crecimiento.

Beltrán-Álvarez *et al.* (2014) analizaron en el embalse Eustaquio Buelna municipio de Salvador Alvarado, Sinaloa, México (donde la pesquería de la tilapia se ha visto afectada por las variaciones de los volúmenes de almacenamiento y por la sobrepesca), el crecimiento de *O. aureus* mediante el análisis de escamas. El exponente de la relación longitud-peso fue similar para los dos sexos y en ambos casos resultó significativamente menor que tres, indicando crecimiento alométrico negativo. La relación entre el radio total de la escama (R_t) y la L_t quedó representada por el modelo $L_t = 47.014 (R_t) + 21.459$ ($r = 0.9349$; $p < 0.001$). Los modelos de crecimiento de von Bertalanffy fueron: $L_t = 338[1 - e^{-0.4831(t + 0.4571)}]$ para la longitud, y $P_t = 604[1 - e^{-0.4831(t + 0.4571)}]^{2.6975}$ para el peso. El modelo indicó un crecimiento menor del calculado en otros embalses de Sinaloa, que parece evidenciar que algunos factores locales como la reducción del volumen de almacenamiento y de espacio vital para la especie, altas temperaturas del agua, uso de artes de pesca con luz de mallas menores a las recomendadas, no permiten el crecimiento adecuado de la tilapia en este embalse.

DIAGNOSIS DE LA FAMILIA

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

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

Los parámetros físicos y químicos para el cultivo de esta especie son de importancia para tener un buen manejo y reproducción. La calidad que el agua que es utilizada para el cultivo, debe poseer las condiciones óptimas a la fisiología de la especie (Tabla 1) (Pedrazzani *et al.*, 2007).

Tabla 1. Valores de los factores físicos y químicos adecuados para el cultivo de tilapia

Parámetro	Óptimo	Limite
Temperatura (°C)	24-29	>22 y<32
Oxígeno disuelto (mg/L)	< 5	>3
pH	7.5	< 9.0
CO ₂ (mg/L)	<30	<50
Amonio (mg/L)	0.1	<0.1
Nitritos (mg/L)	4.6	<5
Nitratos (mg/L)	1.5-2.0	<2.1
Ortofosfatos (mg/L)	0.15-0.2	<0.2
Alcalinidad (mg CaCO ₃ /L)	75-150	<175
Dureza total (mg CaCO ₃ /L)	80-110	<115
Transparencia (cm)	25	<30

Las tilapias presentan un solo orificio nasal a cada lado de la cabeza, que sirve simultáneamente como entrada y salida de la cavidad nasal. El cuerpo es generalmente comprimido, a menudo discoidal, raramente alargado; en muchas especies la cabeza del macho es invariablemente más grande que la hembra; algunas veces con la edad y el desarrollo se presentan en el macho tejidos grasos en la región anterior dorsal de la cabeza (dimorfismo sexual). La línea lateral en los cíclidos está interrumpida en dos partes; la porción superior se extiende desde el opérculo hasta los últimos radios de la aleta dorsal; la porción inferior, aparecen varias escamas por debajo de donde termina la línea lateral superior hasta el final de la aleta caudal (Morales, 1991) (Figura 3).

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

Son peces de rápido crecimiento, sumamente fértiles, adaptables a condiciones ambientales muy diversas y de gran resistencia al manejo. Pueden rebasar los 30 cm de longitud. Los hábitos reproductivos y la organización social de las tilapias tienen grandes implicaciones en su cultivo, pues estos factores guardan estrecha relación con su madurez sexual la cual la logran a los 11 ó 12 cm; esta precocidad se da en condiciones de sobre población y puede acarrear enanismo. El tipo de reproducción es dioica y el sistema endocrino juega un papel en la regulación de la reproducción (Anónimo, 2000). Existen especies herbívoras, zooplanctófagas y omnívoras (Torres-Orozco, 1991).

CLASIFICACIÓN DE *Oreochromis niloticus*

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

PHYLUM:	CHORDATA
SUBPHYLUM:	VERTEBRATA
SUPERCLASE:	GNATHOSTOMATA
SERIE:	PISCES
CLASE:	ACTINOPTERYGII
ORDEN:	PERCIFORMES
SUBORDEN:	PERCOIDEI
FAMILIA:	CICHLIDAE
GENERO:	<i>Oreochromis</i>
ESPECIE:	<i>O. niloticus</i> (Linnaeus, 1758)



Figura 3. *Oreochromis niloticus* (Tilapia)

JUSTIFICACIÓN

Anualmente la producción nacional pesquera supera las 1 600 000 toneladas. En el país seis especies aportan el 69% del total del valor de la producción pesquera, entre ellas la tilapia con un total de 1 343 000 de pesos. La tilapia (incluyendo todas las especies) constituye el segundo grupo más importante de peces cultivados y ocupa el cuarto lugar de producción nacional, después las carpas y es la que se ha difundido más entre todos los peces cultivados a nivel nacional e internacional.

La tilapia tiene una importancia en la acuicultura dada sus peculiaridades biológicas, esta especie constituye una alternativa relevante para la generación de proteína de alto nivel nutricional y divisas, en vista de su amplia aceptación en el mercado y estimaciones de crecimiento son esenciales en el manejo de recursos pesqueros. Por ello, este trabajo recaba datos acerca de la edad y crecimiento de *Oreochromis niloticus*, en el bordo Amate Amarillo en el Estado de Morelos, a través de la lectura de anillos en estructuras duras (hueso opercular), ya que no se tienen registros con respecto a esta especie con este tipo de estructura dura en el sistema acuático, el cual tiene una gran importancia debido a que es una fuente de empleo y la obtención de alimento para las cooperativas ahí establecidas y de importancia para las comunidades antropogénicas que habitan a su alrededor.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Determinar la edad de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) mediante la lectura de anillos en el hueso opercular y obtener el ritmo de crecimiento por medio del modelo de von Bertalanffy.

Objetivos particulares

- Obtener datos sobre la edad de *Oreochromis niloticus* por medio de la lectura de anillos en el hueso opercular.
- Conocer la relación de talla-peso y el tipo de crecimiento que la especie presenta en este sistema, así como la condición o bienestar de los organismos.
- Obtener las constantes del modelo von Bertalanffy por métodos lineales y no lineales.
- Realizar el análisis físico-químico del agua y analizar su relación con el crecimiento de la especie.

ZONA DE ESTUDIO

El estado de Morelos se localiza en la parte central de la República Mexicana, dentro de dos provincias geológicas y fisiográficas: la del Eje Neovolcánico y la de la Sierra Madre del Sur. Esta última en la porción de la cuenca del río Balsas-Mezcala. La superficie del estado es de aproximadamente 4 958 kilómetros cuadrados, cifra que representa el 0.3 % del territorio nacional; políticamente se divide en 33 municipios, siendo la capital del estado la ciudad de Cuernavaca (INEGI, 2011). Ayala es uno de los municipios de Morelos que se ubica geográficamente entre los 18° 34' y 18° 50' de latitud norte y 98° 50' y 99° 06' de longitud oeste, entre los 900 y 1 800 m.s.n.m. Colinda al norte con los municipios de Yautepec, Cuautla y Yecapixtla; al este con los municipios de Yecapixtla, Temoac, Jantetelco, Jonacatepec y Tepalcingo; al sur con los municipios de Tepalcingo, Tlaquitenango y Tlaltizapán; al oeste con los municipios Tlaltizapán y Yautepec. Ocupa el 7.74% de la superficie del estado. Cuenta con 106 localidades y una población total de 70 023 habitantes.

Clima y vegetación

Tiene un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano de menor humedad A_{w_0} "(w) (i') g (basado en el sistema de clasificación climático modificado para México por García, 2004), con temperaturas promedio entre 22 a 24°C, precipitación media anual de 800 – 1000 mm (INEGI, 2009). En este clima se distribuye la vegetación dominante de la entidad que es selva baja caducifolia y algunas planicies con pastizales.

Geología

Según la cartografía incluida en la Síntesis Geográfica de Morelos, las características geológicas y fisiográficas de las montañas del norte son muy diferentes a las planicies del este, por lo que no deben contemplarse juntas dentro de una misma provincia; la zona suroeste del estado tampoco se ubica dentro de la Sierra Madre del Sur, sino dentro de la Cuenca del Balsas (Contreras-MacBeath *et al.*, 2006).

Las rocas más importantes de esta provincia son: Sedimentaria: arenisca-conglomerado (20.72%), caliza (19.8%), conglomerado (18.29%) y lutita-arenisca (2.39%); Ígnea extrusiva: andesita-toba intermedia (8.11%), toba ácida (4.85%), toba básica brecha volcánica básica (1.75%), volcano clástico (0.62%) y brecha volcánica básica (0.29%); Ígnea intrusiva: pórfido andesítico (0.49%) Metamórfica: skarn (1.32%) Suelo: aluvial (17.63%) (INEGI, 2009).

Edafología

Entre los suelos dominantes en esta área se encuentran el Vertisol (34.55%), Leptosol (33.45%), Kastañozem (12.15%), Phaeozem (10.03%), Chernozem (4.8%) y Regosol (1.28%). El principal uso de suelo es la agricultura con un 60.36% y la zona urbana de 3.67%.

Hidrografía

Está ubicado en la región Hidrológica del Balsas (100%), la cuenca en la que se encuentra pertenece al Río Grande de Amacuzac (100%) y la subcuenca Río Cuautla (68.98%), Río Yautepec (30.89%) y Río Bajo Amacuzac (0.13%). Cuenta con un flujo de agua perenne del Río Cuautla e intermitente de los Ríos de Ayala, Chinameca, El Carrizal, Huajoyucan, LaParota, La Villa y Los Sauces.

En el municipio de Ayala se encuentra el Bordo "Amate Amarillo", a 1192 m.s.n.m., es de tipo permanente; se ubica en los 18° 41'13.7 latitud Norte y 98° 52'27.80 longitud Oeste, con 7.2 (Ha) de superficie y con un volumen de 126 550 m³ (Figuras 4 y 5) (Gómez-Márquez *et al.*, 2009).

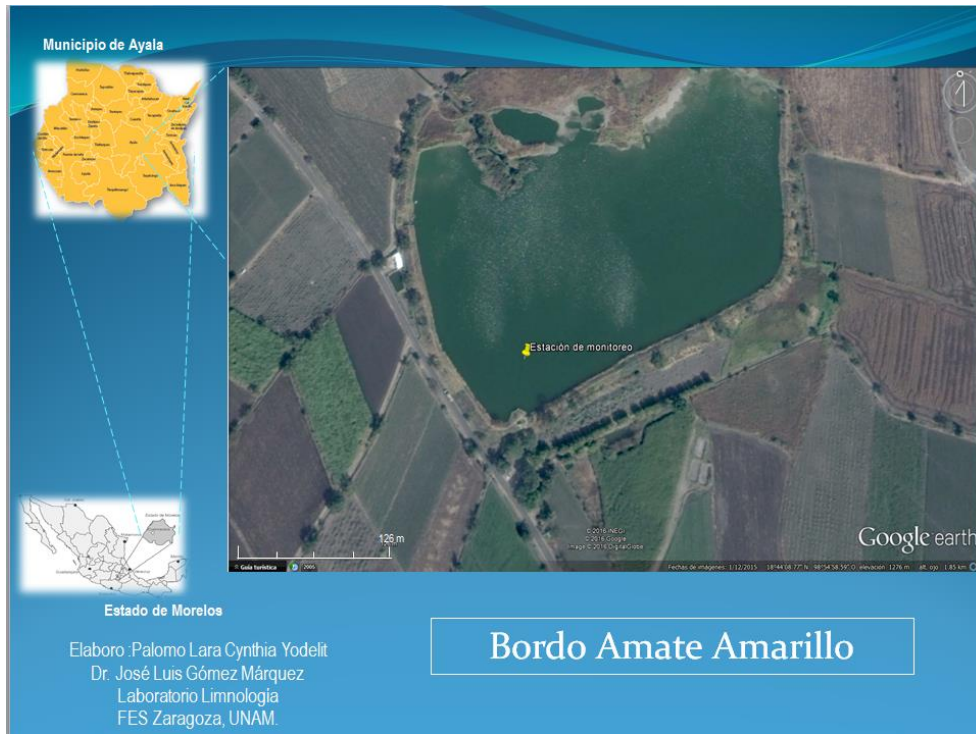


Figura 4. Ubicación geográfica del bordo Amate Amarillo.



Figura 5. Apariencia física del bordo Amate Amarillo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Fase Campo

Se obtuvieron 30 organismos por mes de la pesca comercial con atarraya de 6.5 cm de luz de malla que utilizan los pescadores, entre Marzo de 2014 y Febrero del 2015; después de la captura, a cada uno de los organismos se les midió con un ictiómetro de $\pm 1\text{mm}$ de precisión, la longitud total (Lt) la cual es considerada como distancia del rostro hasta la proyección de ambos lóbulos de la aleta caudal plegados y la longitud patrón (Lp), la cual es la distancia desde el rostro del pez al hueso hipural (normalmente considerado como la zona donde nacen los radios de la aleta caudal, a simple vista)(Figura 6) (Granados, 2002) y el peso total (P) con una balanza digital (marca Ohasus Triple Beam, con precisión de $\pm 0.1\text{g}$).

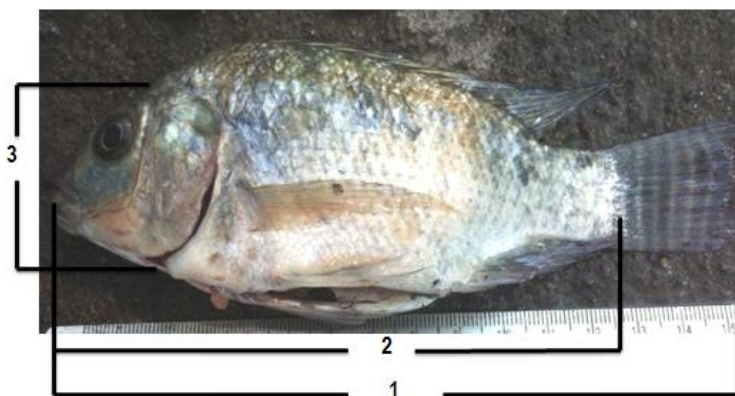


Figura 6. Representación gráfica de la toma de biometría 1. Longitud total, 2. Longitud patrón y 3. Altura.

Para determinar el sexo de los organismos, éste se asignó por medio de la observación directa de las gónadas realizando un corte ventral desde la abertura anal hasta la cintura escapular y estableció el estadio de la madurez gonádica con base en la escala propuesta por Peña-Mendoza *et al.* (2011); posteriormente para la toma de cada uno de los opérculos se tuvieron que sacrificar a los organismos. Se retiraron los opérculos de ambos lados del cuerpo de cada uno de los ejemplares, tomando el hueso opercular separándolo de los músculos que los sostienen sobre las branquias, estos se colocaron en bolsas de plástico previamente etiquetadas con el número de organismo, localidad y fecha de recolecta con agua destilada para su conservación y se transportaron al laboratorio para su posterior análisis.

Para el análisis de la calidad del agua del sistema acuático, al llegar a la localidad en la bitácora de campo se anotó la fecha, porcentaje de nubosidad y la temperatura ambiente, la cual se midió con un termómetro de inmersión (de -1 a 51°C de decimas de precisión, marca BRANNAN). Se ubicó una sola estación en la zona más profunda del sistema cercana a la compuerta, se colectaron muestras de agua con una botella de Van Dorn de capacidad de 2 L, a dos diferentes niveles de profundidad (0.3 m y 1 m), las cuales se almacenaron en botellas de polietileno de 1L de capacidad, para posteriormente llevar a cabo el análisis correspondiente de los siguientes parámetros físicos y químicos (Tabla 2).

Tabla 2. Parámetros físicos y químicos evaluados y método utilizado

Parámetro	Técnicas de campo
Transparencia (cm)	Visibilidad con el disco de Secchi
Oxígeno Disuelto (mg/L)	Oxímetro Marca Hanna Modelo HI9146
pH, sólidos disueltos y Conductividad	Multiparámetros Marca Hanna Modelo HI991300
Alcalinidad total (mg/L de CaCO ₃)	Método de Indicadores
Dureza Total(mg/L de CaCO ₃)	Método Complejométrico
Amonio(mg/L)	Método del azul de Indofenol

Gómez-Márquez *et al.* (2014)

Fase de laboratorio

En el laboratorio los opérculos fueron colocados en una solución de hidróxido de amonio al 5% y permanecieron en ella 24 hrs. Una vez transcurrido el tiempo se procedía a lavarlos con agua corriente y un pincel hasta retirar piel o residuo de músculo que pudiese tener adherida.

Ya limpios se colocaron entre dos portaobjetos pegados con cinta masking-tape en el que se colocaba el número de organismo. Ya montados los opérculos, se realizó el conteo e interpretación los anillos de crecimiento en la estructura mediante un estereoscopio con fondo negro y luz blanca reflejada. El radio máximo de cada hueso opercular se midió utilizando un ocular micrométrico integrado en el estereoscopio, esta medida se define como la distancia máxima desde el foco hasta el borde distal del hueso, también se midió la distancia desde el foco a cada anillo a lo largo de este eje (Gómez-Márquez *et al.*, 2008).

Fase de gabinete

Con los datos recabados de la biometría y lectura de anillos, se realizaron las siguientes pruebas:

Histograma de tallas: Se agruparon los datos y se separaron por hembras y machos determinando la frecuencia de las longitudes por medio de la regla de Sturges (Daniel, 1998) con el fin de reconocer el número de modas presentes en la distribución, así como la longitud modal de la mayoría de los organismos. Se elaboró un histograma de frecuencias por sexos.

Proporción de sexos: Para estimar las diferencias entre la proporción de sexos se realizó la prueba de χ^2 , bajo la hipótesis nula de que la proporción de sexos es 1:1 (Daniel, 1998).

Relación Peso total-Longitud total: Es considerada un parámetro para predecir y evaluar el grado de salud y condiciones favorables para su crecimiento de los organismos (Naz *et al.*, 2013) y se obtuvo aplicando la siguiente fórmula:

$$P = aL^b$$

Donde:

P = Peso total
L = Longitud patrón
a y b = constantes

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

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

Y por medio del análisis de regresión lineal con el método de mínimos cuadrados (Marqués, 1988) se obtuvieron los valores de a (intercepto) y b (pendiente). 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. Se analizaron los valores de pendiente obtenidos en cada una de las regresiones anteriores con el fin de verificar su igualdad o desigualdad con tres y así definir el tipo de crecimiento.

También se compararon las pendientes de las regresiones para hembras y machos mediante una prueba de "t" student (Salgado *et al.*, 2005) para determinar si existe diferencia en el crecimiento entre ambos sexos.

