



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA

“EDAD Y CRECIMIENTO DE LA TILAPIA (*Oreochromis niloticus*) EN UN BORDO DEL ESTADO DE MORELOS”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGO

PRESENTA:

CÉSAR ALFREDO GÓMEZ ORTIZ

DIRECTOR DE TESIS:

DR. JOSÉ LUIS GÓMEZ MÁRQUEZ

MÉXICO, D.F.

JUNIO 2015



REALIZADA CON EL APOYO DEL PROYECTO DGAPA-PAPIME
PE205513



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.



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 haberme acogido en su alumnado durante el nivel medio superior, ya que me ha facilitado mi enseñanza por medio de sus aulas y profesores desde el Colegio de Ciencias y Humanidades plantel Oriente hasta la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza.

A la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza por todo el tiempo que me ayudó a poder concluir mis estudios de licenciatura.

A todos los profesores de la carrera de biología por haberme compartido sus enseñanzas y experiencias a lo largo de estos años en cada uno de los semestres.

Al Dr. José Luis Gómez Márquez por haberme brindado su apoyo, tiempo, enseñanzas, conocimientos, sugerencias y amistad desde que entré al laboratorio de Limnología; ya que me ayudó en cada aspecto para poder mejorar académicamente; muchas gracias en verdad.

A la Dra. Bertha Peña Mendoza por su gran ayuda en el laboratorio así como en campo en el tiempo que estuve, así como en las observaciones realizadas para este trabajo.

Al Biól. José Luis Guzmán Santiago por sus consejos y sugerencias al momento de tener dudas para alguna cuestión estadística, también por su disposición y ayuda en la revisión de este escrito.

Al M. en C. Armando Cervantes Sandoval y al Dr. Isaías Hazarmabeth Salgado Ugarte por sus observaciones y sugerencias para fortalecer algunos aspectos en este trabajo y así mejorar la calidad de este; también por las enseñanzas y conocimientos durante sus materias teóricas.

A la sociedad cooperativa de pescadores del Amate Amarillo por su amable tiempo y disposición para la captura de los peces.

Al programa DGAPA-PAPIME PE205513 por el apoyo financiero para el desarrollo de esta tesis.

Dedicatoria

A mi papá Pablo Gómez^t por haberme proporcionado la oportunidad de haber estudiado en las escuelas que él tanto como mi mamá, consideraron las adecuadas para poder sacarles provecho. Gracias a él que permitió dejarme estudiar en el medio superior en la UNAM aunque temieran que pudiera fallar, creyó hasta el último día de su vida en mí para poder ser una persona que cambiara el mundo de una manera distinta a como lo encontré. Y aunque ya no esté físicamente con nosotros, le dedico este logro de vida porque sé que sí estuviera conmigo y con mis hermanos, se sentiría muy orgulloso en donde quiera que se encuentre.

A mi mamá Ana María Ortiz, por su gran amor que me ha brindado desde pequeño. Pasamos momentos difíciles pero siempre logramos superarlos. Siempre has sido una amiga para mí por haber estado en cada aspecto de mi vida, gracias a ti por creer ciegamente en mí durante toda mi vida estudiantil. Cada momento de apoyo que me diste de manera incondicional y por no dejarme a la deriva cuando creía que todo me iba a salir mal. Estoy muy orgulloso de tener una madre como tú, porque siempre contaré con tu apoyo para aconsejarme o llamarme la atención en todos los aspectos de mi vida. Te amo Madre y este logro es nuestro.

A mis hermanos Marco y Pedro que han sido parte de mi vida desde que tengo memoria saben que los quiero mucho. Vean esto como un logro de vida porque sus sueños y metas las alcanzarán ustedes mismos sin que alguien más los obligue. Hemos pasado momentos buenos y malos pero siempre hemos sabido pasar esas situaciones. Saben que siempre podrán contar conmigo a cada momento.

A mis tíos Caridad, Gerardo, Humberto, Josefina, Juana y Marcelino por su enorme cariño que me han tenido desde que era un niño. A todos ustedes les dedico este logro de familia porque me supieron motivar para convertirme en mejor persona a lo largo de todos estos años, ya sea llamándome la atención o dándome consejos. Los quiero mucho y gracias por todo su apoyo.

A mis tíos Irma y Juan que a pesar de estar lejos en distancia han sabido ser unas grandiosas personas con su ayuda después de todo lo sucedido desde que falleció mi padre.

A mis compañeros de laboratorio Luis Ángel, Yode, Paola, Giovanni por hacer amenos y divertidos los momentos en los que trabajábamos en el laboratorio o en las salidas de campo.

A mis amigos, compañeros y colegas de escuela principalmente David Espinosa, Arantxa Daw, Alberto Vizuet, Óscar González, César Rojas, Sebastián Ponce, Alberto Contreras (entre otros más que por el momento no me acuerdo pero los tengo en mente cuando me acuerdo de ciertas cosas); por hacer particular y peculiar la estadía en la FES, ya que desde el primer semestre hasta después de haber concluido la carrera lograron hacer muy divertida la carrera pasando desde las prácticas de campo hasta los pequeños ratos que lograba verlos. Muchas gracias chicos por su amistad.

A mis amigos del CCH Fanny, Yanin, Brian, Luis, Adrián, Pepe, Fernando, Yulio, Mariana, entre otros; ya que supieron darme ánimos durante el bachillerato y la carrera para ser un profesionista así como por esos buenos ratos de diversión en los que podíamos estar, pero sobre todo por su gran amistad.

A mi amor, Paola. Gracias por estar al pendiente de mí en cada momento, que esto es el inicio de un gran camino. Mis motivos de seguir adelante son muy grandes por ti, te amo.

“EL CIENTÍFICO NO BUSCA UN RESULTADO INMEDIATO. NO ESPERA QUE SUS IDEAS AVANZADAS SEAN FÁCILMENTE ACEPTADAS. SU DEBER ES SENTAR LAS BASES PARA LOS QUE VENDRÁN, SEÑALAR EL CAMINO”

-NIKOLA TESLA (1856-1943)

INDICE

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
ANTECEDENTES	6
DIAGNOSIS DE LA FAMILIA Y DE LA ESPECIE	11
CLASIFICACIÓN DE <i>Oreochromis niloticus</i>	13
JUSTIFICACIÓN	14
ÁREA DE ESTUDIO	15
OBJETIVOS	18
MATERIAL Y MÉTODOS	19
Fase de Campo	19
Fase de Laboratorio	20
Fase de Gabinete	22
RESULTADOS	28
Distribución de tallas	28
Proporción sexual	30
Relación longitud total-peso total	31
Determinación de la edad por medio de otolitos	36
Método de Powell-Wetherall	45
Crecimiento en longitud y peso	47
Aplicación no lineal de von Bertalanffy	50
Índice de desempeño	52
Parámetros Físicos y Químicos	54
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	59
CONCLUSIONES	79
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
ANEXO	98

RESUMEN

En el presente estudio se analizó el comportamiento de una población de *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) en el bordo Amate Amarillo, con énfasis en su edad y crecimiento mediante los anillos que se van acumulando en los otolitos. Se realizaron durante marzo del 2013 a marzo de 2014 colectas mensuales, obteniéndose 394 organismos por medio de la pesca comercial con atarraya con abertura de luz de malla de 6.5 cm. La longitud total obtenida varió de 14 a 35.3 cm. La ecuación de la relación peso-longitud fue $P=0.0314L_t^{2.7987}$ dando así un crecimiento alométrico negativo respaldado por la prueba *t-Student* (población = 5.1, machos = 3.42, hembras = 3.53). La proporción sexual registrada fue 1.91:1, machos: hembras ($\chi^2= 39.02, p<0.05$) siendo los machos los que presentaron mayor dominancia. La expresión que relaciona la longitud total con el radio del otolito fue lineal con un intercepto diferente a cero. Se obtuvieron 5 marcas de crecimiento, siendo los de mayor abundancia los que presentaban 3 anillos (258 organismos) y de acuerdo a la máxima edad detectada, esta corresponde a 2.5 años. Los anillos de crecimiento se validaron por medio del índice de incremento marginal, obteniéndose que en el mes de abril y noviembre se depositan las nuevas marcas de crecimiento. Se realizó el retrocálculo y con los valores promedio de cada edad, se estimaron los valores del modelo de von Bertalanffy, los cuales quedaron de la siguiente manera: para la población total $L_t = 37.44 (1-e^{-0.1324 (t+0.4528)})$, para machos $L_t = 25.27 (1-e^{-0.2595 (t+0.1642)})$ y para hembras $L_t = 18.52 (1-e^{-0.4262 (t+0.0292)})$; también se estimó L_∞ por el método de Powell-Wetherall obteniéndose una $L_\infty = 36.05$. Los índices de performance (desempeño) para peso y longitud quedaron $\Phi = 1.05$ y $\Phi' = 2.26$ respectivamente. Los parámetros físicos y químicos del agua en el sistema son adecuados para el cultivo de *Oreochromis niloticus*, ya que contienen aguas productivas y bien oxigenadas para su buen desarrollo.

INTRODUCCIÓN

La República Mexicana cuenta con una gran variedad de cuerpos de agua epicontinentales de distinto origen entre los que se incluyen lagos, lagunas, presas y pequeños ecosistemas acuáticos, los cuales se estima que ocupan una superficie de 1.3 millones de hectáreas (Arredondo-Figueroa y Flores-Nava, 1992). En este contexto, El estado de Morelos posee un gran potencial en cuanto a sus cuerpos de agua, debido a la accidentada topografía que presenta (Contreras-MacBeath, 1995)

Los microembalses o bordos hacen referencia a los cuerpos de agua construidos con la finalidad del riego para la agricultura o como abrevaderos para el ganado. Así mismo, este tipo de sistemas acuáticos han servido para la producción piscícola, principalmente de especies exóticas (Hernández-Avilés *et al.*, 2007).

Durante las últimas décadas la pesca en los sistemas epicontinentales se han venido incrementando debido a la construcción de embalses artificiales, que han servido de sustento para que se desarrollen varias especies ícticas de interés comercial (Cifuentes *et al.*, 1990).

La pesca ha sido una fuente importante de alimentos para la humanidad, de empleo y de beneficios económicos desde la antigüedad. Sin embargo, Los recursos vivos son limitados pero renovables y la evaluación de los stocks de peces se puede definir como la búsqueda del nivel de explotación que permita obtener a un largo plazo, el rendimiento máximo en peso de una pesquería (Sparre y Venema, 1997).

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). Entre las especies más representativas se encuentran la tilapia *Oreochromis spp.* y la carpa *Cyprinus carpio* (FAO, 1994).

Los indicadores del bienestar animal en las especies acuáticas, involucran factores físico-químicos del agua y del ambiente, evaluación de salud, lesiones, el crecimiento, características morfométricas, técnicas de alimentación, manipulación, captura, transporte

y sacrificio humano (Huntingford *et al.*, 2006; Relic *et al.*, 2010; Perdomo *et al.*, 2012). Entre estos indicadores, la calidad del agua debe poseer las condiciones óptimas a la fisiología de la especie en producción (Pedrazzani *et al.*, 2007).

La tilapia o mojarra ha sido diseminada en una amplia variedad de cuerpos de agua en diferentes regiones del país, estableciéndose importantes mercados derivados de esta actividad acuícola; siendo ésta la especie que representa más del 60% de la producción nacional (Apún *et al.*, 2009; Norzagaray *et al.*, 2012).