Factor de Condición: O índice de gordura ha sido utilizado desde su desarrollo como un indicador del bienestar fisiológico de una determinada población de peces. Tal índice provee la manera de evaluar indirectamente las condiciones ecológicas de un determinado ambiente por medio de la respuesta en crecimiento y engorde de las especies ante las condiciones ambientales específicas en que se desarrollan (Murphy *et al.*, 1991). El criterio de condición aplicado fue el índice de condición relativa de Le Creen (1951). Este índice permite observar las desviaciones del peso para una talla dada con respecto al peso esperado según la regresión talla-peso de la especie (Ciechowski *et al.*, 1986), siendo su forma matemática:

$$K = P/aL^b$$

Donde

P = Peso total promedio.
Pe = Peso eviscerado promedio.
L = Longitud total promedio.
a = intercepto de relación peso longitud.
b = pendiente de relación peso-longitud.

Retrocálculo: Que consiste en estimar las longitudes que tuvieron los individuos en épocas pasadas utilizando las relaciones morfométricas que se presentan entre el tamaño del organismo y las medidas lineales de las partes duras tales como el opérculo. La determinación directa de la edad mediante las marcas presentes en los opérculos, se realizó por medio del método de retrocálculo (Everhart y Youngs, 1981; Gómez, 1994) con la expresión de Frase-Lee (1920) cuya ecuación es la siguiente:

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

Donde:

l_n = longitud del pez cuando el anillo n fue formado

r_n = Radio del anillo n

R = Radio de la estructura ósea (otolito)

L = Longitud patrón del pez cuando se obtiene el otolito

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

Índice de incremento marginal: Se empleó el análisis de la caracterización del borde para determinar el período de formación de los anillos de crecimiento en las estructuras duras (opérculo) de *O. niloticus*. El incremento marginal se refiere a la región posterior a la última marca identificable en el borde de una estructura esquelética (Zúñiga *et al.*, 2010).

$$IIM = \frac{Rt - Rn}{Rn - (Rn - 1)}$$

Donde:

IIM es Índice del incremento marginal.

Rt =radio total de la estructura.

R_n = el radio del centro del foco al borde externo del último anillo.

R_{n-1} = el radio del centro del foco al borde externo del penúltimo anillo.

MODELO DE CRECIMIENTO

Modelo de von Bertalanffy

El método de von Bertalanffy es un modelo matemático para el crecimiento individual, que ha demostrado que puede ser ajustado al crecimiento observado en la mayoría de los peces. Este modelo considera la talla del cuerpo como una función de la edad y se han convertido en una de las piedras angulares de la biología pesquera. La expresión utilizada por von Bertalanffy para longitud y peso respectivamente es:

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

$$P_t = P_\infty (1 - \exp[-K(t - t_0)])^b$$

Donde (L_t) y (P_t) son la longitud y el peso a la edad (t) respectivamente; L_∞ y P_∞ se interpreta biológicamente como “el peso o la talla media de un pez muy viejo”, parámetro que también es denominado como “longitud asintótica” y “peso asintótico” respectivamente; (K) es el “parámetro de curvatura” que determina la rapidez con la que el pez alcanza L_∞ y es una constante relacionada con la tasa metabólica, o también se puede considerar como la tasa de crecimiento. La constante t_0 es el tiempo teórico el cual el organismo inicia su crecimiento, esto es, cuando la $L=0$, (b) es una constante y representa la potencia a la cual el crecimiento en longitud es proporcional al crecimiento en peso y proviene de una relación peso-longitud (Gómez, 1994; Salgado *et al.*, 2005).

El modelo satisface dos criterios más importantes: se ajusta fácilmente a los datos observados de crecimiento y puede integrarse a los modelos de evaluación de poblaciones. Por ello, es necesario el uso de diversos métodos para la obtención de las constantes, de los cuales los que se utilizaron fueron dos: Ford y Walford (1949), Beverton y Holt (1957).

Método de Ford-Walford (1949)

Este método consiste en graficar las longitudes correspondientes a los tiempos $t+1$ vs t en los ejes y y x , respectivamente. El punto donde la línea recta generada corta a la línea de los 45° representa el valor de L_∞ , puesto que en ese punto $l_t = l_{t+1}$, esto es, cuando la curva ha alcanzado la asíntota al infinito (Salgado *et al.*, 2005). Sin embargo, desde el punto de vista analítico, se puede obtener de la siguiente manera y por lo tanto, la expresión de esta relación es la siguiente.

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

La cual es una ecuación lineal con intercepto

$$a = L_\infty (1 - e^{-K}) \Rightarrow L_\infty = \frac{a}{(1 - e^{-K})} \text{ ó } \Rightarrow L_\infty = \frac{a}{(1 - b)}$$

Y con pendiente igual a:

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

Método de Beverton y Holt.

Este método proporciona una mejor estimación de K y a la vez se obtiene el valor de t_0 , una vez que se ha estimado el valor de L_∞ mediante algún otro procedimiento y posteriormente a través de la siguiente ecuación se puede obtener K y t_0 .

$$\ln = \left[1 - \frac{lt}{l_\infty} \right] = K t_0 - Kt$$

Expresión que tiene una forma lineal, en la cual:

$$x=t$$

$$y= \ln (1-L_t/ L_\infty)$$

$a= Kt_0$ es la ordenada al origen y

$b= -K$ es la pendiente.

Por lo tanto:

$$a=Kt_0 \Rightarrow \frac{a}{K}=t_0$$

$$b = K$$

Asimismo, a los datos de la talla promedio para cada edad y el número de datos que la representaron (ponderación), también se les aplicó la regresión no lineal utilizando el programa StataCorp 13 (Salgado *et al.*, 2005).

Comparación entre sexos: Se realizó una comparación entre hembras y machos para determinar si el crecimiento es diferente entre los dos sexos y para ello se empleó el estadístico T^2 de Hotelling (Bernard, 1981; Salgado *et al.*, 2005), el cual se describe con la siguiente fórmula:

$$T^2 = \frac{Nh Nm}{Nh + Nm} * (Ph - Pm) * S^{-1}(Ph - Pm)$$

Donde N indica el tamaño de la muestra, P es un vector vertical compuesto por L_∞ , k, y t_0 (parámetros del modelo de crecimiento), S^{-1} es la matriz inversa de varianza-covarianza agrupada y los subíndices h y m indican hembras y machos respectivamente (Hansen *et al.*, 1991).

El estadístico T^2 considera como hipótesis la igualdad de los vectores de parámetros de crecimiento, esta se rechaza si T^2 calculada es igual o supera el valor crítico de T_0^2 proveniente de la distribución de F y se acepta en caso contrario (Hansen *et al.*, 1991). El valor crítico se calculó con la siguiente fórmula:

$$T_0^2 = \frac{Nh + Nm - 6}{Nh + Nm - 8} F_\alpha (3, Nh + Nm - 6)$$

Donde F es el percentil de la distribución de Fisher con 3 y $N_1+N_2 -6$ grados de libertad.

Crecimiento en Peso

El crecimiento en peso se describe en una curva del tipo sigmoideo. En las etapas tempranas de la vida del pez el incremento en peso es muy lento. Conforme el organismo aumenta en biomasa, el crecimiento se va acelerando, alcanzado un peso que es aproximadamente 1/3 de su peso máximo (exactamente cuando el peso total es 0,296 veces el peso máximo). Luego se produce una inflexión y el crecimiento se va haciendo más y más lento cada vez, con lo cual el pez se va acercando asintóticamente a su peso máximo (Csirke, 1980).

Se utilizó la siguiente ecuación para obtenerlo:

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

Donde:

P_t = peso del pez

P_{∞} = peso asintótico alcanzado por un pez

K = constante metabólica (coeficiente de crecimiento)

t_0 = edad teórica cuando la longitud del pez teóricamente es cero

t = tiempo (edad)

b = coeficiente de la relación longitud-peso

Índice de desempeño (performance Φ)

Pauly y Munro (1984) proponen un método para evaluar el desempeño del crecimiento entre las diferentes especies (en este caso de *Oreochromis* sp.) a través del valor de θ por medio de la siguiente expresión:

$$\Phi = \log K + 2 \log L_{\infty}$$

Donde:

Φ = Índice de Desempeño

L_{∞} = Longitud total asintótica.

K = Factor de crecimiento o tasa de anabolismo.

Asimismo, los datos de los factores físicos y químicos se sometieron a un análisis estadístico utilizando el análisis exploratorio de datos (Salgado 1992), para ver el comportamiento de los mismos. Si los datos cumplen los supuestos de normalidad y homocedasticidad, entonces se puede utilizar el análisis paramétrico (t-student, ANOVA), pero en caso contrario, se tendrá que utilizar el análisis no paramétrico sucedáneo para cada elemento (U de Man Whitney ó Krsukal-Wallis). Además se realizó el análisis de correlación (Pearson o Spearman) entre los datos del factor de condición y las variables físico-químicas, con la finalidad de conocer el efecto de las mismas.

RESULTADOS

A través de la captura comercial se obtuvo una muestra de 380 organismos de *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) de Marzo de 2014 a Febrero de 2015, de los cuales 265 fueron machos (69.7 %), 109 (28.7 %) hembras y 6 (1.6 %) indeterminados.

El intervalo de tallas para machos fue de 11.5 cm – 40.1 y peso total de 27.8 g y 461.8 respectivamente, mientras que para las hembras fue de 13.3 – 27.2 cm y peso total de 34.2 y 295 g (Tabla 3).

Tabla 3. Valores máximos, mínimos y promedio de la biometría de *O. niloticus*.

	Machos			Hembras		
	Máximo	Mínimo	Promedio	Máximo	Mínimo	Promedio
Lt	40.1	11.5	16.91	27.2	13.3	16.22
Lp	32	8.7	13.21	21.7	10.3	12.73
Peso	461.8	27.8	83.88	295	34.2	76.60
Alt.	13.5	3.5	5.1	8	3.6	4.7

Mediante el histograma de frecuencias de tallas elaborado para ambos sexos, al aplicar la prueba de Kolmogorov–Smirnov se observó que los datos se comportan de una manera normal (K-S= 0.8354, $p < 0.05$). Los machos fueron más grandes en talla que las hembras y la talla que se observó con más frecuencia fue de 17 cm de longitud total para ambos sexos (Figura 7).

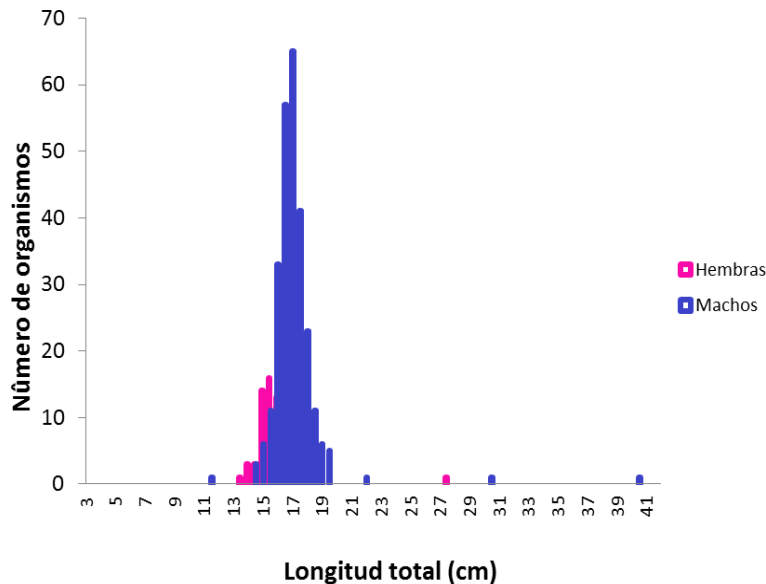
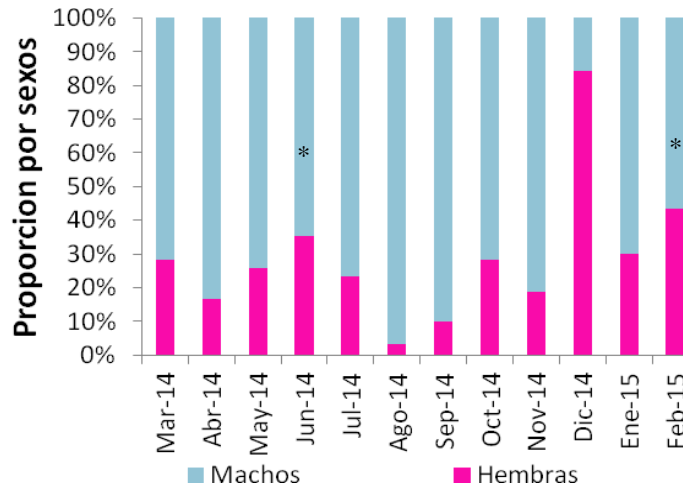


Figura 7. Distribución de tallas para ambos sexos de *O. niloticus*

Proporción sexual

La proporción de sexos ($\chi^2 = 65.08$, $p < 0.05$) que se obtuvo para *O. niloticus* fue de 1:2.4 (Hembra: Macho), lo cual indica una desviación de la proporción 1:1 y se registraron diferencias mensuales entre los sexos (Figura 8).



*NS

Figura 8. Variación mensual de la proporción sexual para *O. niloticus*

Solo en los meses de Junio de 2014 y Febrero de 2015 se cumplió con lo sugerido por Nikolsky (1963) de una proporción sexual de 1:1 (hembra:machos). Desde el comienzo del estudio hubo una dominancia de los machos sobre las hembras exceptuando el mes de Diciembre, donde las hembras fueron más del 50% de la colecta.

Relación Peso total- Longitud total

Se realizó un análisis de correlación entre las variables de longitud patrón (Lp), longitud total (Lt) y el peso total (Tabla 4), para determinar cuál variable tenía más relación con el peso. Se obtuvo una mayor correlación entre Lt y Peso ($r^2 = 0.9904$, $p < 0.00$), por ello se decidió trabajar con Lt.

Tabla 4. Correlaciones entre longitudes y peso total de *O. niloticus*.

	logLt	logLp	logPeso
logLt		0.7540	0.9904
logLp	0.7540		0.7551
logPeso	0.9904	0.7551	

Se realizó el análisis de covarianza (ANDECOVA) con el peso, la longitud total y el sexo para determinar si existían diferencias significativas entre los sexos (Tabla 5), los resultados mostraron diferencias significativas entre sexos ($F=5.66$, $p < 0.05$); de esta manera se decidió trabajar de

manera independiente cada uno de los sexos de la población total para conocer su comportamiento.

Tabla 5. ANCOVA para los datos de *O. niloticus*

Número de obs =	371		R cuadrada =	0.8377		
Raíz ECM =	10.871		R cuadrada Adj=	0.8364		
Modelo	SCParcial	gl	CM	F	Prob> F	--
modelo	223891.312		374630.4372	631.51	0.0000	
Lt	196238.635	1	196238.635	1660.53	0.0000	
Sexo	668.493081	1	668.493081	5.66	0.0179	
lt*sexo	548.206205	1	548.206205	4.64	0.031	
Resíduo	43371.3772	367	18.17814			
Total	267262.689	370	722.331592			

Al realizar la relación entre el peso total y la longitud total para *O. niloticus*, se puede observar que tiene un comportamiento potencial (Figura 9); por lo cual el modelo se expresa de la siguiente manera: $Pt = 0.027L_t^{2.835}$ con un coeficiente de determinación $r^2 = 0.982$; $p < 0.05$.

Esta relación se empleó tanto para machos como para las hembras presentando de la misma manera un comportamiento de tipo potencial ($P_{tm} = 0.064L_t^{2.563}$; $r^2 = 0.887$ y $P_{th} = 0.027L_t^{2.839}$; $r^2 = 0.912$ respectivamente) (Figura 10y 11).

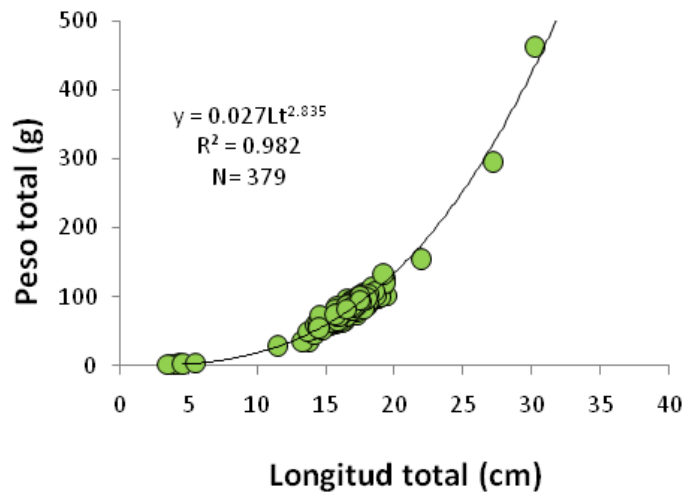


Figura 9. Relación Peso total- Longitud Total para la población de *O. niloticus*

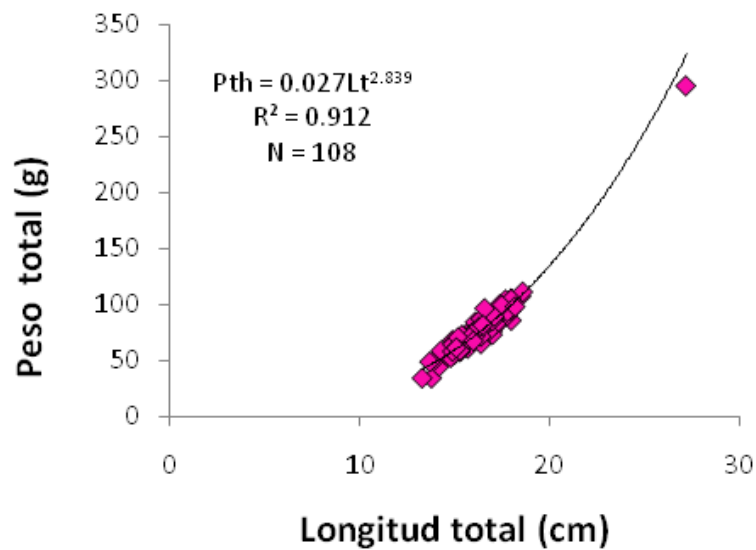


Figura 10. Relación Peso total- Longitud Total para hembras de *O. niloticus*

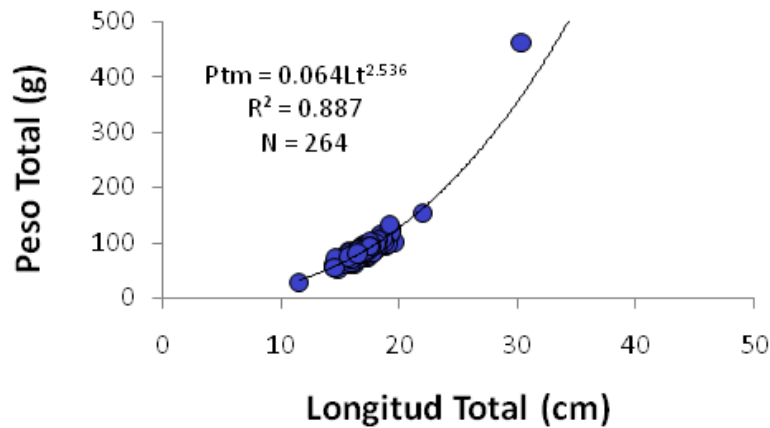


Figura 11. Relación Peso total- Longitud Total para machos de *O. niloticus*

Para determinar el tipo de crecimiento de la población se utilizó la prueba de t-Student, para comparar las pendientes cada grupo y determinar si estas eran iguales o diferentes a 3 ($H_0: b=3$ ó $H_a: \neq 3$). Para la población se registró que el tipo de crecimiento es de tipo alométrico negativo ($t=2.63$; $p<0.05$) así como para ambos sexos (Tabla 6).

Tabla. 6 Pruebas t – Student para las pendientes de la relación Peso total. Longitud total de *O. niloticus*

	b	T calculada	T de tablas
Hembras	2.83	2.01	1.65
Machos	2.53	10.48	1.64
Población	2.63	9.40	1.64

Factor de condición

El factor de condición de Le Creen (FC) (1951) para la población de *O. niloticus* con el peso total y eviscerado (Figura 12), muestra que la mejor condición se obtuvo durante los meses cálidos y disminuye durante la temporada de lluvias con valores no adecuados durante el inicio de la época fría del año (diciembre), entre el peso eviscerado (FCPe) y el peso total (FCPt) no se muestra ninguna diferencia significativa entre utilizar uno u otro peso ($W= 62.5, p>0.05$); las hembras presentan un comportamiento constante durante todo el año con buenas condiciones, excepto durante la época de lluvias donde se observa un descenso (octubre), por el contrario los machos (Figura 13) muestran un comportamiento similar al de la población, con máximos en abril-mayo y noviembre y mínimos en agosto y diciembre.

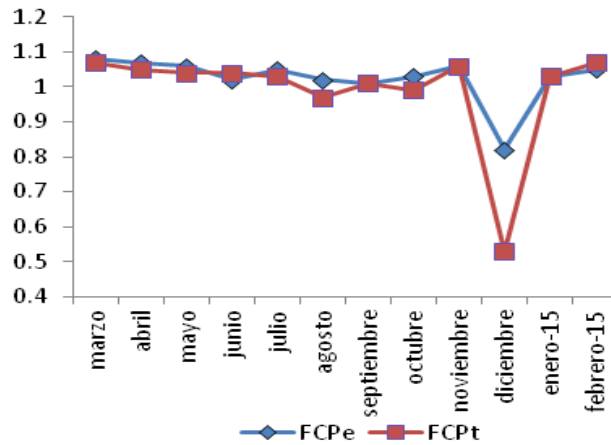


Figura 12. Factor de condición para la población de *O. niloticus* dentro del sistema

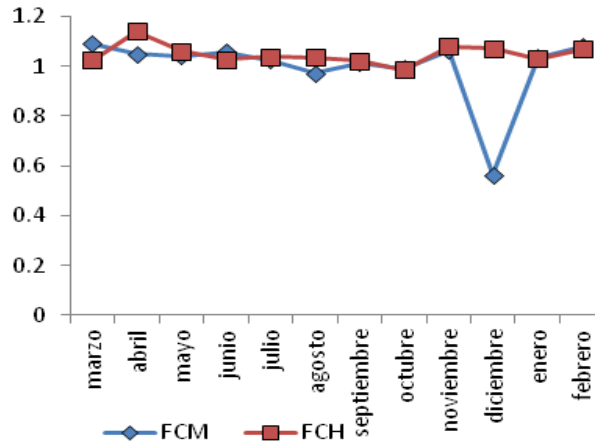


Figura 13. Factor de condición para machos y hembras de *O. niloticus* dentro del sistema

Determinación de edad mediante los opérculos

Para determinar la edad para la población, se realizó la lectura de los 2 opérculos de cada pez al menos por dos lectores, leyendo de tal manera 760 opérculos correspondientes a los 380 organismos capturados. Se realizó un análisis de covarianza (ANDECOVA) para determinar si existían diferencias entre los sexos, utilizando el radio máximo del opérculo, longitud total y el sexo (Tabla 7).

Tabla 7. ANDECOVA diferencias entre sexos.

Modelo	SC Parcial	df	MS	F	Prob> F	-----
Modelo	15.0352714	3	5.01175712	512.90	0.0000	
lt	6.53774939	1	6.53774939	669.07	0.0000	
sexo	.000010274	1	.000010274	0.00	0.9742	
lt*sexo	.003924994	1	.003924994	0.40	0.5266	
Residual	3.58611165	367	.009771421			
Total	18.621383	370	.050328062			

El resultado de este análisis indicó que no hay diferencias significativas entre machos y hembras ($F=0.00$; $p>0.05$). Al realizar la regresión entre estas variables se obtuvo un intercepto diferente a cero. La regresión para la población total dio un intercepto de 1.312 de manera lineal, por lo cual el crecimiento del opérculo con respecto a la longitud total de los peces no es proporcional, aunque si lineal. De tal manera pese a que no hubo diferencias se realizaron las regresiones para ambos sexos (Figuras 14, 15 y 16).

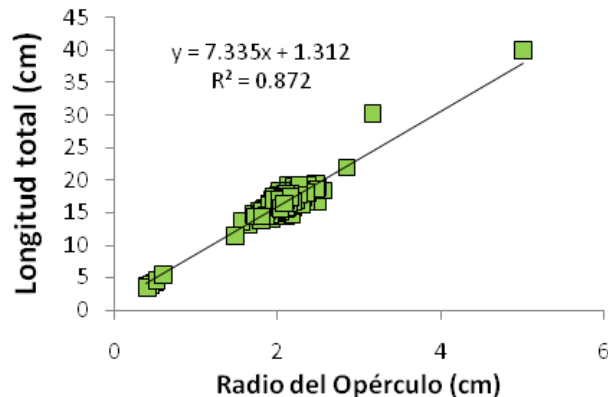


Figura 14. Relación entre el radio del opérculo y la longitud total para *O. niloticus*

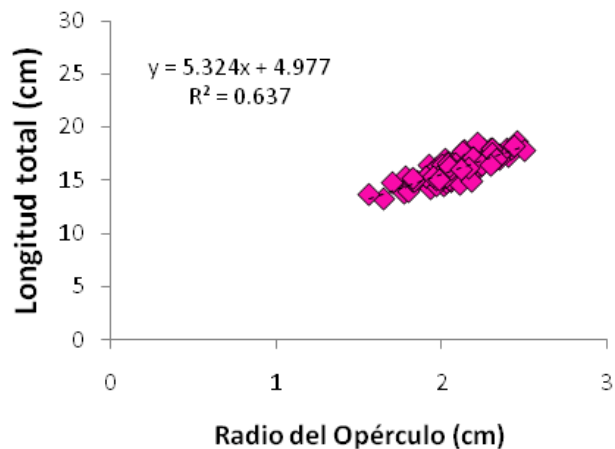


Figura 15. Relación entre el radio del opérculo y la longitud total para hembras de *O. niloticus*

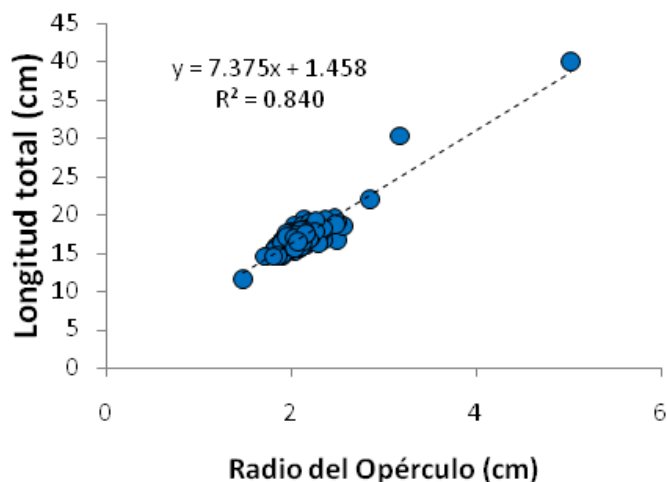


Figura 16. Relación entre el radio del opérculo y la longitud total para machos de *O. niloticus*

Se realizó el diagrama de cajas (Figura 17), para representar cada clase de edad, en el cual se observa que las medianas corresponden a una clase en particular para cada grupo. Se determinaron 5 grupos de edad a partir de las lecturas de anillos en los opérculos; se registró que la edad de 1 año es donde hubo un mayor número de organismos 182, seguido por la de 0.5 año con 146 organismos. La edad máxima para ambos sexos fue de 2.5 años.

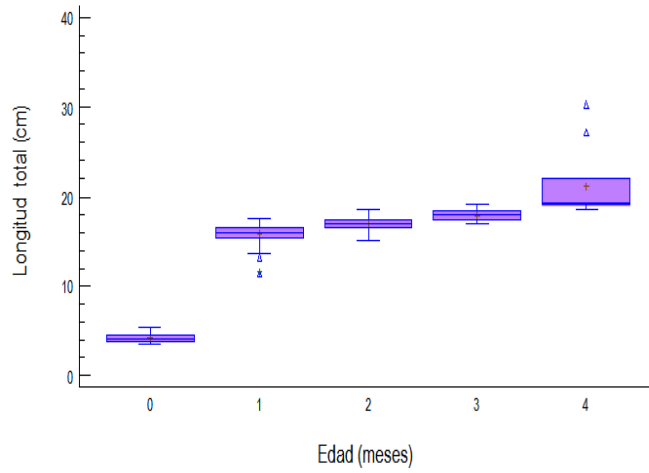


Figura 17. Comportamiento de los grupos de edad de *O. niloticus*

Para validar la época de depositación de las marcas en los opérculos, se utilizó el índice de incremento marginal, el cual registró para la población total, las hembras y machos que la depositación de materiales calcáreos se dio en los meses de mayo y octubre, época de secas e inicio de lluvias respectivamente, únicamente existe una diferencia que en los machos aparentemente en Enero de 2015, donde se observa otra posible depositación (Figura 18 y 19).

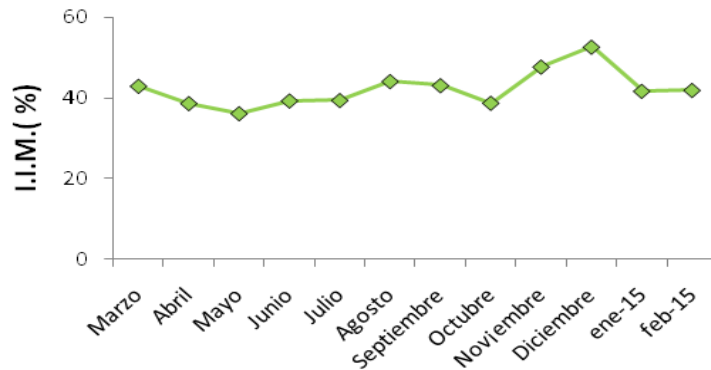


Figura 18. Índice de incremento marginal para la población de *O. niloticus*

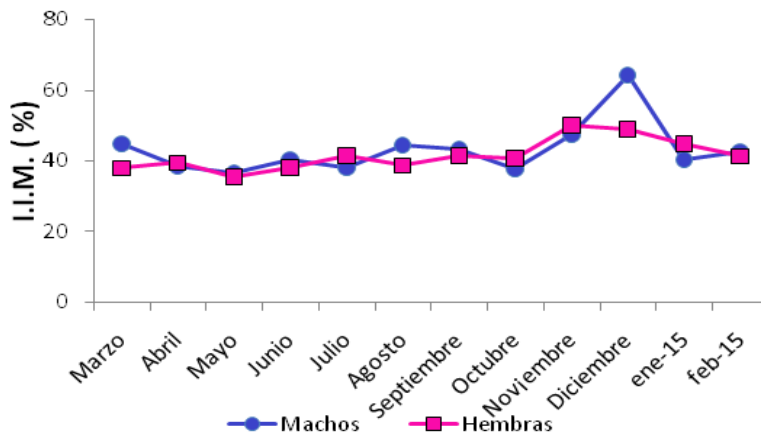


Figura 19. Índice de incremento marginal para hembras y machos de *O. niloticus*.

Crecimiento en longitud y peso

Los valores que se obtuvieron del promedio de la talla para cada edad mediante la lectura del opérculo, se utilizaron para calcular las constantes de crecimiento para la ecuación de von Bertalanffy en longitud y peso para hembras, machos y población total (Tabla 8). Las constantes se obtuvieron por medio de los modelos de Ford–Walford (1949) y Beverton y Holt.

Tabla 8. Valores de las constantes para el modelo de von Bertalanffy para *O. niloticus*

	Población Total	Hembras	Machos
L_{∞}	23.6815	19.7784	21.8522
$K=$	0.169	0.420	0.238
$t_0=$	5.3887	2.5536	4.1357

Con los valores de las constantes de crecimiento se elaboraron las curvas de crecimiento en longitud y peso usando el modelo de von Bertalanffy (Figura 20). El caso de la longitud en la población total las longitudes calculadas a través de von Bertalanffy se encuentran dentro de las longitudes observadas en campo. Respecto al peso se estimó el valor del peso asintótico a partir de la relación peso-longitud y posteriormente con los valores de las constantes obtenidas, se determinó la ecuación que representa el crecimiento de los organismos en biomasa corporal.

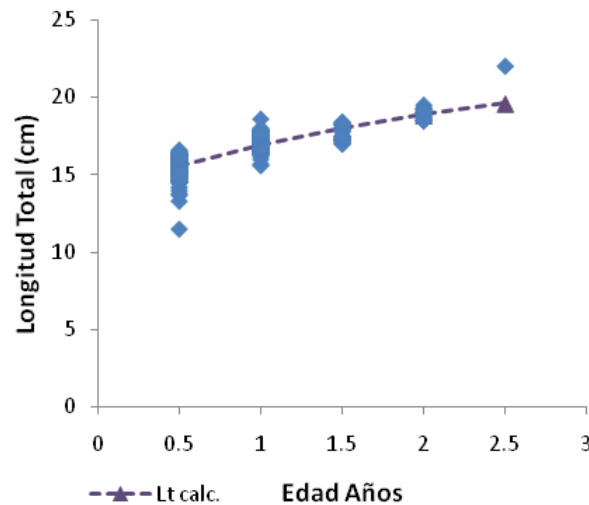


Figura 20. Curva de crecimiento en longitud para la población de *O. niloticus*

En el caso de las hembras y machos la curva de crecimiento en longitud se observa que crecen de manera similar en proporción hasta el año y medio, pero por falta de más datos de hembras con lectura de anillos mayor al año y medio no se puede realizar la comparación total con machos; sin embargo, se nota un pequeño descenso en la edad de 1.5 de las hembras por lo cual se supone que las hembras reducen su crecimiento debido a la tasa de anabolismo, la cual es más alta para ellas; pasando esta edad los machos crecen de manera continua después de la edad de 1.5 año (Figura 21).

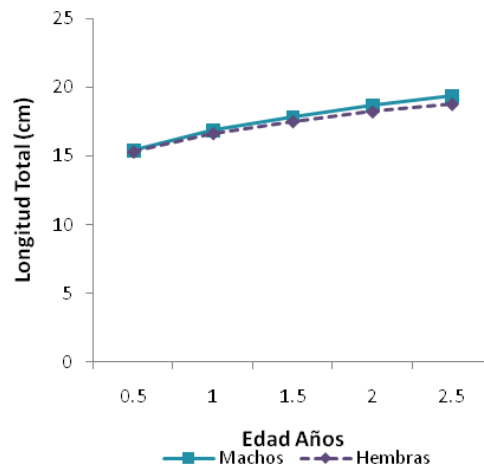


Figura 21. Curva de crecimiento en Longitud para hembras y machos de *O. niloticus*.

Se utilizó una T^2 de Hotelling (Tabla 9) para comparar las constantes de crecimiento del modelo de von Bertalanffy de los machos y las hembras y ver si hay diferencias de crecimiento entre los sexos. Se probaron de manera simultánea los valores paramétricos considerando las covarianzas entre los parámetros con un 95% de nivel de confianza. Con base en el resultado de la prueba, se indica que hay una diferencia significativa entre las constantes de talla máxima y la tasa de crecimiento para hembras y machos, ya que los machos son más grandes que las hembras pero la tasa de crecimiento es menor para los machos, casi del doble.

Tabla 9. Resultados de la prueba de T² de Hotelling al comparar los valores de crecimiento de ambos sexos de *O. niloticus*

Matriz S			Matriz S inversa				
1.8806021	-.04541935	-.44293262		43.0505246	2497.46837	-75.5701244	
	.00112985	.01146522			155831.359	-5375.56741	
		.12657849				230.367817	
-3.5896 0.0865 0.3355				= [P1 - P2]'			

T² = 166.8753 T²_{0.01: 3,7} = 32.5978 F_{0.01: 3,7} = 8.4513

Intervalos de confianza de 99 %	F Crítica
-8.4971 <= L_inf1 - L_inf2 <= 1.3179	4.5215
-0.0338 <= K1 - K2 <= 0.2068	4.3677
-0.9377 <= t_o1 - t_o2 <= 1.6087	0.5869

Aplicación no lineal de von Bertalanffy

Por medio del programa computacional Stata se compararon las funciones de crecimiento de von Bertalanffy y Logístico utilizando los datos de la lectura de opérculos y se observa para la población total (Tablas 10 y 11), las hembras y machos (Tablas 12, 13, 14 y 15 respectivamente que con base en los valores del coeficiente de determinación y la suma de los cuadrados de los residuos, el modelo que mejor representa el crecimiento de la especie es el de von Bertalanffy. El modelo de Gompertz no fue adecuado al no mostrar el valor máximo de crecimiento en talla.

Tabla 10. Modelo de von Bertalanffy para la población total de *O. niloticus*.

Fuente	SC	gl	CM	Número de obs =	7
Modelo	1365.14899	3	455.049664	F(3, 4) =	4343.24
Residuos	419088054	4	.104772013	Prob> F =	0.0000
				Rcuadrada =	0.9997
				R cuadrdaAdj =	0.9995
Total	1365.56808	7	195.081154	Raiz MSE =	.3236851
				Res. dev. =	.1560488

Función de crecimiento de von Bertalanffy, Talla=b0*(1-exp(-b1*(edad-b2)))

Talla	Coef.	Err. Est.t	P> t	[95%Interval Conf.]	
L _m	25.41094	4.958596	5.12	0.007	11.64367 39.17821
K	.1204045	.0512761	2.35	0.079	-.0219607 .2627696
b2	-2.659067	.7796843	-3.41	0.027	-4.823818 -.4943163

Tabla 11. Modelo logístico para la población total de *O. niloticus*.

Fuente	SC	gl	CM	Número de obs =
Modelo	1364.96399	3	454.987996	7
Residuos	.604090157	4	.151022539	
Total	1365.56808	7	195.081154	

F(3, 4) = 3012.72
 Prob > F = 0.0000
 R-squared = 0.9996
 Adj R-squared = 0.9992
 Root MSE = .3886162
 Res. dev. = 2.715546

3-parameter Función logística, Talla=b1/(1+exp(-b2*(edad-b3)))

Talla	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interv.]
L _∞	20.40446	1.852625	11.01	0.000	15.26074 25.54817
k	.328253	.0680766	4.82	0.009	.1392419 .517264
b3	1.616014	.537989	3.00	0.040	.1223168 3.109711

Tabla 12. Modelo de von Bertalanffy para hembras de *O. niloticus*.