Las tilapias pertenecen a la familia Cichlidae, son nativos de los cuerpos lacustres de África y Madagascar (Gómez-Márquez *et al.*, 2008). La tilapia o mojarra africana fue introducida en México el 1º de julio de 1964, con ejemplares procedentes de Auburn, Alabama, E.U.A., los cuales fueron depositados, en la Estación Piscícola de Temascal, Oaxaca; las especies que se introdujeron correspondían a *Tilapia aurea*, *T melanopleura* y *T. mossambica* (que corresponden de acuerdo con la nomenclatura actual a *Oreochromis aureus*, *Tilapia rendalli* y *Oreochromis mossambicus*). En 1978 se introdujeron los primeros ejemplares de la *Tilapia nilotica* (*Oreochromis niloticus*) procedentes de Panamá y fueron depositados en el Centro Acuícola de Tezontepec de Aldama en Hidalgo, de donde fueron enviados al Centro Acuícola de Temascal, Oaxaca. En julio de 1986 nuevamente se hace otra introducción de tilapia roja de la especie *Oreochromis niloticus*, procedente de la Universidad de Stirling en Inglaterra, con dos variedades: negra y roja, depositándose en Zacatepec, Morelos (Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo, 1986; Morales, 1991).

Los atributos favorables que convierten a la tilapia en una de las especies más apropiadas para la investigación y cultivo son: gran resistencia física, capacidad de adaptación a diversas condiciones ecológicas, rápido crecimiento, resistencia a las enfermedades, elevada productividad, reproducción en cultivo, tolerancia a desarrollarse en condiciones de alta densidad, habilidad para sobrevivir a bajas concentraciones de oxígeno disuelto e intervalos amplios de salinidad, además de su capacidad de alimentarse de una amplia gama de productos naturales y artificiales y han sido aceptadas para el consumo humano (Aguilera y Noriega, 1985; Arredondo-Figueroa y Lozano-García, 1996).

Dentro de su área original de distribución, las tilapias han logrado colonizar diferentes tipos de hábitat, ya que al ser un pez de aguas cálidas, dulces, salobres o salinas se puede adaptar a aguas con bajos niveles de concentración de oxígeno. De ese modo es



común que habiten en aguas donde no existe mucha corriente (sistemas lénticos), permaneciendo en zonas poco profundas y cercanas a la zona litoral (Wicki y Gromenida, 1998).

De los cíclidos introducidos a México destaca *O. niloticus* ya que forma parte de importantes pesquerías (Beltrán-Herrera, 2010). La tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758), es una de las especies tropicales dispersas e importantes en la acuicultura de agua dulce. Actualmente, *O. niloticus* es la especie más importante ecológica y comercialmente en México (Peña-Mendoza *et al.*, 2005).

La tilapia tiene un crecimiento rápido comparado con otros peces, pudiendo llegar a alcanzar un peso promedio de 167 g/tilapia durante 150 días a una densidad de 3 a 5 peces/m³, con un peso inicial de 10 g; además la tilapia se adapta muy rápidamente a diferentes clases de alimento y a diferentes formas de alimentación (Barrera, 2006). Los cuerpos lacustres son los mayores productores de tilapia alrededor de todo el mundo (Jiménez-Badillo, 2004).

La importancia asignada a la determinación de la edad en los organismos acuáticos, 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 de reclutamiento (Everhart y Youngs, 1981; Gómez, 1994; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005).

Existen dos métodos para determinar la edad de los peces: directos, que incluyen marcaje y recaptura, colocación de los peces con edad conocidas en cuerpos de aguas experimentales y la lectura e interpretación de marcas de crecimiento en estructuras óseas tales como escamas, otolitos, hueso opercular, vértebras, espinas, radios de aletas y cleitrum, entre otros (Gómez, 1994; Granado, 2002); e indirectos, los cuales se basan en la distribución de frecuencia de tallas en la población de peces (Gómez, 1994).

En los métodos directos la lectura de estructuras duras se basa en la formación de marcas periódicas que permiten, mediante su conteo, la asignación de edades a los organismos. Estas marcas periódicas están influenciadas por los cambios estacionales del ambiente y por cambios en el metabolismo durante ciertos periodos, donde se ven reflejados como marcas en las partes duras, causadas principalmente por cambios en alimentación, temperatura y reproducción (Gómez-Márquez, 1998; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005; Gómez-Márquez *et al.*, 2008).

Los anillos se pueden formar una vez durante el período seco de verano (Gómez-Márquez, 1998; Ibáñez y Romo, 2007) o durante el invierno o hasta dos veces debido a la reducción de la temperatura, al secado de los cuerpos de agua o a la madurez sexual (Jiménez-Badillo, 2004; Ibáñez y Romo, 2007).

Los otolitos son estructuras duras policristalinas especializadas, que forman parte del sistema acústico-lateral de los peces Actinopterygios y Sarcopterygios. Se sitúan en los laberintos membranosos a cada lado del neurocráneo y actúan como órganos del equilibrio y audición (Popper y Lu, 2000; Martínez *et al.*, 2007).

Los teleósteos tienen tres pares de otolitos, situados cada uno en su respectiva cámara ótica. El *sagitta* dentro del sáculo, el *asteriscus* dentro de la *lagena* y el *lapillus* dentro del utrículo. Cada uno de ellos desempeña un papel diferente. El sagita es el otolito de mayor tamaño y es el que se ha utilizado para la identificación de organismos; de él se toma en cuenta la forma y las ornamentaciones de la cara interna (Martínez *et al.*, 2007); también brindan datos paleontológicos, de migración de las especies, cambio en las condiciones del hábitat como temperatura y salinidad, líneas filogenéticas y estudios de cadenas ó redes tróficas (Merchant *et al.*, 2008).

En los otolitos hay marcas de incremento, en las cuales están compuestos principalmente de CaCO_3 y en las zonas discontinuas contienen altas concentraciones de proteínas (Zhang y Runham, 1992b)

Estudios respecto a edad y crecimiento son necesarios para realizar un adecuado manejo y explotación de los recursos pesqueros, ya que se requieren para describir y cuantificar la estimación de la mortalidad, tamaño de población, reclutamiento, selectividad de los artes de pesca, edad de primera madurez, rendimiento máximo sostenible entre otras variables poblacionales relacionadas con su explotación y como la tasa de crecimiento individual de los peces influye en la sobrevivencia, maduración sexual y la fecundidad (Komolafe y Arawono, 2007; Beltrán-Álvarez, 2010).

ANTECEDENTES

En México hay muchos estudios realizados en esta área con respecto al género y especie de este pez. Enseguida se pueden mencionar los siguientes trabajos ordenados con base en la relación que hay con el presente estudio:

Guerra y Peña (1985) en su estudio del crecimiento de *Oreochromis urolepsis hornorum* presente en el bordo Michapa, Morelos, México. Mencionan que el crecimiento de la especie es de tipo alométrico. Conforme al método de Petersen y Bhattacharya registraron 4 grupos de edad tanto para hembras como machos. Los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy para los últimos son: $L_{\infty} = 14.31$ cm, $P_{\infty} = 91.08$ kg, $K = 0.3705$; valores alcanzados en 23 semanas, los correspondientes a las hembras fueron: $L_{\infty} = 13.8$ cm, $P_{\infty} = 84.46$ g, $K = 0.04471$ en 20 semanas.

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

Cabañas (1995) realizó un estudio donde menciona los requerimientos ambientales y biológicos del género *Oreochromis*, además de describir los aspectos de diseño y tecnología para poder tener un óptimo manejo de un sistema de cultivo. También evaluó los resultados que obtuvo al haber obtenido un rendimiento de hasta 880 crías/m³/mes a escala comercial, el cual era una cifra muy alentadora al haberlo comparado con otros sistemas de reproducción empleados a nivel mundial.

Booth y Merron (1996) realizaron estudios de edad y crecimiento de la tilapia *Oreochromis macrochir*, de aguas subtropicales africanas. El análisis de la zona marginal mostró que los anillos de crecimiento se forman en verano, la formación de las marcas de crecimiento

son anuales. La edad máxima estimada fue de once años. El crecimiento fue descrito con el modelo de von Bertalanffy, cuyas constantes fueron: $L_{\infty} = 215$ mm; $k = -0.42$; $t_0 = -0.08$.

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

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

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

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

Pérez y Patlani (2002) estimaron edad y crecimiento en *Oreochromis niloticus* de la presa “Emiliano Zapata”, Morelos, con base en la lectura de escamas, determinaron una periodicidad semestral para la formación de anillos, coincidente con eventos reproductivos (diciembre y julio). Determinaron cinco grupos de edad, tanto para hembras como machos; las constantes de la función de von Bertalanffy son $L_{\infty} = 28.83$ cm, $K = 0.1363$, t_0

= - 0.1295, P_{∞} = 398.68 g, para toda la muestra; L_{∞} = 29.78 cm, K = 0.1342, t_0 = -0.6170, P_{∞} = 431.89, para machos; L_{∞} = 27.04 cm, K = 0.1208, t_0 = 0.6170, P_{∞} = 320.62 g para hembras.

Jiménez-Badillo (2004) aplicó un ejemplo de la utilidad de los modelos holísticos y analíticos para analizar pesquerías en embalses, su caso específico fue el de la pesquería de tilapia en la presa el Infiernillo, México. Aplicó los modelos Schaefer y Fox lo que le permitió entender la situación de la pesquería en el pasado, mientras que para la situación del stock de ese año fue analizado aplicando los modelos de Beverton y Holt, Análisis de cohortes de Jones y Thompson y Bell. La aplicación de esos modelos le permitió detectar que la pesquería de tilapia en Infiernillo sobrepasó su máximo rendimiento sostenible en 1988 y para 1993 alcanzó un nuevo estado de equilibrio, para 2004 se encontraba en un estado deteriorado.

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

Manríquez (2005), hizo una estimación de la edad y crecimiento en *Oreochromis niloticus* en el lago Coatetelco, Morelos, México. Obtuvo que había una mayor proporción de machos sobre hembras (8.85:1, $\chi^2 = 219.2$; $p<0.05$), el tipo de crecimiento que registró respecto a la relación peso total-longitud, fue alométrico negativo. Calculó las variables de función de crecimiento de von Bertalanffy encontrando diferencias significativas entre sexos, los valores fueron: L_{∞} = 20.19 cm longitud total, K = 0.6081, t_0 = - 0.420, P_{∞} = 125.5 g peso total para la población total; en hembras fueron L_{∞} = 19.51 cm longitud total, K = 0.463, t_0 = - 0.973, P_{∞} = 105.48 g peso total y para los machos L_{∞} = 20.32 cm longitud patrón, K = 0.627, t_0 = - 0.363, P_{∞} = 112.54 g peso total.

Granados (2006) en su estudio determinó que la tilapia, presente en la presa Zimapán, Hidalgo, México, es un híbrido entre *Oreochromis niloticus* y *O. aureus*. Mediante el análisis de frecuencia de tallas y lectura de escamas estimó 4 grupos de edad, obteniendo mediante métodos lineales tradicionales los parámetros de la función de crecimiento de

von Bertalanffy conforme a la lectura de escamas $L_{\infty} = 28.11$ cm longitud patrón, $K = 0.33$, $t_0 = -0.86$, $P_{\infty} = 877.177$ g peso total.

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

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

Peña *et al.* (2010) realizaron un estudio correspondiente a la determinación de parámetros de crecimiento, mortalidad y aspectos reproductivos en *Oreochromis aureus*, en el reservorio de Aguamilpa, Nayarit. Obtuvieron resultados que sugerían que los machos y hembras tenían un crecimiento negativo alométrico ($b<3$). Con respecto a sexos indicaron que no habría diferencia en talla entre los sexos sus parámetros obtenidos fueron $L_{\infty} = 43.33$ cm en longitud estándar, $k = 0.36/\text{año}$ y $t_0 = -0.43$ años. Los coeficientes de pesca natural y de mortalidad fueron de 0.82/año y 1.10/año respectivamente. Determinaron que los resultados se debían a la sobrepesca de esta especie.