Fuente	SS	df	MS	Número de obs =
Modelo	1180.77096	3	393.590322	4
Residuos	.012814559	1	.012814559	
Total	1180.78378	4	295.195945	

F(3, 1) = 30714.31
 Prob> F = 0.0042
 R cuadrada = 1.0000
 Adj R cuadrada = 1.0000
 Raíz MSE = .1132014
 Res. dev. = -11.62236

Función crecimiento von Bertalanffy ,tallah=b0*(1-exp(-b1*(edad-b2)))

tallah	Coef.	Err. Est.	t	P> t	[95% Interval. Conf.]
L _∞	19.87735	.7582518	26.21	0.024	10.24285 29.51186
k	.3996085	.1150673	3.47	0.178	-1.062461 1.861678
b3	-2.705654	.7809529	-3.46	0.179	-12.6286 7.217293

Tabla 13. Modelo logístico para hembras de *O. niloticus*.

Fuente	SS	df	MS	Número de obs =
Modelo	1180.76813	3	393.589377	4
Residuos	.015647497	1	.015647497	
Total	1180.78378	4	295.195945	

F(3, 1) = 25153.50
 Prob> F = 0.0046
 R cuadrada = 1.0000
 Adj R cuadrada = 0.9999
 Raíz MSE = .12509
 Res. dev. = -10.82345

Función logística 3-parameter, tallah=b1/(1+exp(-b2*(edad-b3)))

tallah	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Interval. Conf.]
L _∞	19.55229	.6268921	31.19	0.020	11.58687 27.51771
K	.5264042	.1289647	4.08	0.153	-1.112248 2.165056
b3	-1.466697	.3804007	-3.86	0.162	-6.300147 3.366752

Tabla 14. Modelo de von Bertalanffy para machos de *O. niloticus*.

Fuente	SS	df	MS	Número de obs =
Modelo	1207.56382	3	402.521272	4
Residuos	.011571899	1	.011571899	
Total	1207.57539	4	301.893847	

F(3, 1) = 34784.37
 Prob> F = 0.0039
 R cuadrada = 1.0000
 Adj R cuadrada = 1.0000
 Raíz MSE = .1075728
 Res. dev. = -12.03037

Función crecimiento von Bertalanffy, $tallam=b0*(1-\exp(-b1*(edad-b2)))$

tallam	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Interval. Conf.]
L ∞	22.09903	1.963998	11.25	0.056	-2.855932 47.054
K	.2367983	.0989388	2.39	0.252	-1.020338 1.493934
b2	-4.122353	1.297233	-3.18	0.194	-20.60526 12.36055

Tabla 15. Modelo logístico para machos de *O. niloticus*.

Fuente	SS	df	MS	Número de obs =
Modelo	1207.56173	3	402.520578	4
Residuos	.01365467	1	.01365467	
Total	1207.57539	4	301.893847	

F(3, 1) = 29478.60
 Prob> F = 0.0043
 R cuadrada = 1.0000
 Adj R cuadrada = 1.0000
 Raíz MSE = .116853
 Res. dev. = -11.36836

Función logística 3-parameter, $tallam=b1/(1+\exp(-b2*(edad-b3)))$

tallam	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
L ∞	21.14489	1.328494	15.92	0.040	4.264775 38.02501
K	.3656647	.108726	3.36	0.184	-1.01583 1.74716
b3	-1.783758	.2779763	-6.42	0.098	-5.315782 1.748265

Los valores obtenidos para el modelo de crecimiento por métodos directos o indirectos (Tabla 16) fueron muy parecidos, dando confiabilidad a lo que se realizó, así como ponderándolo o no, la diferencia es mínima dentro de los resultados utilizando el modelo de von Bertalanffy como el modelos logístico.

Tabla 16. Comparación de resultados de métodos lineales y no lineales.

Sexo	Constante	Lectura de Opérculo (método Lineal)	Modelo de Von Bertalanffy (No lineal)	Modelo Logístico (No lineal)
Hembras	L^∞	19.7784	19.8773	19.5522
	K	-0.420	0.3996	0.5264
	t_0	2.5536	-2.7056	-1.4666
Machos	L^∞	21.8522	22.0990	21.1448
	K	-0.238	0.2367	0.3656
	t_0	4.1357	-4.1223	-1.7837
Población total	L^∞	23.6815	25.4109	20.4044
	K	-0.1690	0.1204	0.3282
	t_0	5.3887	-2.6590	1.6160

Índice de desarrollo (Performance)

Para comparar el crecimiento total en la población de *Oreochromis niloticus* se aplicó el índice de desempeño (Performance Φ), ya que expresa el crecimiento de los peces de una mejor manera y fue calculado con base en las constantes de L_{∞} y K. Se registró que Φ es de 1.97 en este estudio y se comparó este valor con otros trabajos realizados también en *O. niloticus* y del mismo género en el cual reportaron él Φ a nivel nacional e internacional. A continuación se presenta una tabla con dicha comparación (Tabla 17).

Tabla 17. Comparación de valores de Φ para *Oreochromis niloticus*

Referencia	Área de Estudio, País	Especie	Estructura	L_{∞} (cm)	K	Φ'
Ben – Tuvia, 1959	Lago Kinneret, Israel			31.6	0.577	4.76
Gómez – Márquez, 1998	Lago Coatetelco, México	<i>Oreochromis niloticus</i>	Escamas	29.19	0.7	1.77
Pérez – Patlani, 2002	Presa Emiliano Zapata, México	<i>Oreochromis niloticus</i>	Escamas	27.04	0.1208	1.94
Oyala- Nieto <i>et al.</i> , 2004	Ciénega Grande de Santa Marta, Colombia			40.8	0.78	3.11
Tovar, 2005	Presa Emiliano Zapata, México	<i>Oreochromis niloticus</i>	Otolitos y Escamas	23.07	0.64	2.53
Jiménez – Badillo, 2006	Presa el Infiernillo, México	<i>Oreochromis aureus</i>	Escamas y Opérculos	47.9	0.46	5.02
Gómez – Márquez <i>et al.</i> , 2008	Lago Coatetelco, México	<i>Oreochromis niloticus</i>	Opérculos	17.88	0.3409	2.03
Beltrán – Álvarez <i>et al.</i> , 2010	Presa Sanaloa, México	<i>Oreochromis aureus</i>	Escamas	41.6	0.368	4.80
Grammer <i>et al.</i> , 2012	Misisipi, EEUU	<i>Oreochromis niloticus</i>	Otolitos	16.57	0.671	2.26
Orozco, 2013	Bordo La Palapa, México	<i>Oreochromis niloticus</i>	Escamas	33.59	0.133	2.18
Gómez, 2015	Bordo Amate Amarillo, México	<i>Oreochromis niloticus</i>	Otolitos	37.44	0.1324	2.26
Presente estudio	Bordo Amate Amarillo, México	<i>Oreochromis niloticus</i>	Opérculos	23.68	0.169	1.97

El valor obtenido en este estudio se encuentra dentro de los valores reportados para *O. niloticus* en los distintos trabajos principalmente realizados en México y en la región de la zona de estudio, ya que los valores correspondientes a estudios fuera del país y 2 de México son más grandes, debido a que los datos de longitud asintótica son más altos que los que se han obtenido en México y que corresponden a otras especies de *Oreochromis*.

Parámetros físicos – químicos

Durante el estudio se registraron distintos parámetros del agua en el Bordo "Amate Amarillo" para conocer las condiciones del mismo y de qué manera benefician o afectan a los organismos que habitan en él. Todas las muestras se tomaron a dos niveles de profundidad del embalse (0.30 y 1m), en una sola estación, con base en lo que se recomienda en la literatura para bordos.

Durante el tiempo de muestreo se tomó la temperatura ambiente y este fluctuó de 22.9 a 32.5 °C. La mínima se registró en septiembre y la máxima en abril. La temperatura del agua mínima fue de 19.1 en Diciembre y la máxima de 25.7 °C en el mes de Abril, siendo éstas adecuadas para el desarrollo de la tilapia (Figura 22).

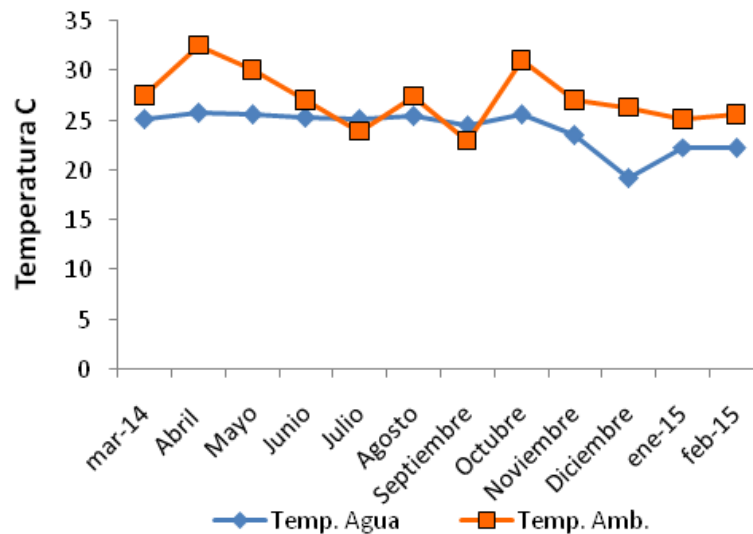


Figura 22. Variación de la temperatura ambiente y del agua en el bordo Amate Amarillo

En este caso la temperatura del agua no se vio influenciada por la ambiente, aun cuando la temperatura del agua en diciembre fuese más baja que la temperatura ambiente era alta de 26.3°C, este dato puede ser error de medición, pero a pesar de ello las condiciones de agua para la tilapia son aptas. De marzo – agosto se registra el periodo cálido y de septiembre a febrero el periodo frío.

La profundidad máxima registrada fue de 4.3 m en el mes de abril y la mínima de 2.2 m en enero de 2015. En cuanto a la visibilidad al disco de Secchi, el agua del bordo mostró un valor máximo de 0.50 m en octubre y un mínimo de 0.30 m en julio (Figura 23).

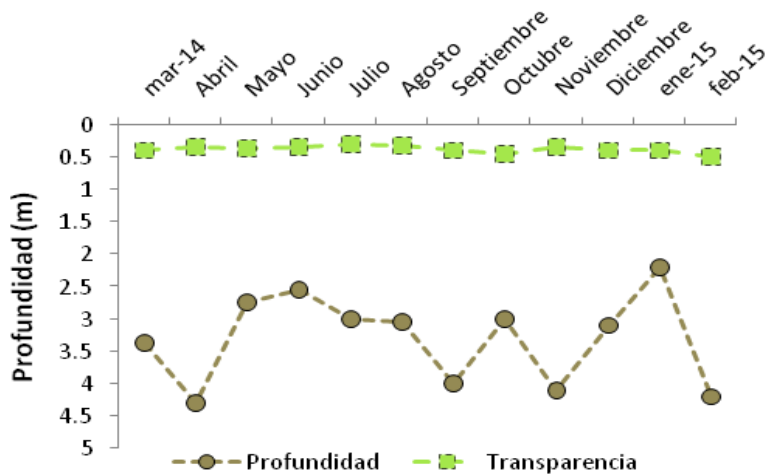


Figura 23. Comportamiento de la profundidad máxima y la transparencia en el bordo Amate Amarillo

La dureza total tuvo un valor máximo de 851.85 mg/L en diciembre 2015 y el mínimo en octubre de 384.48 mg/L, esto debido a la alta de concentración de sales de magnesio y calcio en el agua del sistema; Para la alcalinidad los valores máximos se observaron en febrero (532.5 mg CaCO₃/L) y el mínimo en julio con 177.5 mg CaCO₃/L. el pH tuvo intervalos de 7.02 a 8.23 siendo el mínimo para el mes de junio (Figura 24).

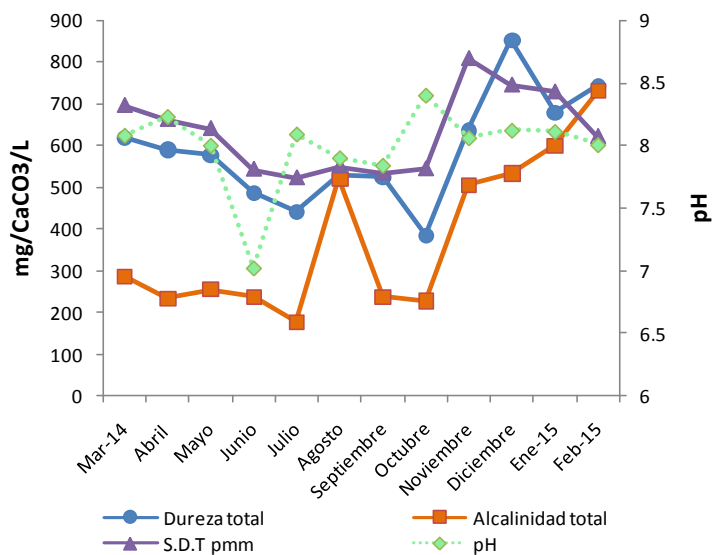


Figura 24. Comportamiento de la Dureza total, Alcalinidad y pH del agua en el bordo Amate Amarillo

Los valores de oxígeno disuelto (O.D.) en el sistema alcanzaron su valor máximo en el mes de marzo con 10.84 mg/L y el mínimo en julio con 3.40 mg/L, sin detectar anoxia en el agua del sistema. Estos valores tendían a bajar cuando la temperatura aumentaba, cabe la posibilidad que estos datos se vean afectados por otro factor como el volumen del sistema que puede afectar la disponibilidad de O.D (Figura 25).

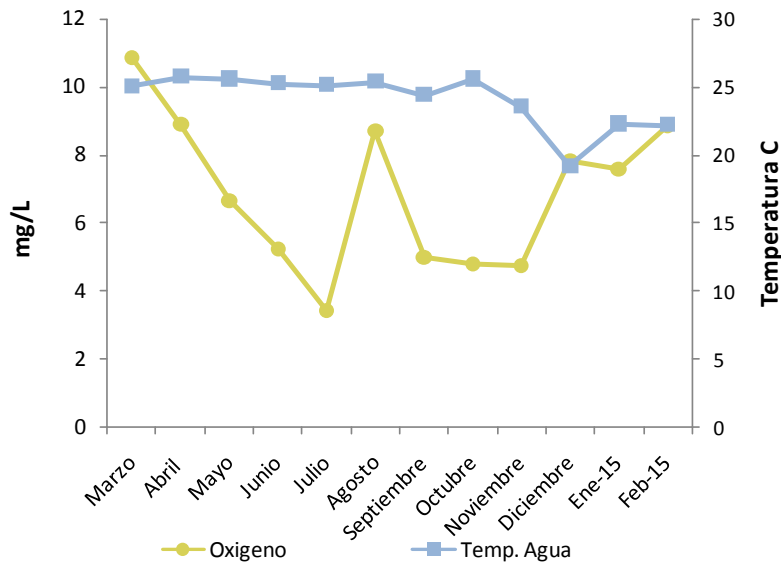


Figura 25. Comportamiento de la concentración de oxígeno disuelto y la temperatura en Amate Amarillo

En el caso de los sólidos disueltos totales (S.D.T) como la conductividad, se muestra una relación directa entre ambos parámetros debido a que a partir de uno se puede obtener el otro, por lo que sería adecuado solo incluir la conductividad como más representativa; el valor máximo para la conductividad fue de 1552.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en noviembre y la mínima de 1007 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en julio; mientras que para los sólidos la máxima fue de 808 ppm y la mínima de 522 ppm en los meses de noviembre y julio respectivamente, meses similares a lo reportado para la conductividad (Figura 26).

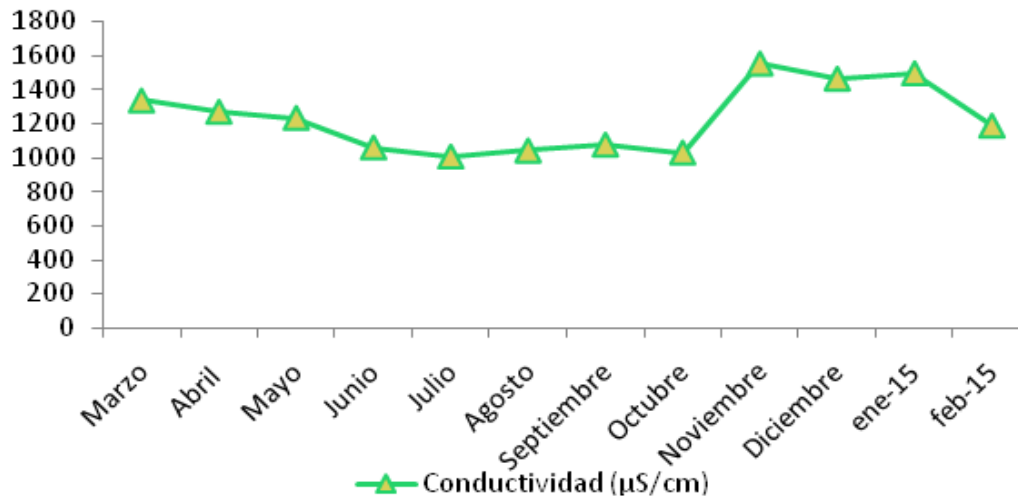


Figura 26. Comportamiento de la conductividad y los sólidos disueltos totales en Amate Amarillo

Para el amonio el valor máximo fue de 0.0355 mg N-NH₄/L y el mínimo de 0.0085 mg N-NH₄/L en los meses de octubre y abril respectivamente. Estos valores no afectan el desarrollo del organismo ni su supervivencia, ya que se encuentran por debajo de los niveles tóxicos para la tilapia (Figura 27).

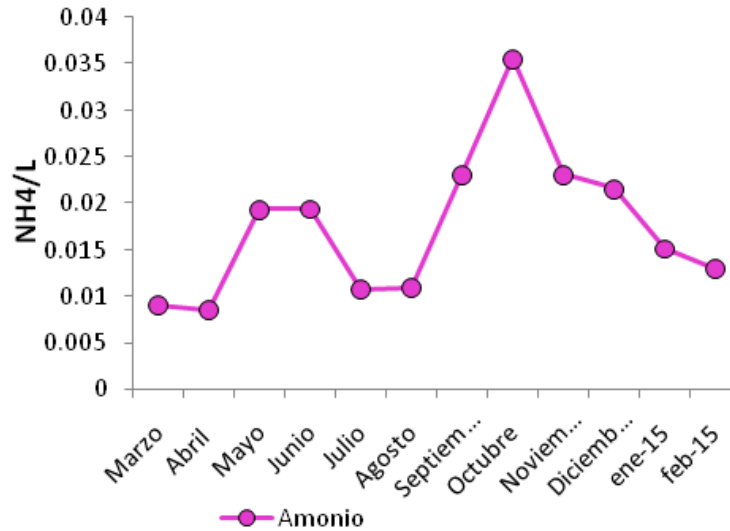


Figura 27. Comportamiento del amonio en el agua del sistema Amate Amarillo

Existen correlaciones entre los parámetros y la Talla-Peso pero no son significativas (Tabla 19). Las correlaciones son bajas y no son significativas entre el factor de condición y los parámetros de temperatura ambiental, de agua, alcalinidad, dureza, oxígeno y pH (Tabla 20). Gráficamente el factor de condición se ve relacionado con la temperatura del agua, ya que cuando esta aumenta el factor de condición también y viceversa. Como se ve en los meses de abril-junio y desciende en el mes de diciembre, teniendo así un patrón estacional (Figura 28).

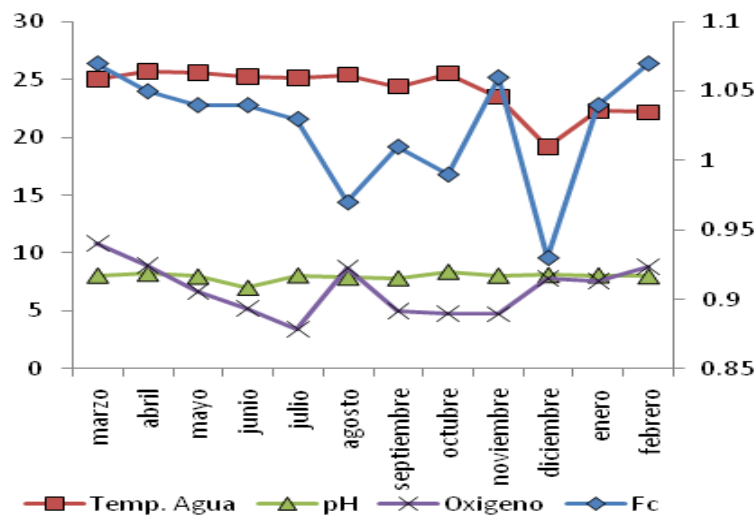


Figura 28. Factor de Condición en relación con la Temperatura agua, pH, Oxígeno

Tabla. 19 Correlaciones entre parámetros físico-químicos y Talla-Peso

	Temp. Agua	Temp. Amb	Dureza	Alcalinidad	pH	Oxigeno	Lt	Pesot
Temp. Agua		0.4092 0.1865	-0.8569 0.0004	-0.9261 0.0000	-0.1363 0.6728	-0.1684 0.6008	0.2994 0.3444	0.4128 0.1823
Temp. Amb	0.4092 0.1865		-0.1715 0.5942	-0.2448 0.4431	0.2833 0.3723	0.2655 0.4043	0.0904 0.7800	0.1016 0.7534
Dureza	-0.8569 0.0004	-0.1715 0.5942		0.8600 0.0003	0.1533 0.6344	0.5345 0.0734	-0.1106 0.7322	-0.1134 0.7256
Alcalinidad	-0.9261 0.0000	-0.2448 0.4431	0.8600 0.0003		0.1491 0.6436	0.3514 0.2626	-0.2219 0.4881	-0.3811 0.2216
pH	-0.1363 0.6728	0.2833 0.3723	0.1533 0.6344	0.1491 0.6436		0.1735 0.5898	0.2391 0.4541	0.1521 0.6371
Oxigeno	-0.1684 0.6008	0.2655 0.4043	0.5345 0.0734	0.3514 0.2626	0.1735 0.5898		0.3161 0.3169	0.3406 0.2787
Lt	0.2994 0.3444	0.0904 0.7800	-0.1106 0.7322	-0.2219 0.4881	0.2391 0.4541	0.3161 0.3169		0.8925 0.0001
Pesot	0.4128 0.1823	0.1016 0.7534	-0.1134 0.7256	-0.3811 0.2216	0.1521 0.6371	0.3406 0.2787	0.8925 0.0001	

Tabla.20 Correlaciones entre parámetros físico-químicos y factor de condición.

	Temp. Agua	Temp. Amb	Dureza	Alcalinidad	pH	Oxigeno	FC
Temp. Agua		0.4092 0.1865	-0.8569 0.0004	-0.9261 0.0000	-0.1363 0.6728	-0.1684 0.6008	0.3568 0.2550
Temp.Amb	0.4092 0.1865		-0.1715 0.5942	-0.2448 0.4431	0.2833 0.3723	0.2655 0.4043	0.0482 0.8818
Dureza	-0.8569 0.0004	-0.1715 0.5942		0.8600 0.0003	0.1533 0.6344	0.5345 0.0734	-0.0697 0.8296
Alcalinidad	-0.9261 0.0000	-0.2448 0.4431	0.8600 0.0003		0.1491 0.6436	0.3514 0.2626	-0.4310 0.1618
pH	-0.1363 0.6728	0.2833 0.3723	0.1533 0.6344	0.1491 0.6436		0.1735 0.5898	-0.1162 0.7192
Oxigeno	-0.1684 0.6008	0.2655 0.4043	0.5345 0.0734	0.3514 0.2626	0.1735 0.5898		0.1138 0.7247
FC	0.3568 0.2550	0.0482 0.8818	-0.0697 0.8296	-0.4310 0.1618	-0.1162 0.7192	0.1138 0.7247	

Discusión

Se trabajó con una muestra de 380 organismos que van de los 11.5 cm a los 40.1 cm. Estos resultados son similares a los reportados en distintos trabajos de la tilapia como el realizado por Gómez (2015) en el bordo "Amate Amarillo", quién menciona una longitud total máxima capturada de 35.3 cm y Orozco (2013) para el bordo "La Palapa" menciona un valor máximo de 33.2 cm de longitud total. En ambos trabajos los organismos con esta talla fueron considerados casos extraordinarios, ya que se registraron una sola vez durante todo el estudio. Pese a ello la moda que se registro fue de 17 cm al igual que en este estudio, lo cual se manifiesta por la luz de malla que fue utilizada durante las capturas. Jiménez-Badillo (2006) reporta una talla máxima de 47.9 cm en la presa Infiernillo, Michoacán y Beltrán-Álvarez *et al.* (2010) en el Embalse Sanaloo, Sinaloa reportó una longitud máxima de 34.5 cm en *Oreochromis aureus*. De estos resultados, los valores reportados en este estudio se ubican entre los intervalos de tallas ya mencionadas. Asimismo, en este estudio los machos fueron los organismos que alcanzaron tallas más grandes que las hembras; lo cual también fue reportado por Gómez (2015) y Orozco (2013) para las poblaciones que ellos estudiaron.

El sexo dominante fue el de los machos teniendo una mejor representación durante casi todo el estudio, excepto en el mes de diciembre donde las hembras fueron dominantes debido probablemente a que son más susceptibles de ser capturados, dada su conducta de permanecer por tiempo prolongado en los márgenes de los sistemas, en espera de una nueva pareja y al cuidado de los nidos (Duponchelle y Panfili, 1998; Gómez-Márquez *et al.*, 2003; Peterson *et al.*, 2004; Peña-Mendoza *et al.*, 2005). 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 mostro que hay diferencias significativas entre los sexos.

Esta información coincide con lo mencionado por Castillo (2015), Beltrán-Álvarez *et al.* (2010) y Gómez (2015), quienes estadísticamente obtienen diferencias significativas entre machos y hembras. Contrario a lo reportado a este estudio, Fryer e Iles (1972), Tovar (2005), Komolafe y Arawomo (2007), Gómez-Márquez *et al.* (2008), Orozco (2013) y Beltrán-Álvarez *et al.* (2014) indican que no hay diferencias significativas entre los sexos. Fryer e Iles (1972) mencionan que en las poblaciones de cíclidos en los lagos africanos es común que los machos sean la proporción dominante, porque generalmente éstos presentan mayor crecimiento que las hembras, sin que esto represente un riesgo para la pesquería.

En la mayoría de las especies de las tilapias, los machos tienen un mayor crecimiento que las hembras (Togoyeni *et al.*, 1996), lo cual se puede deber a factores biológicos, ecológicos o ambientales que pueden causarle algún efecto a su fisiología. La temperatura juega un papel importante en cuanto al crecimiento y desarrollo de la especie; esta variable tiene que ser mayor a 20°C para que se lleve a cabo la reproducción (Fryer e Iles, 1972; Balfour 1985; Morales, 1991; Oliveira y Almada, 1995), además una vez que las hembras alcanzan la madurez sexual, estas destinan mayores recursos energéticos para la maduración de los productos sexuales que para el crecimiento, contrario a lo realizado por los machos (Angienda *et al.*, 2010; El-Greisyy El-Gamal, 2012).

Proporción sexual

Por lo que se refiere a la proporción sexual obtenida para *O. niloticus* ésta favoreció a los machos sobre las hembras difiriendo por completo por lo propuesto por Nikolsky (1963), quien menciona que la proporción adecuada o esperada para cualquier especie es de 1:1 (hembra:macho); sin embargo, en el mes de junio y febrero se obtuvo una proporción 1:1 durante el estudio y una proporción sexual total de 2.44:1 (macho: hembra). Solo en el mes de diciembre las hembras dominaron la proporción.

En distintos trabajos se ha reportado la proporción sexual para la especie, trabajos en los que se reporta que la proporción de sexos es diferente de 1:1 (♀:♂), resultados que concuerdan con los obtenidos en el presente trabajo, así como con los reportados por Tovar (2005) en la presa "Emiliano Zapata" Morelos, quién menciona una proporción de 6:1 (macho:hembra), Orozco (2013) cita una proporción de 2:1 (macho:hembra), Castillo (2015) reporta una proporción de 8.7:1 (macho:hembra), donde los machos dominan en el embalse de Huitchila y para el mismo embalse de Amate Amarillo, Gómez(2015) registra un valor de 1.9:1 (macho:hembra), el cual está por debajo de lo encontrado en este estudio. Novaes y Carvalho (2012) reportan una proporción 0.18:1 (macho:hembra) y dicen que las hembras predominaron en la época de invierno en el embalse de Barra Bonita, en Brasil, lo cual coincide con la proporción del mes de diciembre, donde las hembras fueron dominantes.

King y Etim (2004) explican que la proporción de sexos está influenciada por varios factores, como la mortalidad, la longevidad y la tasa de crecimiento; estos a su vez conducen a diferencias en la tasa de captura y hace que las proporciones varíen de un sistema a otro. Así mismo, la determinación del sexo en los peces está influenciada por factores fisiológicos, genéticos y ambientales tales como el pH del agua, fotoperiodo y temperatura, ya que este factor puede inducir cambios; El aumento de la temperatura del agua también puede producir cambios en la determinación del sexo de los peces, incluso cambios pequeños de 1 o 2°C pueden alterar significativamente la proporción de sexos machos-hembras de 1:1 hasta 3:1 (Ospina-Álvarez y Piferrer, 2008).

Tessema *et al.* (2006) también mencionan que es posible que tratamientos con altas temperaturas incrementen el porcentaje de machos. Guerrero-Estévez y Moreno-Mendoza (2010) mencionan que altas temperaturas durante el desarrollo inicial aumentan la proporción de machos en *Oreochromis mossambicus* (Peters, 1852) y *O. niloticus*. D'Cotta *et al.* (2001) y Van Aerle *et al.* (2004) señalan que hay una amplia gama de sustancias químicas vertidas en el medio que son sucedáneas de las hormonas, en especial los estrógenos, que pueden provocar alteraciones en el desarrollo sexual en organismos silvestres y alteran la función reproductiva

Otro factor que puede afectar la proporción sexual es que después de la fertilización de los óvulos, las hembras migran a aguas profundas o zonas cercanas de vegetación acuática o rocas que sirven como refugio para su protección durante la incubación de huevos y el cuidado de crías; a diferencia de los machos que se localizan en zonas más someras para la alimentación y cerca de sus nidos para cortejar a otras hembras, lo que trae como consecuencia, que sean capturados con mayor facilidad por los pescadores (Ramos-Cruz, 1995, Gómez-Márquez *et al.*, 2003, Peña-Mendoza *et al.*, 2005).

También es posible que se haya capturado un mayor número de machos debido a factores de explotación pesquero como la selectividad de la luz de malla del arte de pesca y la zona de pesca seleccionada por el pescador. En el manejo del recurso, es preferible capturar capturas machos que hembras, porque éstos tienen mayor biomasa corporal, sin embargo, es bueno tener más hembras en el cuerpo de agua para asegurar un mayor reclutamiento y por ende esto beneficiará los pescadores.

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 forma en cómo crecen los peces, así como la condición de la población. También permite establecer el peso como una potencia de la longitud, es decir, la forma del cuerpo como un reflejo de los cambios fisiológicos que sufre a través de su vida (Jiménez, 1999).

Al aplicar el análisis de covarianza (ANDECOVA) entre machos y hembras, se registró que había diferencias significativas entre los sexos; sin embargo, los machos de la tilapia al caracterizarse por presentar un crecimiento mayor al de las hembras (Togoyeni *et al.*, 1996) puede presentar diferencias que se deban al proceso de maduración (Bwanika *et al.*, 2007).

La relación peso-longitud puede variar de acuerdo al sexo, la madurez sexual y a la ingestión de alimento (Benegal y Tesh, 1978 y Bedia *et al.*, 2011); Le Creen (1951) establece que el valor de la pendiente "b" sufre variaciones dependiendo de la época y del tipo de muestreo utilizado.

Se obtuvo que la relación peso total-longitud total para hembras, machos y población total mostró un modelo de tipo potencial; al realizar la prueba de t – Student se obtuvo que el tipo de crecimiento que presentaban es un alométrico negativo, es decir tienen un crecimiento mayor en longitud que en peso, aunque se puede considerar que las hembras tienen una tendencia a la isometría. Esto puede diferir conforme a variables biológicas, ecológicas y ambientales que se registran en el sistema acuático, además de que en el cuerpo de agua la tilapia no tiene un depredador o competidor que influya en el desarrollo de ésta.

En diversos estudios en los que se ha trabajado con *O. niloticus* se han reportado resultados similares a los citados en este estudio, Gómez–Márquez *et al.* (2008) citan un crecimiento alométrico negativo de la tilapia en un lago somero tropical de Morelos. Tovar (2005) reporta un crecimiento alométrico negativo tanto para machos como la población total y una tendencia a la isometría de las hembras. Beltrán–Álvarez *et al.* (2014) mencionan una alometría negativa en el embalse Eustaquio Buelna, Sinaloa. Gómez (2015) en Amate Amarillo obtuvo un modelo de tipo potencial y un crecimiento alométrico negativo para *Oreochromis niloticus*.

De igual manera Montcho y Laleye (2008) en el Lago Toho, Benin, reportan un crecimiento de tipo alométrico positivo. Similares valores fueron mencionados por Olurin y Aderibigde (2006) en Nigeria y Kosai *et al.* (2014) en Tailandia en condiciones controladas, quienes citan que éste tipo de crecimiento es indicado para poblaciones que tienden a crecer más en peso que en tallas, al tener todas las condiciones adecuadas para crecer.

Desde el punto de vista ecológico los peces crecen de forma alométrica negativa en las primeras etapas de desarrollo, debido a la competencia por alimento, espacio y la obtención de mayor longitud para evitar la depredación por otras especies, posteriormente cambia a un crecimiento alométrico positivo con tendencia a la isometría, ya que la energía que se destinaba al crecimiento ahora se dirige hacia los órganos reproductores incrementando en peso, debido al incremento en la madurez de los ovarios y testículos (Nikolsky, 1963; Frey e Iles, 1972; Weatherly y Grill, 1989; Granado 2000; Peña-Mendoza *et al.*, 2011).

Determinación de la edad por medio de opérculos

Determinar correctamente la edad de los animales acuáticos es una de las tareas más importantes en biología pesquera y en general en la ciencia de las pesquerías. La importancia asignada a la determinación de la edad deriva del hecho de que mediante ella se llega a definir: la longevidad de las especies, identificar las clases anuales que componen un efectivo, determinar la edad de primera madurez y la tasa de reclutamiento (Salgado *et al.*, 2005).

Primero se realizó el método de retrocálculo, graficando los radios de los opérculos contra las longitudes observadas de los individuos. La tendencia que se obtuvo fue lineal pero con un intercepto diferente que el origen. Cuando se analizó la regresión y al haber relación indirectamente proporcional, se estipula que cumple con lo señalado por Fraser (1916) y Lee (1920), quienes indican que las estructuras duras crecen en proporción constante a la longitud del pez pero con intercepto distinto a cero, es decir, el opérculo se desarrolló de manera diferente después de que los peces alcanzaran determinada talla. El valor del intercepto fue de 1.312 el cual se sustituyó en la ecuación del método de Fraser-Lee para poder obtener la determinación directa de edad.

En los opérculos de la tilapia se cuantificaron máximo 5 marcas de crecimiento, lo que corresponde a una edad aproximada de 2.5 años, el grupo de edad 1 año estuvo compuesto por el mayor número de organismos (182), seguido por la edad de 0.5 (6 meses) con 142 organismos. Los resultados obtenidos son similares a los citados por Gómez Márquez *et al.* (2008) teniendo 2.5 años de edad en los organismos estudiados. Gómez (2015) reportó 5 marcas de crecimiento en otolitos teniendo así 2.5 años, donde la edad de 0.5 tuvo 2 organismos y las clases de edades con mayor frecuencia fueron las de 1.5 y 2 años. Tovar (2005) obtuvo 4 grupos de edad y sus resultados fueron heterogéneos, siendo la edad de 2 años la más representativa con 281 organismos, Gómez-Ponce *et al.* (2010) determinaron 4 grupos de edad para *Oreochromis niloticus x Oreochromis aureus*.

En cambio Orozco (2013) en el bordo "La Palapa" menciona 6 clases de edad, donde la edad de 2.5 años fue la que más se observó con 145 organismos (39.4%) seguida por la edad de 2 años con el 29.6 %. De igual manera Beltrán-Álvarez *et al.* (2010) registraron 6 marcas de crecimiento en *O. aureus*, de los cuales 30 organismos tuvieron 6 marcas, 114 organismos 5 marcas, 71 peces 4 marcas, 37 peces 3 marcas, 9 organismos 2 marcas y 4 organismos 1 marca. Estos valores se encuentran por encima de las registradas en este estudio por una marca en la estructura dura trabajada.

Algunas hipótesis probables señalan que los cambios estacionales en la temperatura, la variación anual, la calidad del alimento y la fluctuación en los organismos en cuanto a su condición asociado con el desove, permiten la depositación de las marcas de crecimiento (Yosef y Casselman, 1995; Booth *et al.*, 1995).

Para validar las marcas de crecimiento se realizó el método de incremento marginal (IMM) y este dio como resultado que la depositación se observara en mayo y noviembre, lo cual se atribuye a una reducción en el metabolismo a causa de las bajas temperaturas. Los resultados obtenidos aquí coinciden con lo reportado por Gómez (2015) quien menciona que la depositación de las marcas se llevó a cabo en los meses de abril y noviembre, similar también a lo citado por Gómez–Márquez *et al.* (1998).