Gómez-Ponce *et al.*, (2011) analizaron la edad y el crecimiento de un híbrido de tilapia en la presa Zimapán, Hidalgo, donde obtuvieron que 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. El cálculo de los incrementos marginales del crecimiento mensual de las escamas, sugirió la formación de dos anillos, uno de ellos se forma en los meses de noviembre-enero y otro en los meses de abril-mayo, los cuales coinciden con la época de bajas temperaturas y de madurez gonádica



respectivamente. Los parámetros de crecimiento quedaron establecidos en: $L_{\infty} = 281.1$ mm, $P_{\infty} = 877.1$ g, $K = 0.33$ y $t_0 = 0.88$ /año. Se concluyó que los peces que se explotan en la represa mediante captura comercial presentan entre un año y año y medio de edad.

Arellano-Torres *et al.* (2013) realizaron la comparación de tres métodos indirectos para estimar el crecimiento de la tilapia y mencionan que el crecimiento por medio de estos métodos es viable, ya que si la población está totalmente representada, la información obtenida representará el crecimiento a partir de los datos de edad obtenidos.

Orozco (2013) determinó la edad y el crecimiento de *O. niloticus* en el bordo "La Palapa", Morelos, por medio de la lectura de marcas en escamas. Obtuvo que la relación peso-longitud para el crecimiento era del tipo alométrico negativo para la población, la expresión que explicaba la relación entre el radio de la escama y la talla fue lineal. Encontró 7 marcas de crecimiento, siendo los peces con 4 y 5 marcas las que presentaban mayor frecuencia en las capturas.

DIAGNOSIS DE LA FAMILIA Y DE LA ESPECIE

Oreochromis niloticus, pertenece a la familia Cichlidae la cual data desde la era cenozoica (Berg, 1958). Se encuentran distribuidos geográficamente en África de manera natural en los ríos costeros de Israel, Cuenca del Nilo (incluyendo lagos Alberto, Eduardo y Tana), Jebel Marra, Lago Kivu, Lago Tanganica, Río Awash, varios lagos de Etiopía, sistema de ríos del Omo, Lago Turkana, Río Suguta y el lago Baringo; en África oriental abarca las cuencas de Senegal, Gambia, Burkina Faso, Nigeria, Benue y Chad. En América se distribuyen desde el sur de México hasta la parte sur de Argentina y con un género (*Etilapia*) que se encuentra en Asia. Los cíclidos son peces de acuario popularmente, esto es 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; es una de las familias de vertebrados, con al menos 1300 especies y con un aproximado de 1900 especies (Page y Burr, 1991; Kullander, 1998).

Ampliamente introducidos para la acuicultura, algunos países reportaron severos impactos ecológicos después de su introducción (Trewavas, 1983; Trewavas y Teugels, 1991; Teugels y Thys van den Audenaerde, 2003).

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

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

aleta dorsal, en la porción inferior, aparecen varias escamas por debajo de donde termina la línea lateral superior hasta el final de la aleta caudal (Morales, 1991).

Son peces de rápido crecimiento, sumamente fértiles, adaptables a condiciones ambientales muy diversas y de gran resistencia al manejo. Aunque pueden rebasar los 30 cm de longitud, alcanza la madurez sexual a los 11 ó 12 cm; esta precocidad se da en condiciones de sobrepoblación donde puede acarrear enanismo (Torres. 1991). La máxima longitud reportada es de 60 cm de longitud total (Eccles, 1992); de acuerdo a Bwanika *et al.*, 2004 la longitud promedio que llegan a alcanzar es de 20 cm

Las especies de tilapia se pueden distinguir por otras características de tipo biológico; ya sea por sus patrones de coloración, particularmente durante la época de reproducción, su conducta, la forma de los nidos y el tamaño y color de los huevos (Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo, 1986). De acuerdo a su dieta existen especies herbívoras, zooplanctófagas y omnívoras; esto les permite la existencia de varias especies sin que haya una fuerte competencia entre sí mismas (Torres, 1991).

Los parámetros físico-químicos para el cultivo de esta especie son de vital importancia para su buen manejo y reproducción; esto se debe a que la calidad del agua debe poseer las condiciones óptimas a la fisiología de la especie (Pedrazzani *et al.*, 2007) (Tabla 1).

Tabla 1. Parámetros físico-químico del agua requeridos para el buen desarrollo de *Oreochromis niloticus*

PARÁMETRO	ÓPTIMO	LÍMITES
Temperatura °C	24 - 29	< 22 < 32
Oxígeno disuelto mg/L	< 5	>3
pH	7.5	>6.5 - <8.5
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
Fosfatos mg/L	0.15 – 0.2	<0.2
Alcalinidad mg CaCO ₃ /L	75 -150	<175
Dureza total mg/L	80 – 110	<115
Transparencia cm	25	<30

CLASIFICACIÓN DE *Oreochromis niloticus*

La clasificación taxonómica de *Oreochromis niloticus* propuesta por Berg y modificada por Trewavas (1983), se encuentra de la siguiente manera (Fig. 1):

Phyllum	CHORDATA
Subphyllum	VERTEBRATA
Superclase	GNATHOSTOMATA
Serie	PISCES
Clase	ACTINOPTERYGII
Orden	PERCIFORMES
Suborden	PERCOIDEI
Familia	CICHLIDAE
Tribu	TILAPIINI
Genero	<i>Oreochromis</i>
Especie	<i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1758)

(Trewavas, 1983; Instituto de Biología, 2006)



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

JUSTIFICACIÓN

Con base en la información anterior se puede plantear el estudio de esta especie con alto valor pesquero, así mismo de poder emplearse de manera conservadora y no desmesurada este recurso. Dicho estudio se puede llevar a través de estructuras óseas principalmente otolitos y así se puede saber si no corre el riesgo de que se reduzca la población al capturarse los ejemplares más grandes como consecuencia de la demanda en tamaño de esta especie en el bordo del Amate Amarillo, ya que en la zona de estudio existen asentamientos humanos que utilizan la tilapia como fuente de alimento por el valor económico y nutricional que tiene.

La medición de estructuras óseas para determinar la edad en peces es una herramienta que es de mucha utilidad para la piscicultura. Con base en la edad del pez se puede suponer la etapa reproductiva, si aún no ha alcanzado la madurez o incluso determinar si el pez es muy viejo. Esto es útil porque con el conocimiento de la edad y talla de un pez, se sabe cuáles son las tallas de los organismos que se pueden extraer para el consumo, si el pez está teniendo deficiencias en su alimentación o simplemente saber cuál es la mejor época para la reproducción y evitar capturarlas para promover el proceso de reclutamiento o retroalimentación hacia la población

Al realizar este trabajo se pretende realizar un estudio con los anillos de crecimiento en los otolitos de *Oreochromis niloticus* para determinar la edad en la que alcanza una talla óptima para su consumo y el estado de explotación que guarda la pesquería.

ÁREA DE ESTUDIO

El estado de Morelos se encuentra en la región centro de la República mexicana, entre las coordenadas 19° 08' y 18° 20' Latitud Norte; 98° 38' y 99° 30' Longitud Oeste. Representa el 0.3% de la superficie total del país, el equivalente a 4,958.22 km². Se localiza en la vertiente de la serranía del Ajusco y dentro de la cuenca del río Balsas. Sus límites políticos están delimitados al norte con el estado de México y el Distrito Federal; al este con Puebla y el estado de México; al oeste con el Estado de México y Guerrero; al sur con Puebla y Guerrero. Su división política está conformada por 33 municipios (INEGI, 2014).

El municipio de Ayala se localiza en la región central del estado de Morelos, entre los 18° 34' y 18° 50' latitud norte y los 98° 50' y 99° 06' longitud oeste, entre 900 y 1800 m.s.n.m. Limita al norte con los municipios de Yautepec, Cuautla y Yecapixtla; al sur con Tepalcingo, Tlaltizapán y Tlaquiltenango; al este con Temoac, Jantetelco, Yecapixtla, Tepalcingo y Jonacatepec; mientras que al oeste con los municipios Tlaltizapán y Yautepec. Tiene una extensión territorial de 345,688 km² y representa el 6.97% con respecto a la superficie del estado. (INEGI, 2009; SEGOB, 2013).

Clima y vegetación

Posee un Clima cálido subhúmedo con lluvias en verano [Aw_0'' (w) (i) g], basado en el sistema de clasificación climático de Köppen (modificado para México por García, 2004), precipitación pluvial de 800-1000 mm, con una temperatura anual de 22-24°C. El tipo de vegetación está constituida por la selva baja caducifolia (INEGI, 2009).

Fisiografía

Forma parte del Eje Neovolcánico (67.77%) y Sierra Madre del Sur (32.23%), dentro de las subprovincias de Lagos y Volcanes de Anáhuac (58.01%), Sierras y Valles Guerrerenses (32.23%) y de la Sierra del Sur de Puebla (9.76%). El sistema de topoformas está conformado por la Llanura aluvial con lomerío (45.95%), Sierra de laderas escarpadas (22.67%), Sierra baja (10.92%), Sierra volcánica con laderas

escarpadas (9.76%), Valle de laderas tendidas con lomerío (8.13%), Lomerío típico (1.43%) y Lomerío de tobas con cañadas (1.14%) (INEGI, 2009).

Geología

Presenta rocas correspondientes a los períodos Neógeno (29.45%), Paleógeno (23.14%), Terciario (1.81%), Cretácico (22.19%) y Cuaternario (19.67%). El tipo de roca abundante es de tipo ígnea extrusiva como la andesita-toba intermedia (8.11%), toba ácida (4.85%), toba básica-brecha volcánica básica (1.75%), volcanoclástico (0.62%) y brecha volcánica básica (0.29%); del tipo ígneo intrusivo como el pórfido andesítico (0.49%); el sedimentario como la arenisca-conglomerado (20.72%), la caliza (19.8%), conglomerado (18.29%) y lutita-arenisca (2.39%); y del tipo de roca metamórfica el skarn (17.63%) (INEGI, 2009).

Edafología

Los tipos de suelos dominantes en el municipio corresponden al Vertisol (34.55%), Leptosol (33.45%), Kastañozem (12.15%), Phaeozem (10.03%), Chernozem (4.8%) y Regosol (1.28%) (INEGI, 2009).

Hidrografía

Se ubica dentro de la región hidrológica del Balsas (100%), la cuenca en la que se encuentra pertenece al de Río Grande de Amacuzac (100%). Cuenta con un flujo de agua perenne que corresponde al Río de Cuautla y de tipo intermitente como los ríos de Ayala, Chinameca, El Carrizal, Huajoyucan, La Parota, La Villa y Los Sauces (INEGI, 2009).

Flora y fauna

La flora está constituida por abutas (*Abuta spp.*), cazahuates (*Ipomoea murucoides*), tulipanes (*Tulipa spp.*), amates (*Ficus insipida*), framboyanes (*Delonix regia*), guamúchil (*Pithecellobium dulce*), guaje colorado (*Leucaena esculenta*), mezquite (*Prosopis spp.*), palo dulce (*Eysenhardtia polystachya*), bonete (*Pileus mexicanus*), tepehuaje (*Lysiloma acapulcense*), anona (*Annona squamosa*), chirimoya (*Annona cherimola*), mamey (*Pouteria sapota*), ciruelo (*Prunus spp.*) y guayabo (*Psidium guajava*). La fauna es muy variada, entre estos se encuentran el mapache (*Procyon spp.*), tejón (*Nasua narica*), conejo (*Oryctolagus cuniculus*), zorrillo (*Spilogale pygmaea*), armadillo (*Dasypus spp.*),

“Edad y crecimiento de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) en un bordo del estado de Morelos”

tlacuache (*Didelphis marsupialis*), coyote (*Canis latrans*), cuervo (*Corvus corax.*), zopilote (*Coragyps atratus*), lechuza (*Tyto spp.*), gavilán (*Accipiter nisus*), iguana (*Iguana spp.*) y escorpión (*Buthus spp.*). Dentro de los peces se encuentran el bagre (*Ictalurus balsanus.*) y la mojarra (*Oreochromis niloticus.*) (INAFED, 2010).

Bordo Amate Amarillo

El microreservorio llamado “Amate Amarillo” se encuentra en el municipio de Ayala, Morelos, sus respectivas coordenadas geográficas son 18° 41’ Latitud Norte, 98° 55’ Longitud Oeste, 1192 metros sobre el nivel del mar (Anónimo, 1981). Su superficie aproximada es de 6 ha, con una profundidad media de 3 m. Actualmente se encuentra en un estado de eutrofización (Fig. 2 y 3).

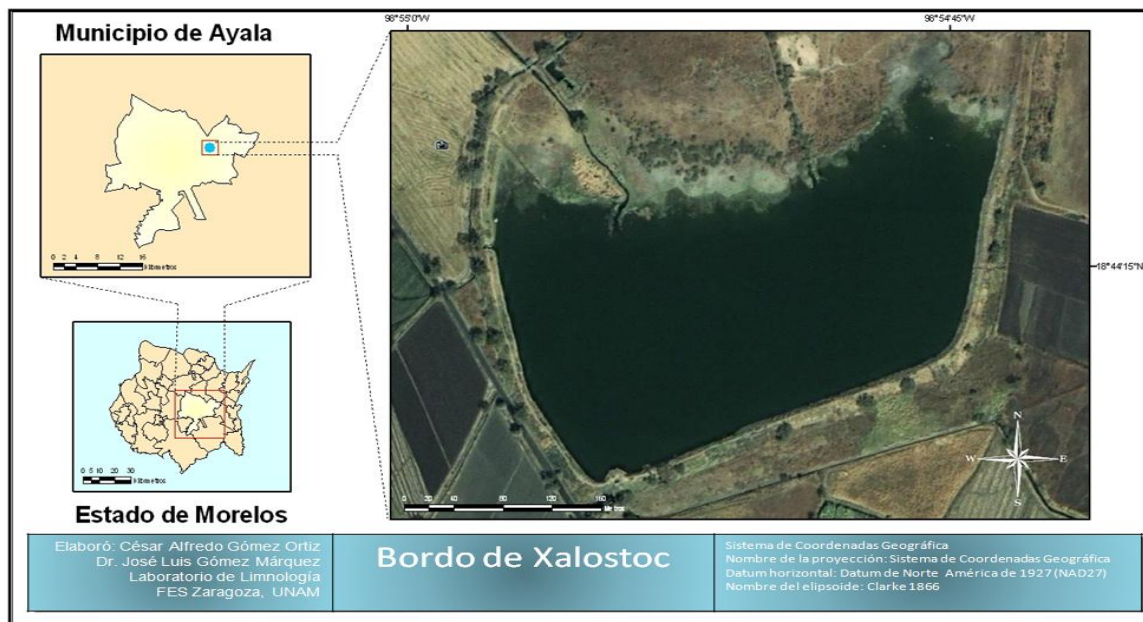


Figura 2. Ubicación del área de estudio



Figura 3. Aspecto físico del bordo Amate Amarillo

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

“Evaluar la estructura de edades en la población y el crecimiento en talla y peso de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) en un microreservorio del estado de Morelos, mediante el uso de otolitos.”

OBJETIVOS PARTICULARES

- Obtener datos sobre la edad y crecimiento de *Oreochromis niloticus* por medio de los otolitos y ver su variación en el tiempo.
- Conocer la relación de talla-peso para determinar el tipo de crecimiento que la especie presente en este sistema.
- Determinar por medio del índice de incremento marginal cuando se lleva a cabo la depositación de los anillos de crecimiento.
- Obtener las constantes del modelo von Bertalanffy por métodos lineales y no lineales.
- Emplear el método de Powell-Wetherall para reconocer los valores obtenidos por método de distribución de frecuencias.
- Determinar el índice de desempeño y compararlo con otros estudios para denotar si las constantes del modelo de crecimiento se corresponden con valores de otras poblaciones de *O. niloticus*.
- Realizar el análisis de parámetros físico-químico del agua para determinar si son adecuados para el crecimiento de la tilapia.

MATERIAL Y MÉTODOS

Fase de Campo

Al llegar al área de estudio se registró la hora del día, el porcentaje de nubosidad, la temperatura ambiental con un termómetro de ± 1 °C. Se colectó una muestra de agua del sistema por medio de una botella Van Dorn con capacidad de dos litros a dos diferentes niveles de profundidad (0.3 m y 1 m) en dos estaciones, esta se almacenó en botellas de polietileno con capacidad de un litro para su posterior estudio en laboratorio. Se tomó la transparencia del cuerpo de agua, así como su profundidad máxima utilizando el disco de Secchi; para determinar el oxígeno disuelto y la temperatura del agua se empleó un oxímetro (HANNA HI 9146), también se utilizó un multiparámetros (HANNA modelo HI 991300) para determinar parámetros de pH, conductividad y sólidos disueltos totales; la alcalinidad se determinó por el método de indicadores; y la dureza de calcio y dureza total por el método de titulación con EDTA (APHA, AWWA y WPCF, 1992)

Se obtuvieron de la pesca comercial con atarraya de luz de malla de 6.5 cm alrededor de 30 organismos por mes, abarcando el período de Marzo de 2013 a Marzo de 2014, después de la captura se midieron con un ictiómetro con precisión de ± 1 mm la longitud total (LT) distancia del rostro hasta la proyección de ambos lóbulos de la aleta caudal plegados y la longitud estándar (LE), 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) (Granados, 2002) y se pesaron con una balanza analítica (Marca Ohaus Triple Beam, con precisión de ± 0.1 g).

Para determinar el sexo se realizó un examen de los órganos internos y se determinó el estadio de la madurez gonádica por comparación por lo propuesto por Peña-Mendoza *et al.*, (2011). Para la obtención de los otolitos se sacrificaron los organismos. Se realizó un corte oblicuo del neurocráneo; este se efectuó sujetando la cabeza del ejemplar colocando los dedos índice y pulgar a un costado del cráneo, se procedió a cortar el neurocráneo por delante de los ojos con un cuchillo y posteriormente se realizó otro corte justo donde comenzaba la aleta dorsal, en sentido perpendicular al anterior. Se rompió el hueso craneal por lo cual, el cerebro quedaba expuesto. Se retiró el cerebro con unas

pinzas de punta fina para que se pudieran extraer los otolitos con las mismas pinzas dentro de la cámara óptica del pez.

Finalmente se etiquetaron y se guardaron en bolsas de plástico con agua destilada para su conservación y transporte al laboratorio; las bolsas etiquetadas contenían datos de campo como el número de organismo, la fecha de colecta y la localidad donde se colectaron.

Fase de Laboratorio

En laboratorio se procedió a secar los otolitos para su posterior lectura. Cuando se efectuó el tratamiento de secado y limpiado se pulió con polvo abrasivo de esmeril de entre 400-600 μm , para que se pudieran apreciar bien los anillos de crecimiento y demarcar cuales eran verdaderos, dobles o falsos. Estos anillos se contaron colocando los otolitos en un estereoscopio con luz blanca transmitida de arriba hacia abajo sobre un fondo negro para apreciarlos bien.

Para el caso de los otolitos que no fueran legibles para su lectura se empleó la técnica del quemado (Holden y Raitt, 1975) que consiste en calentar la estructura usando una llama baja de fuego; de esta manera el aspecto de los anillos cambiaba quedando las zonas blancas en pardas y se obtenía así una mejor precisión de lectura.

Por último se tomaron medidas como la longitud total desde la parte posterior a la anterior del otolito, su ancho máximo, el largo del foco medido desde el centro a la parte anterior del otolito, la distancia que había entre un anillo a otro desde el foco hacia el postrostrum (Fig. 4 y 5); éstas mediciones se efectuaron con una reglilla milimétrica integrada a un estereoscopio.