Jiménez-Badillo (2006) obtuvo que el mayor porcentaje de anillos se registró entre junio y noviembre, coincidiendo con la época reproductiva de la tilapia. Gómez-Ponce *et al.* (2010) mencionan que los periodos de formación fueron en noviembre y enero y en abril-mayo, los cuales pudieran estar relacionados con la utilización de energía para la maduración gonádica por un lado y por el otro, debido a que durante la incubación bucal y crianza de los alevines, las tilapias no se alimentan presentando así una reducción de la tasa de crecimiento.

Pérez y Patlani (2002) obtuvieron una periodicidad semestral durante los meses de diciembre y julio, los cuales coinciden con eventos reproductivos reportados por Gómez–Márquez *et al.* (2008). Al igual que los autores anteriores, en este trabajo se puede considerar una periodicidad semestral de cada marca de crecimiento, asociado a la época de reproducción, esto quiere decir que se forman 2 veces al año, por lo que el empleo de los opérculos para la lectura de las marcas de crecimiento da una edad para cada anillo de 6 meses; tomando en cuenta en este tipo de estudios y las condiciones ambientales donde se encuentra *Oreochromis niloticus* y similar a los trabajos citados anteriormente, las marcas de crecimiento se asociaron a la época de reproducción de los organismos.

Crecimiento en longitud y peso

El crecimiento o cambio en tamaño del pez puede ser evaluado sobre el análisis de las tasas de desarrollo y para poder llevar a cabo el análisis de cualquier población, conviene expresar el crecimiento de los peces en forma de una expresión matemática (Gómez, 1994; Salgado *et al.*, 2005).

El crecimiento de *O. niloticus* se obtuvo a través del modelo de crecimiento de von Bertalanffy en la cual la L_{∞} es de 23.68 cm y K (tasa de crecimiento) de 0.169 cm/año, t_0 igual a 5.3887 y peso asintótico de $P_{\infty} = 212.68$ g para la población total. Para hembras la longitud asintótica fue de $L_{\infty} = 19.77$ y el peso de $P_{\infty} = 129.04$ g; por último, la longitud asintótica para machos fue de $L_{\infty} = 21.85$ y el peso de $P_{\infty} = 159.59$ g. Los machos tienen un mayor crecimiento en talla como en peso que las hembras, lo cual se debe a que estas diferencias de tamaño y crecimiento pueden ser afectados por el proceso de maduración sexual como lo reportan Bwanika *et al.* (2007). Así mismo, la longitud asintótica reportada en este estudio, cumple con lo establecido por Pauly (1984) al mencionar que el valor de L_{∞} debe ser registrado cerca de los valores máximos observados en los peces capturados.

Por otra parte, la tasa de crecimiento (K) es diferente para, las hembras (0.420) y para machos de (0.238); es decir, aparentemente los machos se desarrollan con mayor lentitud en relación con las hembras, pero alcanzarán un mayor crecimiento tanto en peso como en longitud y por lo tanto, deberán tener mayor longevidad que las hembras.

Valores similares han sido reportados por distintos autores como Jiménez (1999), la cual mediante el análisis de opérculos y escamas estimó las constantes del modelo de von Bertalanffy y obtuvo una $L_{\infty} = 32.4$ cm; $P_{\infty} = 478.5$ g; $K = 0.46$ cm/año y $t_0 = 0.555$ cm/año. Gómez-Márquez (1998) también registró una $L_{\infty} = 29.19$ cm y una $K = 0.07$ cm/año. Manríquez (2005) cita una $L_{\infty} = 20.19$ cm; $K = 0.68$ cm/año y $t_0 = -0.42$ cm/año. Gómez-Ponce *et al.* (2011) mencionan una $L_{\infty} = 28.1$ cm, $P_{\infty} = 877.1$ g, $K = 0.33$ cm/año y $t_0 = 0.88$ cm/año.

Beltrán-Álvarez *et al.* (2014) estimaron para *O. aureus* una $L_{\infty} = 33.8$ cm; $P_{\infty} = 604$ g; $K = -0.48$ cm/año y $t_0 = -0.4571$ cm/año en el embalse Eustaquio Buelna, Sinaloa. Gómez (2015) para *O. niloticus* obtuvo utilizando los otolitos una $L_{\infty} = 37.44$ cm; $P_{\infty} = 794.73$ g; $K = 0.1324$ cm/año y $t_0 = -0.4528$ cm/año en el bordo Amate Amarillo, Morelos donde se realizó el presente trabajo.

De esta manera se puede interpretar que las poblaciones van presentando cambios durante periodos posteriores a su pesca, por lo que pueden presentarse valores mayores de longitud asintótica en estudios posteriores que se llegasen a realizar y estos podrán estar influenciados por las variables ambientales, la calidad y cantidad de alimento, la luz de malla del arte de pesca y por la tasa de explotación a la cual se someta la especie (Everhart y Youngs, 1981; Salgado *et al.*, 2005). También puede influir la tasa de renovación de las características genéticas por medio de la incorporación de nuevos individuos hacia la población por medio de repoblamientos.

Se aplicaron métodos no lineales para obtener los valores de las constantes y así mismo, se obtuvieron además de las constantes del modelo de von Bertalanffy, los valores de las constantes del modelo Logístico y del Modelo de Gompertz, mediante el programa Stata y las rutinas de Salgado *et al.* (2005).

Los datos obtenidos por medio del análisis no lineal al compararse con los valores obtenidos con el método lineal, muestran que los valores de las constantes son similares por lo que se asegura la confiabilidad de estos resultados. Con respecto al modelo que mejor representa el crecimiento de la tilapia, se obtuvo que el modelo de crecimiento de von Bertalanffy fue el más adecuado que el logístico y esto se decidió, con base en el valor del coeficiente de determinación (R^2) así como de la suma de los residuos al cuadrado (SRC) y cuyos valores fueron los más altos (R^2) y los más bajos (SRC) respectivamente. Con respecto al modelo de Gompertz, este no mostró valores adecuados y tampoco excelente desarrollo del método, lo cual llevó a la no obtención de las constantes para el modelo.

El modelo matemático que mejor se ajusta para el crecimiento individual observado en la mayoría de las especies de organismos acuáticos es el modelo de crecimiento de von Bertalanffy, ya que este considera a la longitud de los individuos como una función de la edad (Sparre y Venema, 1997). Salgado-Ugarte *et al.* (2005) mencionan que en biología pesquera, el modelo utilizado predominantemente para describir cuantitativamente el crecimiento de los peces es la función de crecimiento de von Bertalanffy.

Para verificar si hay diferencias en el crecimiento entre los machos y las hembras con base a las constantes del modelo de crecimiento de von Bertalanffy, se utilizó el estadístico multivariado de T^2 de Hotelling con un 95% de nivel de confianza. Esta prueba permite conocer las diferencias de crecimiento en dos grupos de peces (hembras y machos) de manera simultánea, considerando las covarianzas entre los parámetros, además se emplea cuando las correlaciones entre los valores de estos parámetros son significativos (Salgado *et al.*, 2005).

En esta prueba se obtuvo que hay diferencias entre los sexos al considerar que L_{∞} es la constante que denota la diferencia en crecimiento que poseen los machos sobre las hembras y posteriormente la constante de crecimiento (K). Morales (2006) menciona que al emplear la misma prueba multivariada para la comparación de los modelos de crecimiento proveniente de la lectura de escamas, registró que no había diferencias significativas entre machos y hembras

Gómez (2015) obtuvo a través de la prueba de T^2 de Hotelling que había diferencias entre ambos sexos ($T^2=52.6011$; $F = 4.7571$ y $P < 0.05$). Gómez (2002) menciona un valor de $T^2 = 5.8559$, el cual indica que no había diferencia significativa en el crecimiento entre los sexos y advierte que la población alcanza su primera talla de madurez sexual de forma temprana para poder enfrentar el problema de selectividad que había en el lago Coatetelco, Mor. Orozco (2013) en el bordo "La Palapa" reporta diferencias significativas entre los sexos, siendo la longitud asintótica la que más influencia tiene sobre el crecimiento y denota la diferencia, ya que los machos llegan a ser más grandes que las hembras.

Duponchelle *et al.* (1999) mencionan que los periodos reproductivos difieren entre reservorios así como entre los años en el mismo reservorio, lo cual conduce al hecho de que antes de empezar la época de reproducción de los machos, estos llegan a ocupar la mayor energía posible para invertirla en su crecimiento en talla y posteriormente destinarla a la producción de gametos sexuales. Este tipo de aspectos suelen ser diferentes entre los sistemas acuáticos y los tiempos donde se realizan los estudios con *Oreochromis niloticus*.

Es importante considerar que el crecimiento de los individuos de la mayoría de las especies que se explotan en México y a nivel mundial es acelerado en las primeras etapas de crecimiento, o sea cuando son jóvenes y que este se va haciendo progresivamente más lento conforme llegan a la madurez sexual y se vuelven adultos, ya que la energía que en un inicio se utilizaba para el crecimiento de las partes corporales; cuando empiezan a madurar sexualmente, la energía la desvían hacia la formación de los productos sexuales (El-Greisy y El-Gamal, 2012), con lo cual el crecimiento disminuye aunque los individuos siguen creciendo pero en menor proporción (Gómez, 1994; Everhart y Youngs, 1981).

En la tilapia y en otras especies (a excepción de los miembros de la Familia Poeciliidae y Goodeidae), los machos maduran más temprano que las hembras; esta diferencia en el crecimiento indica que los machos pueden tener una mayor posibilidad de copulación antes de que estos sean capturados, a diferencia de las hembras que pueden ser capturados antes de que alcancen la talla de primera madurez sexual y con ello, se obtenga una mayor reducción del potencial reproductor (Fecundidad), lo cual conducirá a un bajo reclutamiento en la población.

Con respecto al parámetro Φ , se observó que la especie de *O. niloticus* registró valores similares con respecto a los obtenidos para las otras poblaciones de la misma especie en diferentes cuerpos de agua del estado de Morelos. Sin embargo, como es de esperarse, al compararlo con otras especies de la misma familia así como con poblaciones en otros países, los valores son menores y esto se debe posiblemente a las diferentes condiciones ambientales en las que se desarrollan así como, al tipo de arte de pesca que se utiliza en la obtención de los organismos.

Parámetros físicos y químicos

El bordo Amate Amarillo es un cuerpo de agua que puede llegar a tener una profundidad máxima de 4.3 metros, lo cual se asocia a la época de lluvias y con ello la visibilidad al disco de Secchi llega a ser de 0.45 m, logrando su máximo nivel de transparencia. Para la época de secas, el bordo puede llegar a presentar una profundidad de hasta 2 metros, ya que el agua que ahí se almacena es para fines agrícolas, además de que el sistema acuático es sometido a una extracción de agua durante 10 horas de manera continua y por lo tanto, la tasa de renovación del líquido es muy rápida. Este y otros factores se pueden ver afectados por el efecto del cambio climático y de la variabilidad climática a diferentes escalas temporales, los cuales pueden tener efectos instantáneos o desfasados, local y regionalmente.

Los cambios sutiles en variables ambientales clave como la temperatura, salinidad, velocidad del viento y dirección, pueden drásticamente alterar la abundancia, distribución, y disponibilidad de poblaciones de peces. El ciclo de vida de especies dulceacuícolas y algunas marinas están correlacionadas con la estacionalidad de la precipitación y cualquier cambio de los patrones de precipitación impactarán a las pesquerías. La importancia de la precipitación y la escorrentía resultante, es la aportación tanto de nutrientes a la costa, como de sedimentos y contaminantes a los diferentes sistemas ecológicos (Lum Kong, 2002).

Los reservorios se pueden ver afectados por dos variables como lo son: el cambio en la precipitación al transformarse en lluvias torrenciales, las cuales pueden causar pérdida de peces de los sistemas, causando pérdidas económicas, así como a las roturas de los bordos por efectos de alta presión diferencial (García y Perlado, 2014) y la reducción en el patrón de precipitación implica menor recarga del acuífero y menor volumen de escorrentía (Anónimo, 2008), haciendo que pasen de ser permanentes a estacionales, incluso puede que en algunos casos hasta desaparezcan.

Las condiciones de temperatura en el agua fluctuaron de 22.9 a 32.5 °C, características que presentan los sistemas de climas subtropicales (Contreras-MacBeath, 1995). Arredondo-Figueroa (1986) menciona que *Oreochromis niloticus* resiste grandes intervalos de temperatura y es capaz de sobrevivir a temperaturas desde 6 °C hasta más de 30°C, por lo que los valores observados son óptimos para el desarrollo de la tilapia en este bordo.

El intervalo óptimo de temperatura para el cultivo de la tilapia debe fluctuar entre 26 y 32°C, aunque este puede continuarse con una variación de hasta 5°C por debajo de este intervalo. Se ha observado que los cambios de temperatura afectan directamente la tasa metabólica, p.ej. mientras mayor sea la temperatura, mayor será la tasa metabólica y por lo tanto, mayor consumo de oxígeno. El efecto negativo sobre el crecimiento del pez cultivado, que se pudiera originar por las grandes variaciones de temperatura entre el día y la noche, podría subsanarse con el suministro de alimento con altos porcentajes de proteína animal (>35%) (Hernández, 2010).

La temperatura juega un papel trascendente en el sistema, ya que modifica el metabolismo de los organismos y por lo tanto la producción, debido a que las temperaturas altas pueden provocar un impacto negativo en el crecimiento de los peces como se ha observado en otras especies como en *Mytilusgallo provincialis*, ya que al aumentar la temperatura del agua de mar, García y Perlado

(2014) reportaron que los valores del potencial de crecimiento fueron negativos a temperaturas superiores a 24°C, probablemente asociado a una reducción significativa en la tasa de aclaramiento, así como afectar a una serie de procesos como el desplazamiento de las especies, también va a afectar de una forma muy clara los periodos de reproducción de las especies cultivables, ya sea en instalaciones en tierra o en el mar como es el caso de jaulas o cualquier tipo de encierro. Además afectará a todos las fases del cultivo directamente relacionadas con la temperatura como, el desarrollo embrionario, las producciones de fitoplancton y zooplancton, el consumo de oxígeno o la aparición de nuevas patologías y en general, un mayor gasto energético (Peleterio-Alonso, 2010).

El pH registrado mantuvo una tendencia alcalina y estos valores están entre los intervalos que Arredondo-Figueroa (1986) menciona y sugiere que las aguas que presentan un pH 6.5 a 9 son las más apropiadas para el desarrollo de los peces. Estos valores son similares a los observados por Tovar (2005) en la presa “Emiliano Zapata” Morelos y Orozco (2013) en el bordo La Palapa con valores cercanos a 7. El pH en la superficie hasta ahora ha aumentado 0,1 unidades, que equivale a un incremento del 30% de protones. Según el estudio de Caldeira y Wickett (2003), se estima que el pH ha incrementado unas 0,7 unidades desde el 1750 hasta el año 2000. El pH fluctúa en un ciclo diurno, influenciado principalmente por la concentración de CO₂, por la densidad del fitoplancton, la alcalinidad total y la dureza del agua. EL pH para la tilapia debe ser neutro o muy cercano a él, con una dureza normalmente alta (50-350 mg CaCO₃/L) para poder proporcionar una segregación adecuada del mucus de la piel (Arredondo y Ponce, 1998)

El cambio del pH en el medio, se basa en la posibilidad de que el CO₂ contenido en las emisiones de carbono, puedan reducir la alcalinidad. En la acuicultura esto afectaría a las especies con formaciones calcáreas como los moluscos y crustáceos, su variación influiría básicamente en las especies con caparazón o esqueletos calcáreos. Induciría a desplazamientos de especies y a la aparición de nuevas patologías y a problemas en la formación de estructuras de los organismos calcificadores (Peleterio-Alonso, 2010). Esto principalmente afectaría a este y los diversos trabajos que se realicen en función de estructuras duras y las depositaciones de materiales calcáreos se modificaría indicando valores no adecuados de edad y por lo tanto, errores en la estimación del crecimiento, así como una evidente falta de proteína animal.

Entre la alcalinidad y la dureza existe una gran relación, esto se debe a que los iones de calcio, magnesio y bicarbonatos son derivados equivalentes de los mismos depósitos geológicos y por lo tanto, los valores de alcalinidad y dureza son frecuentemente similares en magnitud; sin embargo, en algunos cuerpos de agua la alcalinidad total puede exceder a la dureza o viceversa. Arredondo y Ponce (1998) indican que las aguas que contienen 40 mg/L o más de alcalinidad total son consideradas muy productivas. Además, mencionan que las aguas duras tienden a ser más productivas biológicamente que las aguas suaves, ya que estas últimas son deficientes en calcio y magnesio. Por lo que el sistema Amate Amarillo se considera un sistema productivo, ya que los valores registrados para alcalinidad variaron desde los 177.5 mg CaCO₃/L hasta 106.5mg CaCO₃/L y una dureza de 384.48 mg/L hasta los 851.85 mg/L.

Los océanos han disuelto hasta un 37% del CO₂ antropogénico liberado a la atmósfera por la quema de los combustibles fósiles entre 1980 y 2005 (Bindoff *et al.*, 2007), contribuyendo a la mitigación parcial del calentamiento global. Esta disolución ha alterado dramáticamente la química del carbono inorgánico del agua de mar mediante la reducción de la saturación de CO₃²⁻ y el pH (Feely *et al.*

2004). La disminución de la concentración de CO_3^{2-} tiene efectos perjudiciales sobre los organismos con conchas (Miller *et al.* 2009), mientras que los cambios en la presión parcial del CO_2 ($p\text{CO}_2$) y el pH se espera que afecten a la fisiología de los organismos marinos (Melzner *et al.* 2009). Los procesos oceánicos (ej., afloramientos) y continentales (ej., descargas a los ríos) pueden crear una zona costera con aguas poco oxigenadas sobresaturadas de CO_2 , con baja concentración de CO_3^{2-} y bajo pH (Koch y Gobler 2009). Por otra parte, la alcalinidad de las aguas continentales puede contribuir mayoritariamente a la concentración de CO_3^{2-} en la zona costera. Naturalmente una elevada alcalinidad puede prevenir o retrasar el CaCO_3 bajo saturación en las aguas costeras en función de futuros escenarios de acidificación de los océanos (Fernández-Reiriz *et al.* 2011). Al suceder esto en aguas dulces, tanto el pH y la alcalinidad sufrirían grandes cambios que inminentemente repercutirían en los organismos que se encuentren en los distintos reservorios del país.

Una de las variables más importantes para los sistemas acuáticos es el oxígeno disuelto y las variaciones en su concentración, ya que es esencial para todos los organismos que presentan respiración aeróbica y proporciona información no solo sobre la intensidad de las reacciones químicas que tienen lugar en el medio, sino de la magnitud de la carga orgánica externa que llega al sistema, entre otros. Los valores de oxígeno disuelto fluctuaron de 3.40 a 10.84 mg/L el cual presento valores altos conforme la temperatura disminuyó y se comportó de manera inversa cuando esta aumentaba.

La concentración de oxígeno disuelto es otro factor limitante en el cultivo y en el crecimiento y por supuesto en la distribución de especies, especialmente en zonas costeras. Existe una relación directa con el incremento de temperatura, al disminuir su concentración con el calentamiento del agua e induce a cambios en la densidad de cultivo en especies cultivables. Desde el punto de vista de la acuicultura, es un factor limitante en el crecimiento, al afectar la tasa metabólica de los organismos. Por otra parte, el incremento en la concentración de oxígeno lleva a un aumento de la concentración de nitratos en el agua hasta dosis letales, provocando variaciones en la supervivencia y sus variaciones contribuyen a la aparición de nuevas patologías, al producirse respuestas bioquímicas estresantes (Peleterio-Alonso, 2010).

La concentración de sustancias o minerales disueltos son parámetro útiles para conocer las relaciones edáficas y la productividad en un cuerpo de agua natural y una manera de medir los sólidos disueltos totales de una muestra de agua es por medio de la conductividad eléctrica, la cual depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua y la temperatura a la cual se realice la determinación. La conductividad registrada en el sistema fue de 1007 -1335.7 $\mu\text{S}/\text{cm}$; en la acuicultura, las especies de interés de agua dulce suelen desarrollarse bien entre valores de 150- 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, otros valores de la conductividad de los cuerpos de agua varía de 50 a 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Boyd, 1979), por lo que lo anterior indica que el sistema presenta buena fertilidad y condiciones adecuadas de sales disueltas para el cultivo de peces.

Los compuestos nitrogenados se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza. Las fuentes de nitrógeno incluyen además de la degradación natural de la materia orgánica, fertilizantes y productos de limpieza (Gómez-Márquez, *et al.*, 2014). Debido a que el nitrógeno es un nutriente esencial para organismos fotosintéticos es importante el monitoreo y control de los mismos. El amonio es un producto de la excreción proveniente de la orina de los peces y descomposición de la materia orgánica (degradación de la materia vegetal y de las proteínas del alimento no consumido).

El amonio no ionizado (forma gaseosa) y primer producto de excreción de los peces, es un elemento tóxico. Los niveles de amonio deben fluctuar entre 0.01 a 0.1 mg/L (valores cercanos a 2 son críticos). El amonio es tóxico y se hace más cuando el pH y la temperatura del agua están elevados. Los niveles de tolerancia para la tilapia se ubican entre el intervalo de 0.6 a 2.0 mg/L. La concentración alta de amonio en el agua causa bloqueo del metabolismo, produce daño en las branquias, afecta el balance de sales, produce lesiones en órganos internos, inmunosupresión y susceptibilidad a las enfermedades, reducción del crecimiento y supervivencia, exoftalmia y ascitis (acumulación de líquidos en el abdomen) (Arredondo y Ponce, 1998; Hernández, 2010).

Los valores de amonio registrado en Amate Amarillo fluctuaron entre 0.008 y 0.03 mg/L y estos se ubican por debajo del valor permisible de <1 mg/L, que usualmente se encuentra en agua no contaminada y bien oxigenadas (Arredondo y Ponce, 1998); por lo que durante el estudio se asume que el amonio no representó riesgo alguno para la biota del sistema acuático.

Arredondo y Ponce (1998) citan que en los sistemas acuáticos naturales, los organismos se encuentran en densidades bajas y tienen suficiente espacio para crecer y reproducirse y que los problemas de calidad de agua son relativamente sencillos, aunque éstos pueden agudizarse en la medida que las fuentes de contaminación y el exceso de materia orgánica acarreada por los afluentes tengan un impacto sobre el sistema, lo que puede causar un incremento en el nivel eutrófico y la consecuente mortalidad de los animales que habitan en ese medio o bien un cambio drástico de la comunidad dominante

El cambio climático es una amenaza para la pesca y la acuicultura: suben las temperaturas del agua y del nivel del mar, los glaciares se deshuelan, la salinidad y la acidez del océano se modifican, aumenta el número de ciclones en algunas regiones y las lluvias disminuyen en otras, las pautas y la abundancia de las poblaciones de peces se transforman. El cambio climático compromete la sostenibilidad y la productividad de un recurso económico y ambiental decisivo, pero también ofrece oportunidades, especialmente en la acuicultura. Para los países en desarrollo cuya alimentación y exportaciones dependen de la pesca, será un gran desafío la adaptación a los cambios.

La actividad pesquera tanto a nivel industrial como artesanal depende, además de condicionantes socio-económicas, del estado de los ecosistemas, su vulnerabilidad ante el cambio climático y las posibles medidas de adaptación, con base en una clasificación de las pesquerías de acuerdo a las condiciones climático-ambientales de las que dependen el recurso y la actividad a nivel nacional. La mayor parte de las capturas pesqueras globales son afectadas por la variabilidad climática regional (Anónimo, 2008).

Es muy probable entonces que se puede modificar el reloj biológico de las especies, en particular él de aquellas cuya vida es más corta. Algunas especies de plancton florecerán antes, lo que producirá un desencuentro entre las etapas iniciales de la vida de los peces y sus presas, con la consiguiente disminución de las poblaciones (FAO, 1994).

Por lo tanto, es necesario realizar monitoreos y utilizar algunos modelos de rendimiento pesquero, con el fin de llegar a ser predicciones en el tiempo, en respuesta a la intensidad de pesca y a la explotación a la que está sometido el recurso (Hilborn y Walters, 1992). Además, es importante resaltar que la información vertida en el presente trabajo, requiere de un mayor análisis, ya que sería adecuado utilizar otras estructuras óseas, tales como los otolitos y las escamas, así como de otras artes de pesca, con el fin de realizar una mejor estimación de los parámetros de crecimiento y obtener una mejor evaluación del recurso y de la explotación de la especie. Además, asegurar que la Sociedad Cooperativa de pescadores respete el arte de pesca a utilizar, así como establecer cuotas de captura para una mejor administración del recurso pesquero.

CONCLUSIONES

- La talla y el peso promedio para *Oreochromis niloticus* en el bordo Amate Amarillo fue 16.52 cm y 80.51 g respectivamente. Los machos presentaron una mayor talla y peso en comparación de las hembras y estos al ser más grandes tienen una mejor aceptación en el mercado pesquero externo al poblado, no así por la gente del poblado de Xalostoc.
- La proporción sexual para la población de la tilapia del bordo Amate Amarillo es de 2.44:1 (Macho: Hembra), debido a que durante la captura se extraen más machos que hembras.
- El crecimiento de la tilapia en Amate Amarillo fue alométrico negativo y se obtuvieron diferencias de crecimiento entre los sexos.
- Se registraron 5 marcas de crecimiento siendo la edad de 1 año, la que mayor frecuencia tuvo y por lo menos la indicación de un evento reproductivo.
- Con base en el índice de incremento marginal, la depositación de las marcas de crecimiento se observaron en el mes de mayo y octubre.
- Los datos que se obtuvieron mediante la lectura de opérculos para *O.niloticus*, muestran que es un método confiable para determinar la edad y el crecimiento, ya que concuerdan con los resultados obtenidos por el método de frecuencia de tallas.
- El índice de desempeño indica que el crecimiento de la tilapia es adecuado para el bordo Amate Amarillo, en comparación con otros trabajos realizados en el estado de Morelos, pero que está por debajo de otros realizados a nivel nacional e internacional y con otras especies.
- Los parámetros físico-químicos del agua de Amate Amarillo muestran que es un sistema productivo y que tiene las condiciones óptimas para el buen desarrollo de *Oreochromis niloticus*.

Referencias

Aguilar L.E.A. 2011. Algunos aspectos reproductivos de la tilapia en el Bordo Amate Amarillo, Morelos, Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza, UNAM. México. 85p.

Angienda, P.O., B.O. Aketch y E.N. Waindi. 2010. Development of all-male fingerlings by heat treatment and the genetic mechanism of heat induced sex determination in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *International Journal of Biological and Life Sciences*, 6 (1): 38–43.

Anónimo. 2008. Generación de escenarios de cambio climático a escala regional, al 2030 y 2050; evaluación de la vulnerabilidad y opciones de adaptación de los asentamientos humanos, la biodiversidad y los sectores ganadero, forestal y pesquero, ante los impactos de la variabilidad y el cambio climáticos; y fomento de capacidades y asistencia técnica a especialistas estatales que elaborarán programas estatales de cambio climático. 72 p.

APHA AWWA y WPCF. 1992. *Standard Methods of the Examination of Water and Wastewater*. 18 ed. American PublicHealthAssociation.EE.UU. 1100 p.

Arellano-Torres A., D. Hernández y C. Meléndez 2013. Comparación de tres métodos indirectos para estimar el crecimiento de la tilapia *Oreochromis aureus* (Perciformes: Cichlidae) en un lago tropical de México. *Revista de Biología Tropical*. 61(3): 1301-1312.

Arredondo F.J.L y Ponce J.T. 1998. *Calidad del agua en acuicultura: conceptos y aplicaciones* AGT Editor S.A. 222 p.

Arredondo, F.J.L., Lozano, G.S.D. 2003. *La acuicultura en México*. Div. Ciencias Biológicas y de la Salud. Departamento de Hidrobiología, Planta Experimental de Producción Acuícola, UAM Iztapalapa, México, D.F. 266p.

Arredondo-Figueroa, J. L. y M. Guzmán-Arroyo, 1986, Actual situación taxonómica de las especies de la tribu Tilapiini (Pisces:Cichlidae) introducidas en México. *Instituto de Biología U.N.A.M. Serie Zoología*, (2): 555-572.

Arredondo-Figueroa, J.L. y A. Flores-Nava, 1992. Características limnológicas de pequeños embalses epicontinentales, su uso y manejo en la acuicultura. *Hidrobiológica*, 3/4: 1-10.

Bagenal, T. y Tesh, F. 1978. Age and growth. 101-136. En: T. Bagenal (ed.) *Methods for Assessment of Fish Production in Fresh Water*. I.B.P. Handbook N°3. ThridEdition. BlackwellSciencePublications, Oxford, England.

Baker, E.A. y McComish, T.S. 1998. Precision of ages determined from scales and opercles for yellow perch *Percaflavescens*. *J. Great Lakes Res.* 24(3): 658–665.

Batlóri, A. 2002. Los problemas ambientales del estado de Morelos: la educación como parte de la solución. *Gaceta Ecológica*. No. 61. 15 p.

Bedia, S., Carlos, B., Lopez, J.F. y Barrera, E.H. 2011. Análisis de la relación peso-longitud, alimentación y maduración gonádica de *Sphyraenaguachanh*Cuvier, 1829 (Sphyraenidae) en Playa Barrancas, Municipio de Alvarado Veracruz. Revista de Zoología, 22: 23-32.

Beltrán-Álvarez R., Sánchez-Palacios J., Valdez G. y Ortega-Salas A. 2010. Edad y crecimiento de la mojarra *Oreochromis aureus*(Pisces: Cichlidae) en la Presa Sanalona, Sinaloa, México. Revista de Biología Tropical. 58(1): 325-338.

Beltrán-Álvarez, R., Sánchez-Palacios, J., Ramírez-Lozano, J. P. y Santiago-Amaya, J. A. 2014. Edad y crecimiento de la tilapia *Oreochromis aureus*(Cichlidae) en el embalse Eustaquio Buelna, Sinaloa, México. CienciaPesquera, 22(2), 37-46.

Ben-Tuvia, A. 1959. The biology of the cichlid fishes of Lake Tiberias and Hulah. Bulletin Research Council 2 Israel, 8B: 153–188.

Bernard, R.D.1981. Multivariate analysis as a mean of comparing growth in fish.Can. J. Fish.Aquat. Sci. Vol. 38:233-236.

Bindoff, N., J. Willebrand, V. Artale, A. Cazenave, J. Gregory, S. Gulev, K. Hanawa, C. Le Quere, S. Levitus, Y. Nojiri, C. K. Shum, L. Talley y A. Unnikrishnan. 2007. Observations: oceanic climate change and sea level. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H. L.Miller, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, 385-432.

Blackwell, B., Seamans, T. Helon, D y Dolbeer, R. 2000. Early loss of Herring Gull clutches after egg-oiling. WildlifeSocietyBulletin 28(1):70-75.

Booth, A.J., Merron, G.S., Buxton, C.D. 1995. The growth of *Oreochromis andersonii*(Pisces: Chlidae) from the Okavango delta, Botswana and otolith methods of ageing. Enviromental Biology of Fishes. Vol. 43:171-178.

Boyd, C.E. 1979. Water quality in warmwater fish ponds. Auburn University Auburn Alabama. USA. 345 p.

Bwanika, G.N., Murie, D.J. y Champan, L.J. 2007.Comparative age and growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) in lakes Nabugabo and Wamala, Uganda. Hydrobiologia. 589: 287-301.

Caldeira, K. y Wickett, M.E. 2003. Oceanography: anthropogenic carbon and ocean pH. Nature, 425(6956): 365-365.

Castillo, L.D.P. 2015. Biología reproductiva de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) en el embalse, Huitchila, Morelos, México. Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza. UNAM. 83 p.

Ciechomski, J., Sanchez R.P., Alespeiti, G. y Regidor, H. 1986. Estudio sobre el crecimiento en peso y Factor de condición en larvas de anchoa, *Engraulis anchoita*Hubbs& Marini. Variaciones regionales, estacionales y anuales. Rev. Invest. Des. Pesq. N°. 5: 183-193.

Cifuentes, R., González, J., Montoya, G., Jara, A., Ortiz, N, Piedra, P. y Habit, E. 2012. Relación longitud-peso y factor de condición de los peces nativos del río San Pedro (cuenca del río Valdivia, Chile). *Gayana (Concepción)*, 76(Supl. 1): 86-100.

Contreras-MacBeath, T. 1995. Ecosistemas acuáticos del Estado de Morelos. *Ciencia y Desarrollo*, 20(122): 42-51.

Contreras-MacBeath, T., Jaramillo F., Boyás J. 2006. La diversidad biológica en Morelos. Estudio del estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D.F. 156 p.

Contreras-MacBeath, T., H.M. Mejía y R.W. Carrillo. 1998. Negative impact on the aquatic ecosystems of the state of Morelos from introduced aquarium and other commercial fish. *Aquarium Sciences and Conservation*, 2: 1-12.

Csirke, J. 1980. Introducción a la dinámica de poblaciones de peces. *FAO Doc.Téc.Pesca*, (192). 82 p.

D'Cotta, H., A. Fostier, Y. Guiguen, M. Govoroun y J.F. Baroiller. 2001. Aromatase plays a key role during normal and temperature-induced sex differentiation of tilapia *Oreochromis niloticus*. *Molecular Reproduction and Development* 59: 265-276.

De la Lanza-Espino, G. y J.L. García-Calderón. 2002. Lagos y Presas de México. (Eds) Segunda Edición, AGT Editor, México 680 p.

Duponchelle, F. y J. Panfili. 1998. Variations in age and size at maturity of female Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, populations from man-made lakes of Cote d'Ivoire. *Environmental Biology of Fishes* 52: 453-465.

Duponchelle, F., Cecchi, P., Corbin, D., Nuñez, J., Legendre, M. 1999. Spawning season variations of female Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, from man-made lakes of Côte d' Ivoire. *Environmental Biology of Fishes*, 56: 375-387.

El-Greisy, Z.A. y A.E. El-Gamal. 2012. Monosex production of tilapia, *Oreochromis niloticus* using different doses of 17 α -methyltestosterone with respect to the degree of sex stability after one year of treatment. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 38(1): 59–6.

Elorduy-Garay F., Ruiz-Córdova S. y Díaz-Urbe J.G. 2005. Age, growth and mortality of *Caulolatilus princeps* (Pisces: Malacanthidae) from the southern Gulf of California. *Hidrobiológica*. 15(3):290-297

Escárceaga Rodríguez, S. 1999. Catálogo de especies para la acuicultura en aguas continentales. SEMARNAP. México. 106 p.

Everhart, W.H. y Youngs W.D. 1981. Principles of Fishery Science. Second Edition. Cornell University Press. 350 p.

FAO. 1994. Diagnóstico sobre el estado de la acuicultura en América Latina y el Caribe, síntesis regional. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Italia. <http://www.fao.org/3/contents/0816083e-cfe8-5daa-920f-f528cd650442/AB484S00.htm>

Feely R.A., Sabine C.L., Lee K., Berelson W., Kleypas J., Fabry V.J. y Millero F.J. 2004. Impact of anthropogenic CO₂ on the CaCO₃ system in the oceans. *Science* 305: 362-366.

Fernández-Reiriz M.J., Range P., Alvarez-Salgado X.A. y Labarta U. 2011. Physiological energetics of juvenile clams *Ruditapes decussatus* in a high CO₂ coastal ocean. *Mar Ecol Prog Ser.*, 433: 97-105.

Froese, R. 2006. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology* 22:241-253.

Fryer, G. e Iles, T.D. 1972. The Cichlid fish of the great lakes of Africa. Their biology and evolution. Oliver and Boyd. Edinburgh. 641 p.

García D.C. y R.J.P. Perlado. 2014. Impactos del Cambio Climático sobre la Acuicultura en España. Oficina Española de Cambio Climático, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid, 38 p.

García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, Serie Libros, núm. 6, Instituto de Geografía, UNAM, México. 95 p.

García-Calderón, J. L., G. de la Lanza-Espino y A. L. Ibáñez-Aguirre. 2002. Las aguas epicontinentales de México y sus pesquerías, pp. 24-57 (Comp.) Pérez Velásquez P.A. Pesquerías en tres cuerpos de agua continentales de México. 40 Aniversario del Instituto Nacional de la Pesca, México D.F. 24-25 pp.

Garduño, P.M y Avelar, E.J. 1996. Edad y Crecimiento de la mojarra en la Laguna de Coatetelco, Morelos. Tesis de Licenciatura, F.E.S. Zaragoza, UNAM, México. 85p.

Gómez, M.J.L., 1994. Métodos para determinar la edad en los organismos acuáticos. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional. Autónoma. México. 89 p.

Gómez-Márquez, J.L. 1998. Age and growth of *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) in Mexico. *Revista de Biología Tropical*, 46(4): 929-936.

Gómez-Márquez, J.L., B. Peña-Mendoza, I.H. Salgado-Ugarte y M. Guzmán-Arroyo. 2003. Reproductive aspects of *Oreochromis niloticus* (Perciformes:Cichlidae) at Coatetelco lake, Morelos, Mexico. *Revista de Biología Tropical*, 51: 221-228.

Gómez-Márquez J.L., Peña-Mendoza B., Salgado-Ugarte I.H y Arredondo-Figueroa J.L. 2008. Age and growth of the tilapia, *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) from a tropical shallow lake in Mexico. *Revista de Biología Tropical*. 56(2): 875-884.