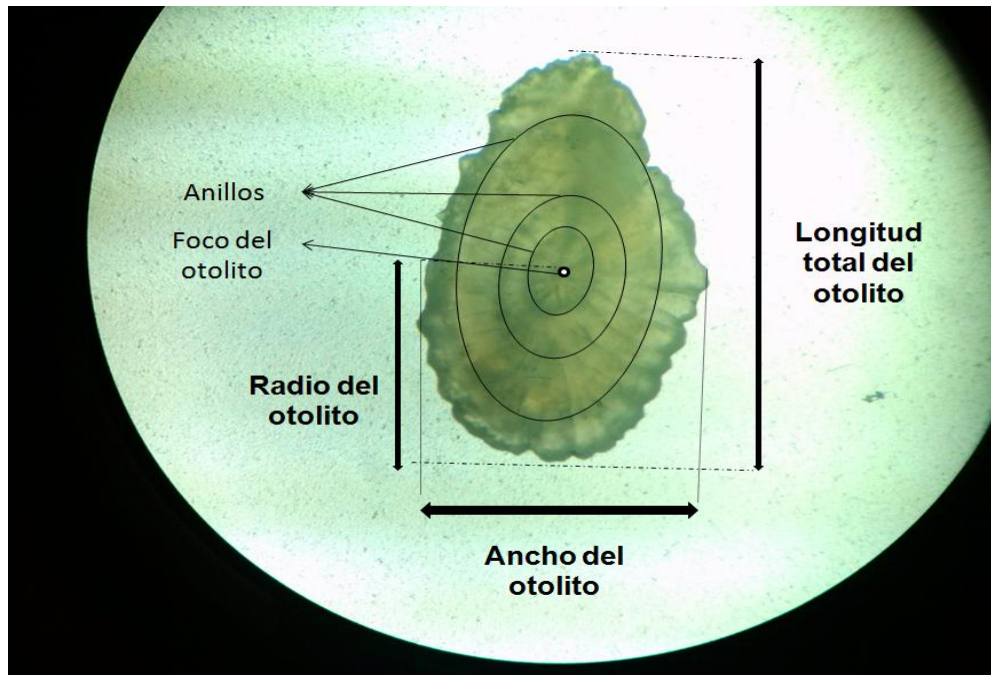


Figura 4. Medidas tomadas para los otolitos

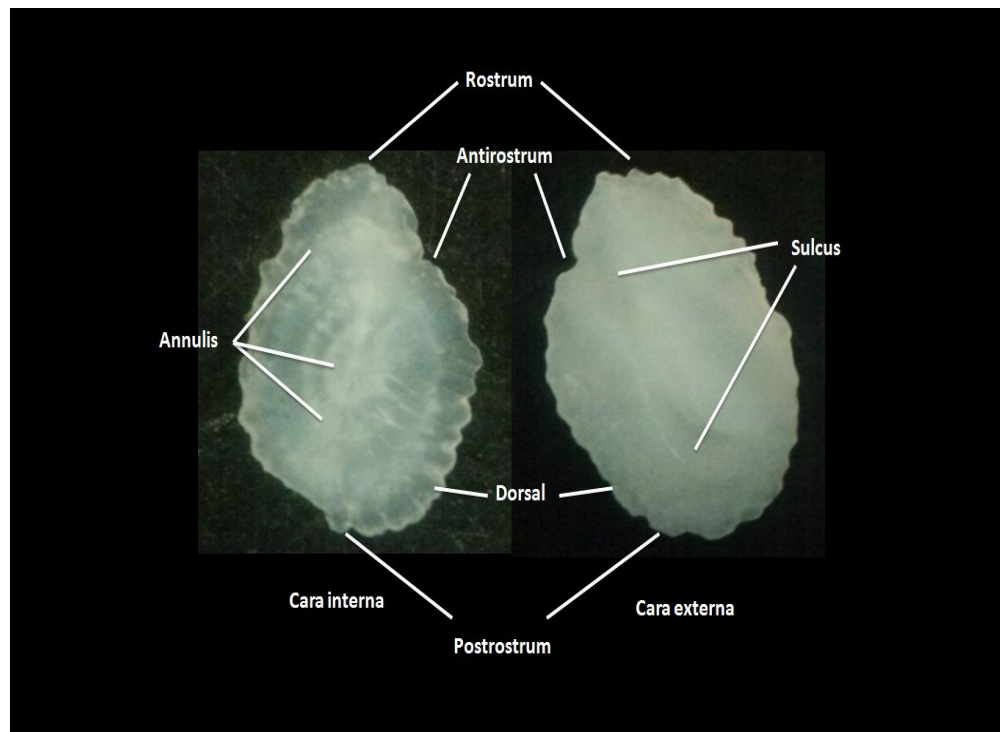


Figura 5. Estructura del otolito

Fase de Gabinete

Comprendió lo que es el trabajo estadístico, para esto se realizaron las siguientes pruebas:

Relación Peso-Longitud: Se realizó un análisis de covarianza para probar si existen diferencias entre la longitud total y peso de los organismos tomando en cuenta el sexo. Dado que el crecimiento de una población es de forma potencial se aplicó la siguiente fórmula:

$$P=aL^b$$

Donde:

P =peso total

L =Longitud total

a y b = constantes

Para que se llevara a cabo la linearización se tuvo que re-expresar la ecuación aplicando logaritmos, por lo tanto quedó de la siguiente manera:

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

Mediante el análisis de regresión por el método de mínimos cuadrados (Sparre y Venema, 1997) se obtuvieron las variables de “ a ” (intercepto) y “ b ” (pendiente). Este análisis de regresión se empleó para la población total, machos y hembras. Se entiende que el crecimiento de un pez es isométrico cuando el valor de $b=3$. Un valor significativo menor o mayor de tres indica que tiende a tener un crecimiento alométrico (Ricker, 1975,1979)

Así mismo se calculó el valor t de Student que se usó para probar si un valor de b calculado por medio de la relación peso-longitud es significativamente diferente de 3. Se empleó la siguiente ecuación para el estadístico de t :

$$t = \frac{s_x}{s_y} * \frac{|b - 3|}{\sqrt{1 - r^2}} * \sqrt{n - 2}$$

El valor de b es diferente de 3 si t es más grande que el valor de tablas de t para $n-2$ grados de libertad (Pauly, 1984).

Método retrocálculo: Se empleó el método de retrocálculo propuesto por Frasser-Lee (1920), el cual se basa en el supuesto de que el otolito crece en proporción constante a la longitud del pez, pero con origen de los datos diferente de cero (Araya y Cubillos, 2002). 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 (Gómez, 1994; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005), en este caso del otolito.

La expresión matemática aplicada al cálculo retrospectivo es la siguiente:

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

Donde:

L_n = longitud del pez cuando el anillo n fue formado

r_n = Radio del anillo n

R = Radio de la estructura ósea (otolito)

L = Longitud del pez cuando se obtuvo el otolito

c = Intercepto de la relación radio del otolito – longitud total del pez

Índice de Incremento Marginal: Además, se empleó el índice de crecimiento marginal el cual determina el período de formación de cada anillo de crecimiento y la frecuencia con la que se formó (Lai y Liu, 1979), se calculó con la fórmula:

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

Donde:

IM = incremento marginal de la estructura,

R = radio del otolito

r_n = distancia del foco al último anillo de crecimiento

r_{n-1} = distancia del foco al penúltimo anillo

Modelo de crecimiento de von Bertalanffy: El crecimiento de los organismos se determinó usando el modelo de crecimiento de Von Bertalanffy (Ricker, 1975; Everhart y Youngs 1981; Gómez, 1994; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005) una vez obtenidos los valores medios de la longitud total para cada una de las edades. Es un modelo matemático para el crecimiento individual, que ha demostrado ser ajustable al crecimiento observado en la mayoría de las especies de peces. Este modelo considera la talla del cuerpo como una función de edad (Salgado-Ugarte *et al.*, 2005).

La ecuación de von Bertalanffy satisface dos criterios importantes: a) Se ajusta a la mayoría de los datos observados de crecimiento de peces, b) puede incorporarse fácilmente a modelos para evaluación de poblaciones (Gómez, 1994; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005).

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

Donde:

L_{∞} = Longitud asintótica, la que alcanza un animal a una edad ∞

K = Tasa de crecimiento o coeficiente de anabolismo

t_0 = Edad a la cual $l=0$. Tiempo hipotético al cual el pez pudo tener la longitud = 0

l_t = longitud en la edad t

Por ello, es necesario el uso de diversos métodos, de los cuales los más utilizados son: Gráfico de von Bertalanffy (1934), Ford (1933) y Walford (1946), Gulland y Holt (1959), Beverton y Holt (1959), Chapman (1961), Gulland (1969) (citados en Sparre y Venema, 1997; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005).

Los modelos para obtener las constantes del modelo de von Bertalanffy que se utilizaron son:

Método de Ford-Walford: Este método consiste en hacer un gráfico de 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.

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

La cual es una ecuación lineal con intercepto

$$a = L_{\infty}(1 - e^{-k}) \longrightarrow L_{\infty} = \frac{a}{(1 - e^{-k})}$$

Y con pendiente igual a:

$$b = e^{-k} \longrightarrow k = -\ln b$$

Método de Beverton y Holt (1957): Este método proporciona las estimaciones de K y t_0 , una vez estimada L_{∞} mediante algún otro procedimiento y a través de las siguientes ecuaciones podemos tener K y t_0 .

$$\ln\left(1 - \frac{l_t}{L_{\infty}}\right) = Kt_0 - Kt$$

Expresión que tiene una forma lineal,

Donde:

$$x = t$$

$$y = \ln(1 - l_t / L_{\infty})$$

$a = Kt_0$ es la ordenada al origen, y

$b = -K$ es la pendiente.

Crecimiento en peso: El crecimiento en peso se describe en una curva del tipo sigmoideo. En las etapas muy tempranas de la vida del pez el incremento en peso es muy lento. El crecimiento se va acelerando conforme se incrementa la edad, alcanzando 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 promedio del pez

P_∞ = peso promedio

K = constante metabólica (coeficiente de crecimiento)

t_0 = edad teórica a la longitud cero del pez

t = tiempo (edad)

b = coeficiente de la relación longitud-peso

Comparación entre sexos: Se realizó una comparación entre hembras y machos para determinar si la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy difiere entre los dos sexos, para ello se empleó el estadístico T^2 de Hotelling (Bernard, 1981), el cual se describe con la siguiente fórmula:

$$T^2 = \frac{N_h N_m}{N_h + N_m} * (P_h - P_m) * S^{-1} (P_h - P_m)$$

Donde N indica los tamaños de muestra (h : hembras, m : machos), 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, 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 su relación con la distribución de F y se acepta en caso contrario. El valor crítico se calculó con la siguiente fórmula:

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

Donde, F es el percentil de la distribución de Fisher con 3 y $N_h + N_m - 6$ grados de libertad.

Índice de desempeño: Pauly y Munro (1984) proponen un método para evaluar el desempeño del crecimiento a través del valor de phi (Φ) para peso, y phi prima (Φ') para longitud por medio de las siguientes fórmulas:

$$= \log_{10}K + \frac{2}{3}\log_{10} P_{\infty}$$

$$= \log_{10}K + 2\log_{10} L_{\infty}$$

Donde:

P_{∞} = Peso total asintótico

L_{∞} = Longitud total asintótica

K = Factor de crecimiento

Método de Powell-Wetherall: Este método está sustentado en el modelo matemático de Beverton-Holt (1956) de una ecuación con regresión lineal de la forma $L-L' = a + bL'$; donde L' es la talla más pequeña reclutada por el arte de pesca, a es la constante de regresión (intercepto), b es el coeficiente de regresión (pendiente) y L la talla media de captura. Con estas variables calculadas se estima $L_{\infty} = -a/b$ y $z/k = -(1+b)/b$ (Afraei-Bandpei *et al.*, 2010). Para obtener este gráfico se empleó el programa FISAT II (Gayanilo *et al.*, 2005).

RESULTADOS

Distribución de tallas

En el período comprendido de Marzo de 2013 a Marzo de 2014, se obtuvo un total de 394 organismos de los cuales 259 (65.73%) fueron machos y para hembras 135 (34.26%) (Tabla 2).

Tabla 2. Número de organismos capturados en el Bordo Amate Amarillo, Morelos

Mes	Machos	Hembras	Total
Marzo de 2013	8	22	30
Abril de 2013	11	19	30
Mayo	16	13	29
Junio	24	6	30
Julio	25	5	30
Agosto	21	9	30
Septiembre	26	4	30
Octubre	20	10	30
Noviembre	26	4	30
Diciembre	22	11	33
Enero de 2014	12	18	30
Febrero de 2014	26	6	32
Marzo de 2014	22	8	30
Total	259	135	394

El intervalo de la longitud total para las tallas de la población total de *O. niloticus* abarcaron desde los 14.1 hasta los 35.3 cm y 47.2 a 684.19 para peso total; para los machos oscilaron de 14.2 a 35.2 cm y 47.9 a 684.19 g en peso total y para las hembras comprendieron valores desde 14.1 a 31.5 cm y para peso total de 47.2 a 496.63 g. Los promedios en longitud total para la población total, machos y hembras fueron de 17.62, 17.87 y 17.13 cm respectivamente. Así mismo, para el peso total de manera respectiva en el mismo orden los datos obtenidos fueron de 100.11, 104.25 y 92.16 g. (Tabla 3).

“Edad y crecimiento de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) en un bordo del estado de Morelos”



Tabla 3. Valores de longitud total y peso total para la población de *Oreochromis niloticus* en el bordo Amate Amarillo, Morelos

	Machos			Hembras			Total		
	Mín.	Máx.	Prom.	Mín.	Máx.	Prom.	Mín.	Máx.	Prom.
Lt (cm)	14.2	35.3	17.87	14.1	31.5	17.13	14.1	35.3	17.62
Pt (g)	47.9	684.19	104.25	47.2	496.63	92.16	47.2	684.19	100.11

Mediante un histograma de frecuencia de tallas elaborado para ambos sexos se encontró que los datos tenían una variación aplicándose de esta manera una prueba de Kolmogorov – Smirnov encontrando que los datos no se comportan de manera normal (K-S=0.00, $p < 0.05$). Los machos fueron más grandes en talla que las hembras (U Mann - Whitney = 0.00; $p < 0.05$ para ambos sexos). La talla que mostró una mayor frecuencia fue de 17 cm en longitud total.

Así mismo se detectaron dos organismos correspondientes a un macho (35.3 cm) y una hembra (31.5 cm) que sobresalían de los promedios obtenidos (Fig. 6)

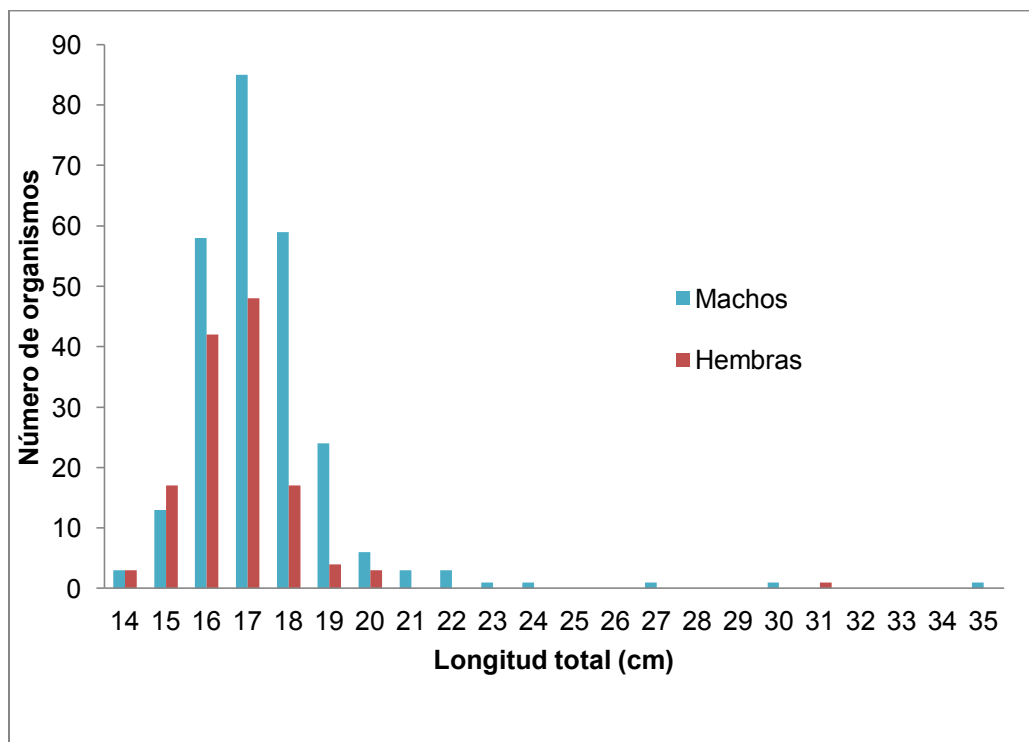


Figura 6. Distribución de tallas por sexos separados

Proporción sexual

La proporción de sexos ($\chi^2 = 39.02$; $p < 0.05$) que se obtuvo para *Oreochromis niloticus* fue 1:1.91 (hembra: macho) con diferencias mensuales significativas entre los sexos (Tabla 4).

Tabla 4. Proporción sexual para *Oreochromis niloticus*

Mes	Machos	Hembras	Total	χ^2	p	Dominante H:M
Marzo de 2013	8	22	30	6.53	-	2:1
Abril de 2013	11	19	30	2.13	-	1:1
Mayo	16	13	29	0.31	-	1:1
Junio	24	6	30	10.8	-	1:4
Julio	25	5	30	13.33	-	1:5
Agosto	21	9	30	4.8	-	1:2
Septiembre	26	4	30	16.13	-	1:6
Octubre	20	10	30	3.33	-	1:2
Noviembre	26	4	30	16.13	-	1:6
Diciembre	22	11	33	3.66	-	1:2
Enero de 2014	12	18	30	1.2	-	1:1
Febrero de 2014	26	6	32	12.5	-	1:4
Marzo de 2014	22	8	30	6.53	-	1:2
Total	259	135	394	39.02	-	1:1.91

En el mes de abril y mayo de 2013 así como en enero de 2014 mediante la prueba de χ^2 , se cumplió con lo sugerido por Nikolsky (1963) de una proporción 1:1 hembras : machos (Fig. 7). Al principio del estudio las hembras fueron las dominantes pero conforme se iban realizando las colectas mensuales los machos terminaron siendo los más abundantes.

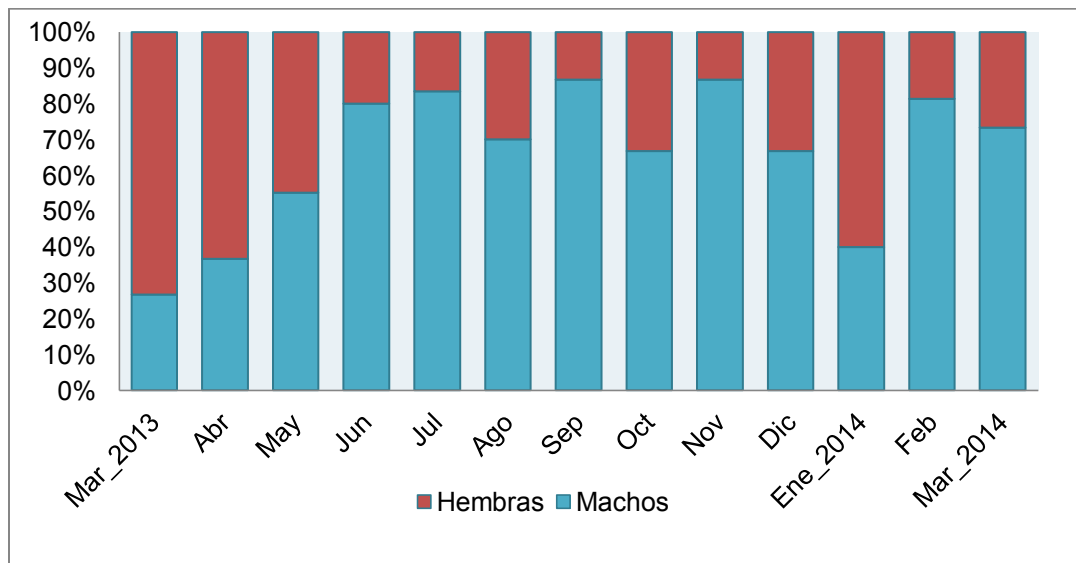


Figura 7. Variación de la proporción sexual para *O. niloticus*

Relación longitud total-peso total

Por medio de la relación de tallas (patrón y total) y peso, se conoció el tipo de crecimiento que mejor se ajustaba al modelo de crecimiento de los organismos (Tabla 5).

Tabla 5. Diferencias entre longitud y peso de *Oreochromis niloticus*

	Longitud patrón (cm)	Longitud total (cm)
Población	$P = 0.0652Lp^{2.7759}$	$P = 0.0314Lt^{2.7987}$
r²	0.9139	0.9279

Al tener una mejor relación la longitud total con respecto al peso en las pruebas estadísticas, se utilizó este valor ($r^2=0.9279$; $p<0.05$).

El análisis de covarianza (ANDECOVA) realizado a la población tomando en cuenta el peso, la longitud total y el sexo (Tabla 6), mostró que había diferencias significativas entre los sexos tomando como covariada a la talla ($F = 6.30$; $p<0.05$); así mismo, se realizó la comparación de pendientes para corroborar dicha información obteniéndose que existen estas diferencias en los sexos para la relación peso-longitud (t -Student=2.83; $p<0.05$). De esta manera se trabajó de manera separada los sexos de la población para conocer su comportamiento

Tabla 6. Análisis de covarianza entre el peso y la longitud total para la población de *O. niloticus*

	Número de obs =	394	R-cuadrada =	0.8945	
	Raíz MSE =	15.946	R-cuadrada adj =	0.8937	
Modelo	SC parcial	gl	MS	F	Prob > F
Modelo	841181.957	3	280393.986	1102.33	0.0000
lt	593331.766	1	593331.766	2332.60	0.0000
sexo	2032.24823	1	2032.24823	7.99	0.0049
sexo#lt	1602.8627	1	1602.8627	6.30	0.0125
Residuos	99202.3638	390	254.365035		
Total	940384.321	393	2392.83542		

Al utilizarse el análisis de la relación entre el peso total-longitud total para *O. niloticus*, se puede observar (Fig. 8) que tiene un comportamiento de tipo potencial; por lo cual el modelo matemático queda de la siguiente manera $Pt = 0.0314L_t^{2.7897}$ con un coeficiente de determinación de $r^2 = 0.9279$, ($p < 0.05$). Esta relación también se empleó para los machos tanto como para las hembras, por lo cual siguieron el mismo tipo de comportamiento potencial con un coeficiente de determinación de $r^2 = 0.9345$ ($p < 0.05$) y $r^2 = 0.9022$, ($p < 0.05$) respectivamente (Fig. 9 y 10).