Gómez-Márquez J.L., Peña-Mendoza B., Rosas-Hernández M.P., Ortiz-Rivera A., Ramírez-Razo R.A., y Guzmán-Santiago J.L. 2009. Inventario de los Sistemas Lenticos del Estado de Morelos. En: Galdaméz G., Guevara H., Soto P., López M., y Vázquez G. (Comp). Agricultura Sostenible. Vol. 6. Universidad Autónoma de Chiapas, Sociedad Mexicana de Agricultura Sostenible A.C. México. Pp. 1-11.

Gómez-Márquez, J.L. Blancas Arroyo A.G., Constanzo, C.E. y Cervantes, S.A. 2014. Análisis de calidad de aguas naturales y residuales con aplicación a la microescala. FES Zaragoza, UNAM. 204 p.

Gómez, O.C.A. 2015. Edad y crecimiento de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) en un bordo del estado de Morelos. Tesis de licenciatura. F.E.S Zaragoza. UNAM. 108 p.

Gómez-Ponce, A.M, Padilla-Gonzales, M.C, López - Hernández, Núñez-Nogueira, G y Fernández – Bringas, L. 2014. Maturity size and fecundity of hybrid tilapia *Oreochromis aureus* X *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) from the reservoir Fernando HiriartBalderrama “Zimapán”, Hidalgo, México. Cuadernos de Investigación UNED. 6(2): 169-179.

Gómez-Ponce, M.A., Granados Flores, K., Padilla, C., López - Hernández, M. y Núñez-Nogueira, G. 2010. Edad y crecimiento del híbrido de tilapia *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*(Perciformes: Cichlidae) en la represa “Zimapán” Hidalgo, México. Revista de Biología Tropical, 59 (2):761-770.

Grammer, G.L., Slack, W.T., Peterson, M.S. y Dugo, M.A.2012. Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) establishment in temperate Mississippi, USA: multi-year survival confirmed by otolith ages. AquaticInvasions. Vol.7. No. 3:367-376.

Granado L, C. 2002. Ecología de peces. Ilustraciones Emiliano Mellado Álvarez. Sevilla. 175 p.
Granados-Flores, K. 2006. Estudio preliminar de edad y crecimiento de la tilapia (*Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*), con base en escamas, en la presa Fernando Hiriart Valderrama “Zimapán”. Unpublishedthesis, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Guerrero-Estévez, S. y N. Moreno-Mendoza. 2010. Sexual determination and differentiation in teleost fish. Reviews in Fish Biology and Fisheries 20: 101-121.

Hansen, J.E., D. Hernández y H.D. Cordo. 1991. Simulaciones de comparación de curvas de crecimiento en peces. Frente Marítimo, 9: 37-45 p.

Hansen, L.P. 1978. Age determination of roach, *Rutilusrutilus*(L.) from scales and opercular bones.Arch. FischWiss. 29(1/2): 93-98.

Hernández, C. 2010. Manual de crianza de tilapia. <http://www.industriaacuicola.com/biblioteca>

Hernández-Avilés, J.S., J.L. García-Calderón y G. de la Lanza-Espino, 2007. A proposed limnological classification of small water bodies based on the climate, in a tropical region: México. Investigaciones Geográficas 64: 63-74.

- Hilborn, R. y C.J. Walters. 1992. Quantitative Fisheries Stock Assessment. Chapman & Hall. 570 p.
- INEGI. 2011. Agenda Estadística Anual del Poder Ejecutivo. Gobierno del Estado de Morelos. 434 p.
- INEGI. 2011. Anuario Estadístico Del Sector Rural. Gobierno del Estado de Morelos. 7 p.
- INEGI. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Ayala, Morelos. 9 p.
- Jiménez, B.M.L. 1999. Análisis de la pesquería de la tilapia *Oreochromis* spp. (Pisces: Cichlidae) de la presa Adolfo López Mateos, Michoacán-Guerrero. Tesis de Doctorado. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. D.F. 217p.
- Jiménez-Badillo L. 2006. Age-growth models for tilapia *Oreochromis aureus* (Perciformes, Cichlidae) of the Infiernillo reservoir, Mexico and reproductive behaviour. *Revista de Biología Tropical* 54(2): 577-588.
- Jiménez-Badillo, M. L y Nepita-Villanueva, M. R. 2000. Espectro trófico de la tilapia *Oreochromis aureus* (Perciformes: Cichlidae) en la presa Infiernillo, Michoacán-Guerrero, México. *Revista de Biología Tropical*, 48(2-3): 487-494.
- Juárez-Palacios, R. 1987. La acuicultura en México, importancia social y económica. *Desarrollo Pesquero Mexicano 1986-1987*. Secretaría de Pesca. México. Pp-219-232.
- King, R.P. y Emit, L. 2004. Reproduction, growth, mortality and yield of *Tilapia marinae* Boulenger 1899 (Cichlidae) in a Nigerian rainforest wetland stream. *J. Appl. Ichthyol.* 20: 502-510.
- Koch R. y Gobler C.J. 2009. The effects of tidal export from salt marsh ditches on estuarine water quality and plankton communities. *Est. Coasts* 32: 261-275.
- Komolafe, O.O. y G.A.O. Arawomo. 2007. Reproductive Strategy of *Oreochromis niloticus* (Pisces: Cichlidae) in Opa Reservoir, Ile-Ife, Nigeria. *Revista de Biología Tropical*, 55(2): 595-602.
- Kosai, P., Sathavorasmith, P., Jiraungkoorskul, K. y Jiraungkoorskul, W. 2014. Morphometric characters of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Thailand. *Walailak. J. Sci. & Tech.* Vol. 11(10): 857-863.
- Le Cren, E. 1951. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonadal weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of Animal Ecology* 20(2): 201-219.
- Lum Kong, A. 2002. Impacts of Global Climate Changes on Caribbean Fisheries Resources: Research Needs. *Global Environmental Change And Food Systems. Caribbean Food Systems. "Developing a Research Agenda"*. St Augustine, Trinidad. Global Environmental Change and Food Systems (GECAFS).
- Mann, R.H.K. 1976. Observations on the age, growth, reproduction and food of the chub *Squalis cephalus* (L.) in the river Stour, Dorset. *J. Fish Biol.*, 8: 265-268.

Mann, R.H.K. 1978. Observations on the biology of the perch, *Percafluviatilis*, in the river Stour, Dorset. *Freshwater Biol.*, 8:229-239.

Manríquez, L.Y. 2005. Edad y crecimiento de *Oreochromis niloticus* por medio de otolitos en el Lago Coatetelco, Morelos, México. Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza, UNAM. 111 p.

Marqués, C.M.J. 1988. Probabilidad y Estadística Para las Ciencias Químico-Biológicas. UNAM, México, 657 p.

Melzner F., Gutowska M.A., Langenbuch M., Dupont S. *et al.* (2009). Physiological basis for high CO₂ tolerance in marine ectothermic animals: pre-adaptation through lifestyle and ontogeny? *Biogeosciences* 6: 2313-2331.

Miller A.W., Reynolds A.C., Sobrino C., Riedel G.F. 2009. Shellfish face uncertain future in high CO₂ world: Influence of acidification on oyster larvae and growth in estuaries. *PLoSOne* 4: e5661.

Miranda, R., Escala, M.C. 2002. "Guía de identificación de restos óseos de los Ciprinidos presentes en España. Escamas, opérculos, cleitros y arcos faríngeos". Publicaciones de Biología de la Universidad de Navarra. Serie Zoológica .nº 28. 239 p.

Montcho, S.A.; Laleye, F.A. 2008. Some aspects of biology of *Oreochromis niloticus* L. (Perciformes: Cichlidae) recently introduced in Lake Toho (Benin, West Africa). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. Vol. 2(1): 114-122.

Morales, D. A. 1991. La Tilapia en México. Biología, Cultivo y Pesquerías. AG Editor, S.A. 190p.

Morales, L.C.A. 2006. Estimaciones de edad y modelos matemáticos del crecimiento de *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1957) en la presa "Emiliano Zapata", Morelos, México. Tesis de Maestría, FES Zaragoza, UNAM. 176p.

Murphy, B. R.; D. Willis y T. A. Springer. 1991. The Relative Weight Index in Fisheries Management: Status and Needs. *Fisheries*. 16 (2): 30-38.

Naz, S., Javed, M. y Tahir, A. 2013. A study on Length- Weight Relationships (LWR) and growth responses of major carps exposed to lead (Pb). *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*. Vol.3. No.19: 72-79.

Nikolsky, D.V. 1963. The ecology of fishes. Academic Press. Nueva York. 352 p.

Novaes, C.L.J y Carvalho, D.E. 2012. Reproduction, food dynamics and exploitation level of *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) from artisanal fisheries in Barra Bonita Reservoir, Brazil. *Revista de Biología Tropical*, Vol. 60 (2): 721-734.

Olaya-Nieto C.W y Appeldoorn, R.S. 2004. Edad y crecimiento de la mojarra rayada, *Eugerres plumieri* (Cuvier), en la Ciénega Grande de Santa María, Colombia. *Gulf and Caribbean Fisheries Institute* 55: 337-347p.

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. 76 p.

Olurin, K.B. y Aderibigde, O.A. 2006. Length-Weight relationship and condition factor of pondreared juvenile *Oreochromis niloticus*. World J. Zool. Vol. 2(1): 82-85.

Orozco, E.A. 2013. Edad y Crecimiento de *Oreochromis niloticus* en el Bordo La Palapa, Morelos, México. Tesis de licenciatura. FES Zaragoza, UNAM. 73 p.

Ospina-Álvarez, N. y Piferrer, F. 2008. Temperature-Depended sex determination in fish revisited: Prevalence, a single sex ratio response pattern, and possible effects of climate change. PLoS ONE 3(7): e2837.doi:10.1371/journal.pone.0002837

Page, L.M. y B.M. Burr, 1991. A field guide to freshwater fishes of North America north of Mexico. The Peterson Field Guide Series, Houghton Mifflin Company, Boston. 432 p.

Paterson, M.S., W.T. Slack., N.j. Brown-Paterson y J.L. MacDonald. 2004. Reproduction in nonnative environments: Establishment of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, in coastal Mississippi Watershed Copeia. No. 4:842-849.

Pauly, D. 1987. A Review of the ELEFAN System for Analysis of Length-Frequency Data in Fish and Aquatic Invertebrates. En: Pauly, D. and G.R. Morgan. Length-based Methods in Fisheries Research. ICLARM Conference Proceedings 13: 7-34.

Pauly, D. y J. L. Munro. 1984. Once more on growth comparison in fish and invertebrates. Fishbyte 2(1):21.

Pedrazzani, A., Molento, C., Carneiro, P. y Fernandes, M. 2007. Senciência e bemestar de peixes: umavisaio de futuro do mercado consumidor. Panorama de Aquicultura. 102: 24-29.

Peleterio-Alonso, J.B. 2010. Influencia del cambio climático en la acuicultura. Instituto Español de Oceanografía. Foro Rec. Mar. Ac. Rías Gal. (2010) 12: 709-718.

Peña-Mendoza, B., Gómez-Márquez, J.L. y García-Alberto, G. 2011. Ciclo reproductor e histología de las gónadas de tilapia *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae). Ciencia Pesquera. Vol. 19(2): 23-36.

Peña-Mendoza, B., J.L. Gómez-Márquez, I.H. Salgado-Ugarte y D. Ramírez-Noguera. 2005. Reproductivebiology of *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) at Emiliano Zapata dam, Morelos, México. Revista de Biología Tropical53(3-4): 515-522.

Pérez, O.G. y Patlani, J. S. 2002. Edad y crecimiento de la Tilapia (*Oreochromis niloticus*) de la Presa "Emiliano Zapata", Morelos. Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza, UNAM. 87 p.

Ramos-Cruz, S. 1995. Reproducción y crecimiento de la mojarra tilapia (*Oreochromis aureus*) en la presa Benito Juárez, Oaxaca, México, en 1993. INP-SEMARNAP. México. Ciencia Pesquera No. 11: 54-61.

Ricker, E.W. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bull. Fish. Res. Bd. Canada (191): 145-157.

Rosas, M.M. 1976. Peces dulce-acuícolas que se explotan en México y datos sobre su cultivo. División Publicaciones Unidad de Comunicación Centros de Estudios Económicos y Sociales del Tercer Mundo, México. 134 p.

Saito, Q.V.M. 2004. Edad y crecimiento por lectura de otolitos de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) en la presa Emiliano Zapata, Morelos. Tesis de Licenciatura, F.E.S. Zaragoza, UNAM. 87p.

Salgado U.H.I., Gómez-Márquez. J.L., Peña-Mendoza. B. 2005. Métodos actualizados para análisis de datos biológico-pesqueros. Universidad Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. México. 235 p.

Salgado U.I.H. 1992. El análisis exploratorio de datos biológicos. Fundamentos y Aplicaciones. Marc. Ediciones y UNAM. 243p.

Sparre, P. y S.C. Venema. 1997. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte I. Manual. FAO Documento Técnico de Pesca, No. 306.1 Rev. 2: 420 p.

Tessema, T., A. Müller-Belecke y G Hörstgen-Schwar. 2006. Effect of rearing temperatures on the sex ratios of *Oreochromis niloticus* populations. Aquaculture 258: 270-277.

Toguyeni, A.; Baroiller, J.F., Fostier, A., Le Bail, P.Y., Khün, E.R., Mol, K.A. y Fauconneau, B. 1996. Consequences of food restriction of shortern growth variation and plasma circulating hormones in *Oreochromis niloticus* in relation to sex. General Comparative Endocrinology. Vol. 103: 167-175.

Torres-Orozco, B.R. 1991. Los peces de México. AGT Editor, S.A, México. 198 p.

Tovar, G.A. 2005. Edad y crecimiento de (*Oreochromis niloticus*) por medio de estructuras duras. Tesis Licenciatura. FES Zaragoza, UNAM. 80 p.

Van Aerle, R., T.J. Runnalls y C.R. Tyler. 2004. Ontogeny of gonadal sex development relative to growth in fathead minnow. Journal of Fish Biology 64: 355-369.

Weatherly, A.H. y Grill, H.S. 1989. The biology of fish growth. Academic Press. Londres. 443 p.

Yosef, T.G. y Casselman, J.M. 1995. A procedure for increasing the precision of otolith age determination of tropical fish by differentiations biannual recruitment. En: Secor, D.H. J.M. Dean & S.E. Campana (eds). Recent Developments in Fish Otolith Research. University of South California. EEUU. Pp. 247- 269.

Zúñiga, M., Ortega-García S. y Arias-Aréchiga J. 2010. Análisis de la estructura de tallas y la relación peso- longitud del Dorado (*Coryphaena hippurus*) capturado en Mazatlán, Sinaloa, México. Tesis de Maestría. Revista Ciencias del Mar y Limnología. 4(1): 99-108.

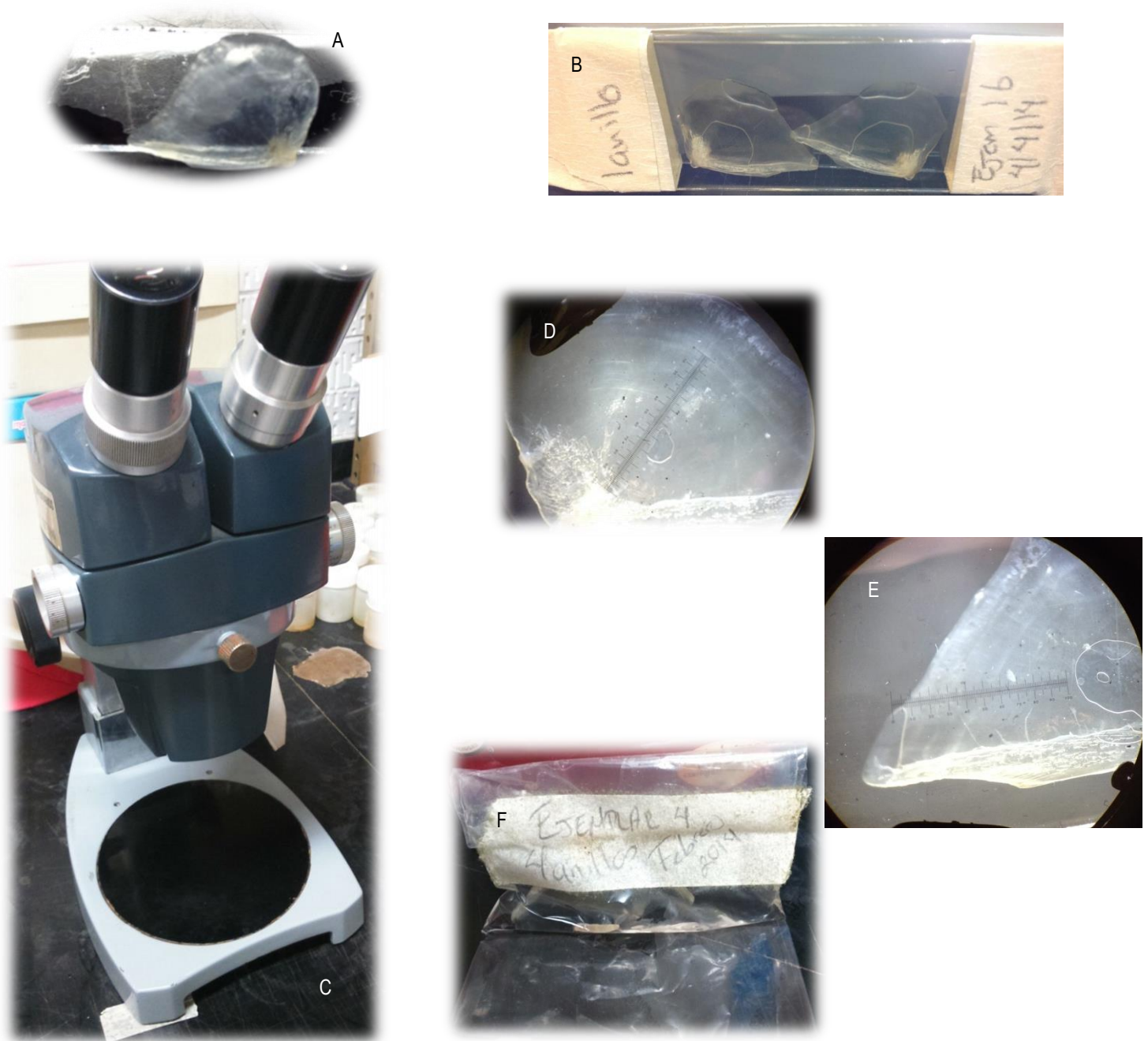
Anexos

I. Muestreos de agua y biometría de los organismos de Amate Amarillo.



A: Toma de visibilidad con disco de Secchi B: Pesca de organismos. C: Sacrificio del organismo y determinación de sexo (Hembra estadio VI) D: Biometría de los organismos. E: Opérculos de ambos lados del cuerpo.

II. Trabajo de laboratorio y lectura de anillos



A: Opérculos ya limpios. B: Opérculos montados sobre portaobjetos para el conteo de anillos y medición. C: Estereoscopio con un ocular micrométrico integrado. D: Medición del foco al anillo. E: Medición del radio máximo. F: En bolsas de plástico se colocaron los opérculos debidamente etiquetadas para guardarlos.