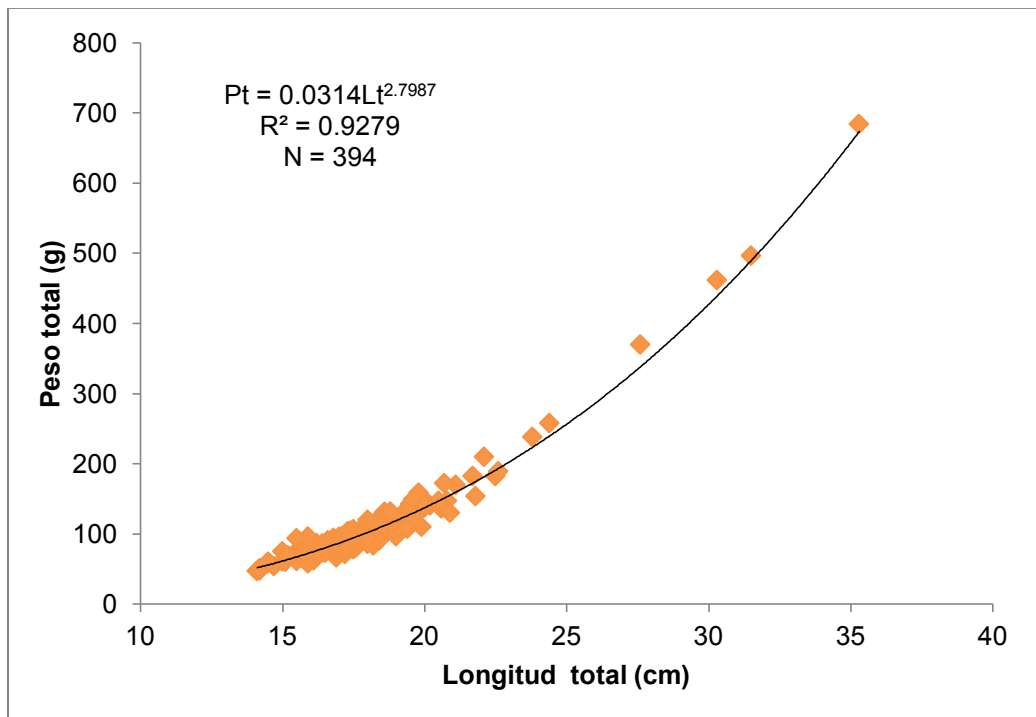


Figura 8. Relación Peso total – Longitud total para población de *O. niloticus*

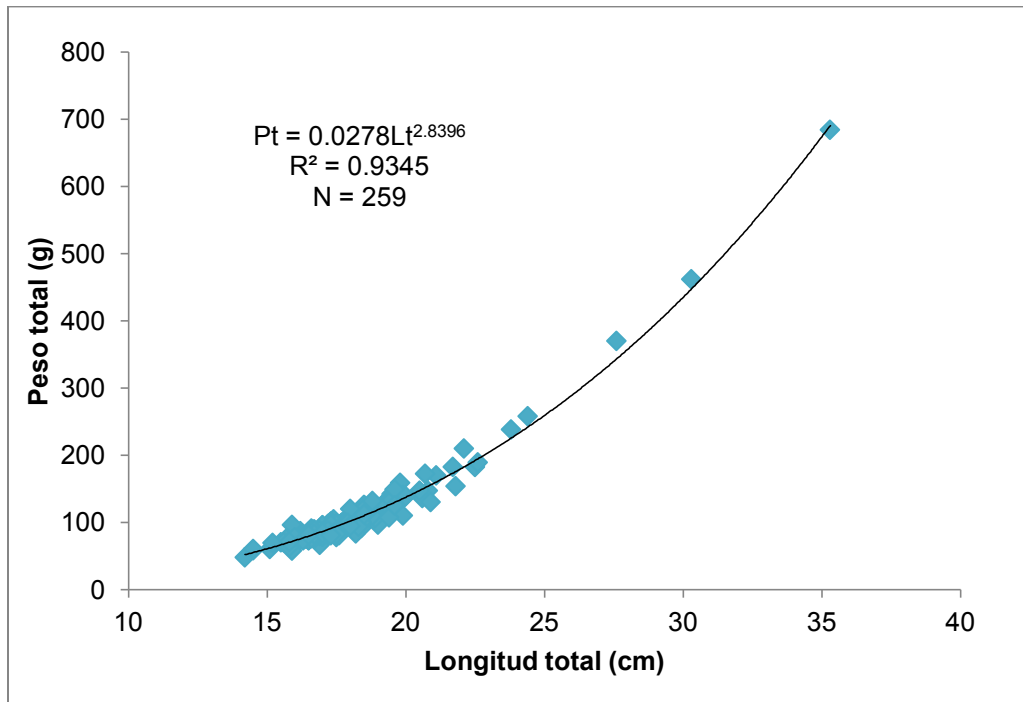


Figura 9. Relación Peso total – Longitud total para machos de *O. niloticus*

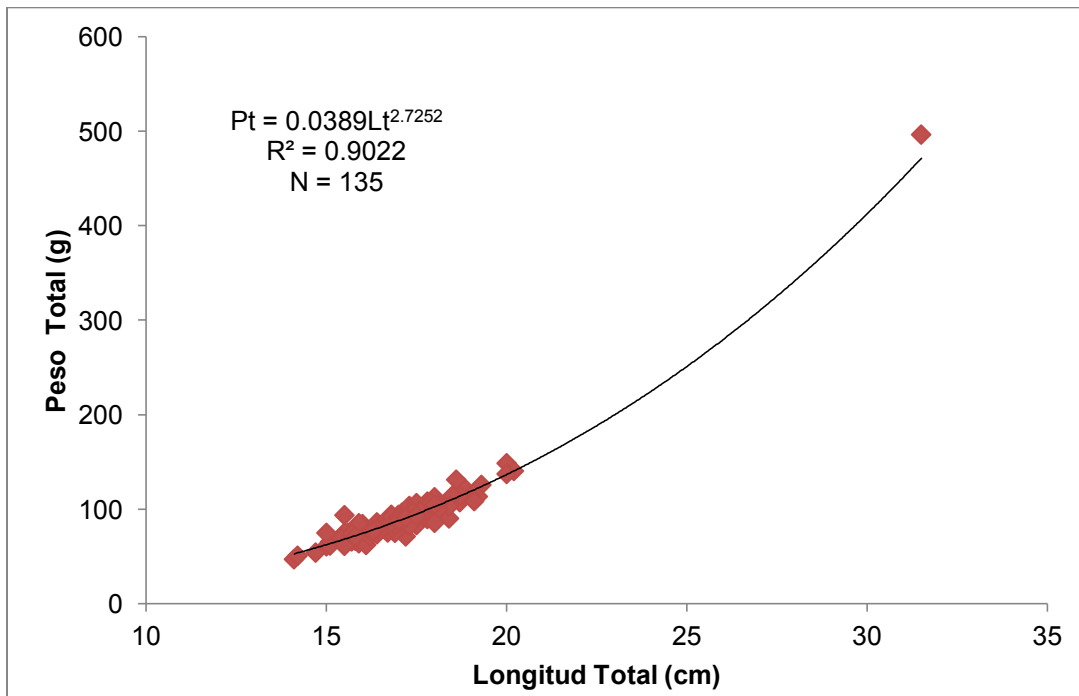


Figura 10. Relación Peso total – Longitud total para hembras de *O. niloticus*

También se realizó otro análisis de relación entre peso total-longitud total pero sin tomar el caso influyente del macho de 35.3 cm, esto con el fin de verificar si hay alguna diferencia para la pendiente así como para la r^2 cuando existen organismos grandes que puedan causar ruido entre los datos (Fig. 11).

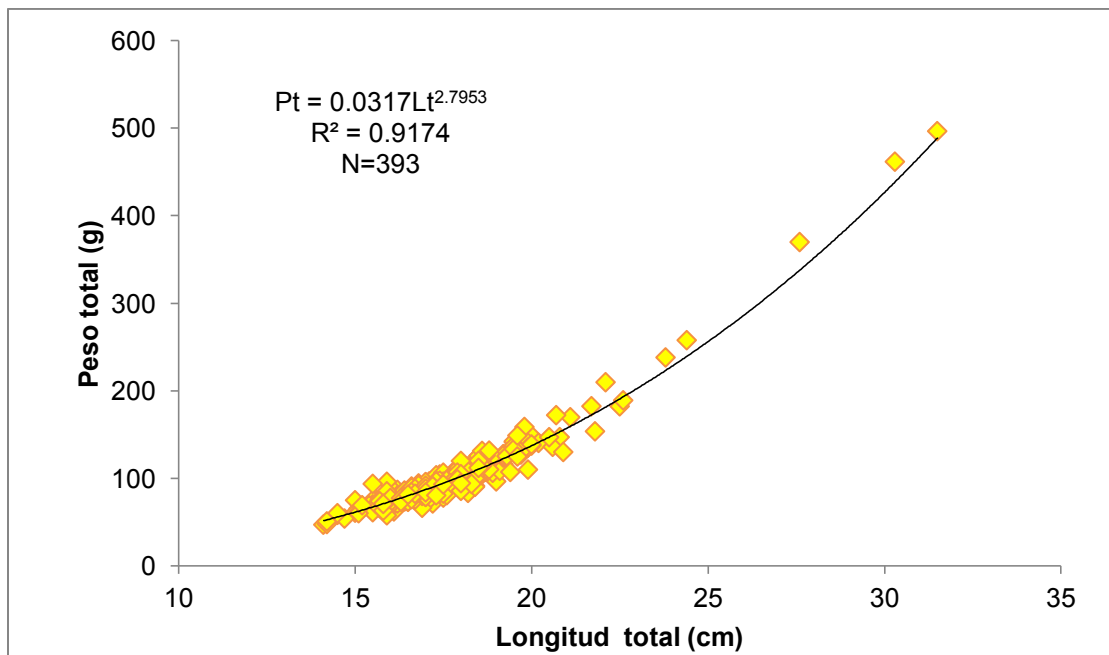


Figura 11. Relación Peso total – Longitud total para población de *O. niloticus* sin tomar el caso influyente.

De esta manera se encuentra que el coeficiente de determinación es menor ($r^2 = 0.9174$) sin tomar en cuenta el caso influyente. Así mismo mediante una prueba *t-Student* para verificar si existe alguna diferencia (*t-Student* = 0.3387; $p < 0.05$) se encontró que no hay ninguna al utilizarse el total de datos u omitiendo al macho. De esta manera se utilizó el total de datos (394) ya que existe mejor correlación ($r^2 = 0.9279$) entre el peso total y la longitud total.

Para conocer el tipo de crecimiento que hubo en la población se utilizó la prueba de *t-Student*, para comparar las pendientes y determinar si estas eran iguales o distintas de tres ($H_0: b=3$, $H_a: b \neq 3$). En la población se encontró que el tipo de crecimiento es

“Edad y crecimiento de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) en un bordo del estado de Morelos”



alométrico negativo ($b= 2.79$, $t\text{-Student} = 3.71$; $p<0.05$), así como para las hembras ($b= 2.72$, $t\text{-Student} = 2.66$; $p<0.05$) y para los machos con una tendencia a la isometría ($b= 2.83$, $t\text{-Student} = 2.42$; $p<0.05$) (Tabla 7).

Tabla 7. Pruebas $t\text{-Student}$ para pendientes de la relación Peso total-Longitud total de *Oreochromis niloticus*

	Pendiente (<i>b</i>)	t calculada (<i>t</i>)	t teórica (tablas)	Prueba de hipótesis <i>H</i>₀: $b=3$, <i>H</i>_a: $b\neq 3$	Tipo de crecimiento	N
Población	2.7987	5.1	1.96	Se rechaza <i>H</i> ₀	Alométrico negativo	394
Machos	2.8395	3.42	1.96	Se rechaza <i>H</i> ₀	Alométrico negativo	259
Hembras	2.7252	3.53	1.98	Se rechaza <i>H</i> ₀	Alométrico negativo	135

Determinación de la edad por medio de otolitos

En la determinación de la edad por para la población, se realizó una lectura de los dos otolitos por cada pez, leyéndose así 788 otolitos correspondientes a los 394 organismos capturados.

Se realizó un análisis de covarianza (ANDECOVA) entre el radio del otolito, longitud total y el sexo; esto para determinar si existían diferencias significativas entre machos y hembras (Tabla 8).

Tabla 8. Análisis de covarianza entre la longitud total del pez y el radio total del otolito en la población de *O. niloticus*

Fuente	SC parcial	gl	MS	F	Prob > F
Modelo	13.7473665	3	4.5824555	126.95	0.0000
lt	10.6158569	1	10.6158569	294.10	0.0000
sexo	.000490812	1	.000490812	0.01	0.9072
lt*sexo	.020886373	1	.020886373	0.58	0.4473
Residual	14.077531	390	.036096233		
Total	27.8248974	393	.070801266		

Mediante este análisis se encontró que no hay diferencias significativas entre los machos y las hembras ($F=0.58$, $p<0.05$), también comparando las pendientes de estos valores se encontraron que no son diferentes en los sexos en la relación otolito-longitud (t -Student = -0.14; $p<0.05$). Por lo que al realizarse la regresión entre estas variables dan un intercepto distinto a cero. La regresión radio del otolito para la población total presentó un intercepto de 4.45 de manera lineal por lo cual es independiente el crecimiento del otolito con respecto a la longitud total de los peces. De esta manera aunque no hubo diferencias se realizaron las regresiones para ambos sexos (Figuras 12, 13 y 14).

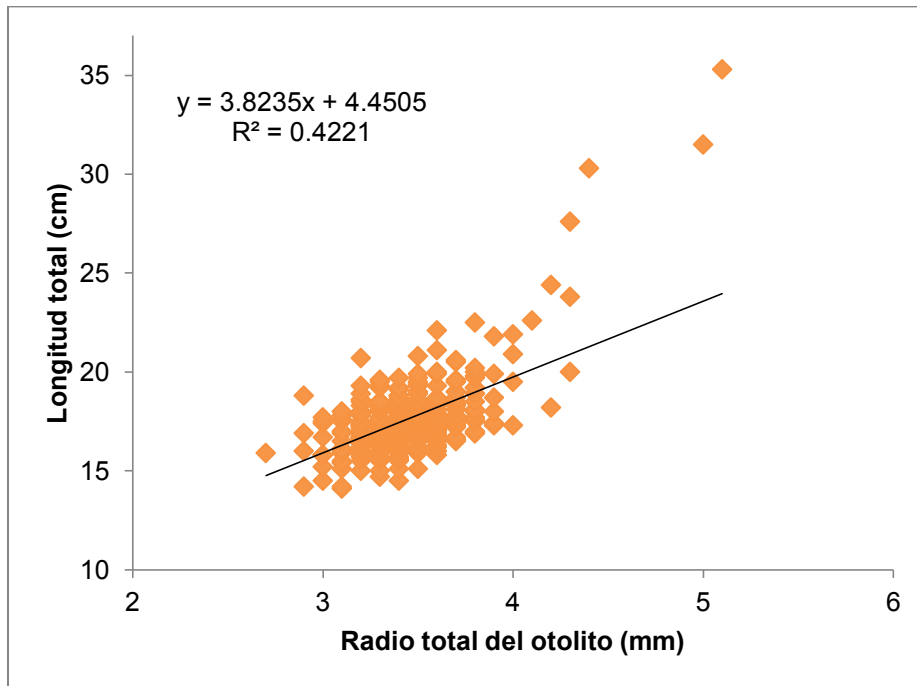


Figura 12. Relación entre el radio del otolito y la longitud total para la población de *O. niloticus*

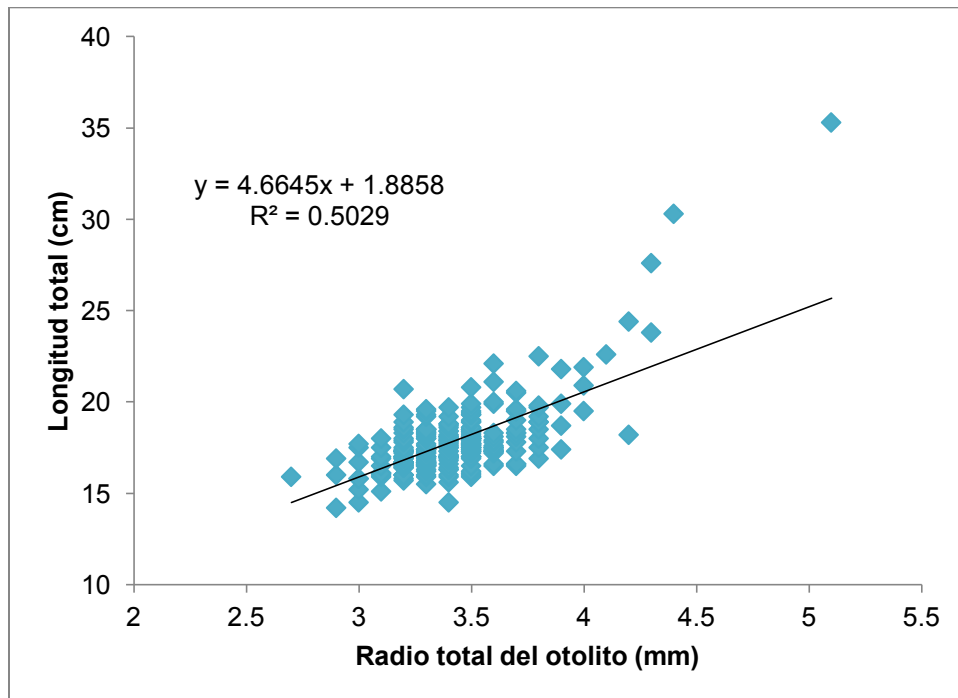


Figura 13. Relación entre el radio del otolito y la longitud total para los machos de *O. niloticus*

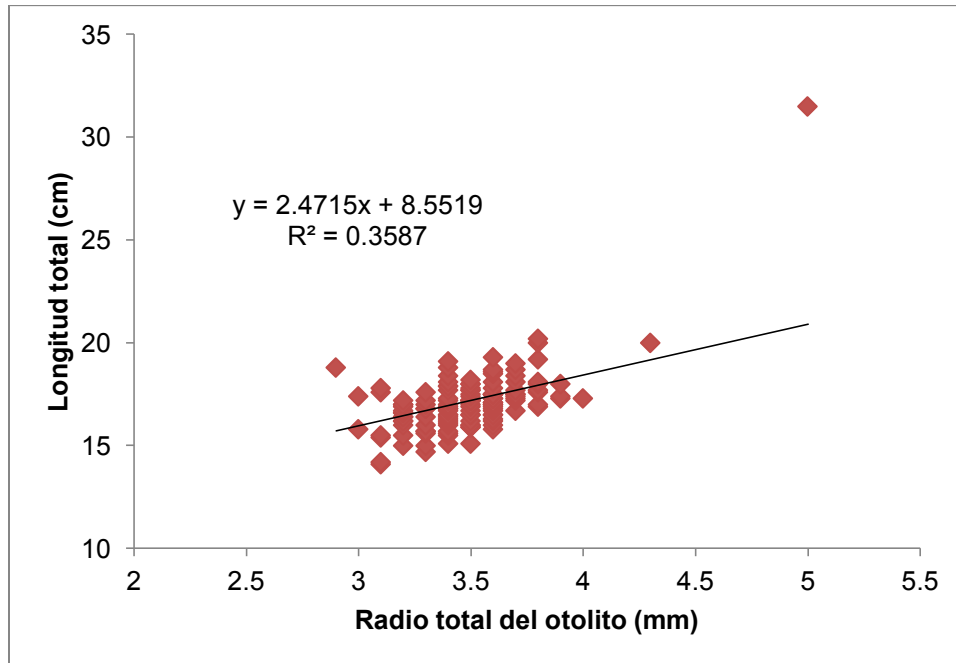


Figura 14. Relación entre el radio del otolito y la longitud total para las hembras de *O. niloticus*

En la lectura para cada anillo de las lecturas en las marcas de crecimiento de los otolitos fueron constantes para la mayor parte de la población.

Se registraron los valores promedio de cada anillo en las lecturas de las marcas de crecimiento correspondientes a los otolitos, los cuales fueron constantes en la población, machos y hembras (Tablas 9, 10 y 11).

Tabla 9. Valores medios del radio de cada anillo en los otolitos en la población de *Oreochromis niloticus*.

No anillo	n	Número de anillos				
		1	2	3	4	5
1	2	1.45±0.07				
2	32	0.70±0.38	2.01±0.39			
3	258	0.53±0.25	1.66±0.30	2.67±0.28		
4	95	0.40±0.22	1.30±0.38	2.16±0.38	3±0.33	
5	7	0.38±0.20	1.38±0.35	2.15±0.48	2.85±0.47	3.45±0.55
Promedio		0.52±0.27	1.60±.38	2.52±0.39	2.99±0.34	3.45±0.55
Intervalo de confianza (95%)		±0.027	±0.038	±0.038	±0.033	±0.054

“Edad y crecimiento de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) en un bordo del estado de Morelos”



Tabla 10. Valores medios del radio de cada anillo en los otolitos en machos de *Oreochromis niloticus*.

No anillo	n	Número de anillos				
		1	2	3	4	5
1	2	1.45±0.07				
2	27	0.71±0.40	2.01±0.40			
3	174	0.53±0.27	1.66±0.29	2.66±0.28		
4	52	0.42±0.21	1.35±0.37	2.17±0.39	2.97±0.32	
5	4	0.42±0.09	1.55±0.36	2.35±0.51	3±0.61	3.65±0.69
Promedio		0.53±0.29	1.63±0.37	2.54±0.38	2.97±0.34	3.65±0.69
Intervalo de confianza (95%)		±0.036	±0.045	±0.046	±0.041	±0.084

Tabla 11. Valores medios del radio de cada anillo en los otolitos en hembras de *Oreochromis niloticus*.

No anillo	n	Número de anillos				
		1	2	3	4	5
1	-	-	-			
2	5	0.68±0.23	2.02±0.38			
3	84	0.53±0.21	1.67±0.33	2.68±0.27		
4	43	0.39±0.22	1.24±0.37	2.15±0.39	3.03±0.34	
5	3	0.33±0.32	1.16±0.20	1.90±0.34	2.66±0.15	3.20±0.17
Promedio		0.48±0.23	1.54±0.41	2.49±0.40	3.01±0.34	3.20±0.17
Intervalo de confianza (95%)		±0.039	±0.069	±0.068	±0.058	±0.029

Se determinaron 5 grupos de edad a partir de la lectura de anillos en los otolitos, así mismo se estimaron las tallas retrocalculadas para la población total, machos y hembras.

Utilizando el valor del intercepto, se aplicó a la fórmula de retrocálculo de Fraser-Lee quedando de la siguiente manera $Ln = rn/R (L-4.45) + 4.45$; de este modo se empleó para la población total obteniéndose los datos de edad para todas las tallas registradas en promedio (Tablas 12, 13 y 14).

Tabla 12. Longitud total retrocalculado para cada edad en la población de *Oreochromis niloticus*.

Edad	n	Longitud total (cm) retrocalculada para cada edad				
		I	II	III	IV	V
I	2	10.62±2.04				
II	32	7.19±1.55	12.24±1.62			
III	258	6.48±1.09	10.77±1.29	14.55±1.33		
IV	95	6.01±0.86	9.43±1.64	12.76±2.10	15.95±2.36	
V	7	6.13±0.97	10.60±3.01	13.91±4.29	16.90±5.05	19.54±5.98
Promedio		6.44±1.16	10.56±1.63	14.07±1.83	16.01±2.6	19.54±1.98
Intervalo de confianza (95%)		±0.115	±0.161	±0.181	±0.257	±0.591

Tabla 13. Longitud total retrocalculado para cada edad en machos de *Oreochromis niloticus*.

Edad	n	Longitud total (cm) retrocalculada para cada edad				
		I	II	III	IV	V
I	2	10.62±2.04				
II	27	7.24±1.65	12.29±1.65			
III	174	6.53±1.21	10.8±1.26	14.73±1.36		
IV	52	6.13±0.88	9.82±1.72	13.10±2.28	16.27±2.44	
V	4	6.51±0.79	12.04±3.35	15.85±4.91	19.01±6.08	22.12±6.97
Promedio		6.56±1.28	10.83±1.59	14.38±1.84	16.46±2.84	22.12±6.97
Intervalo de confianza (95%)		±0.156	±0.194	±0.224	±0.345	±0.849

Tabla 14. Longitud total retrocalculado para cada edad en hembras de *Oreochromis niloticus*.

Edad	n	Longitud total (cm) retrocalculada para cada edad				
		I	II	III	IV	V
I	-	-	-			
II	5	6.98±0.87	11.98±1.55			
III	84	6.38±1.79	10.54±1.32	14.18±1.19		
IV	43	5.87±0.82	8.97±1.42	12.34±1.80	15.56±2.24	
V	3	5.62±1.11	8.68±0.85	11.32±1.25	14.09±0.70	16.09±0.83
Promedio		6.22±0.85	10.05±1.58	13.51±1.69	15.47±2.20	16.09±1.83
Intervalo de confianza (95%)		±0.144	±0.267	±0.286	±0.371	±0.309

“Edad y crecimiento de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) en un bordo del estado de Morelos”



Se elaboró un diagrama de cajas para representar los valores de las tallas retrocalculadas para cada edad correspondiente (Fig. 15). Se observa que las medianas corresponden a una clase de edad en particular y estas no tuvieron algún traslape, por lo que se consideró que hay diferencias significativas entre estos grupos.

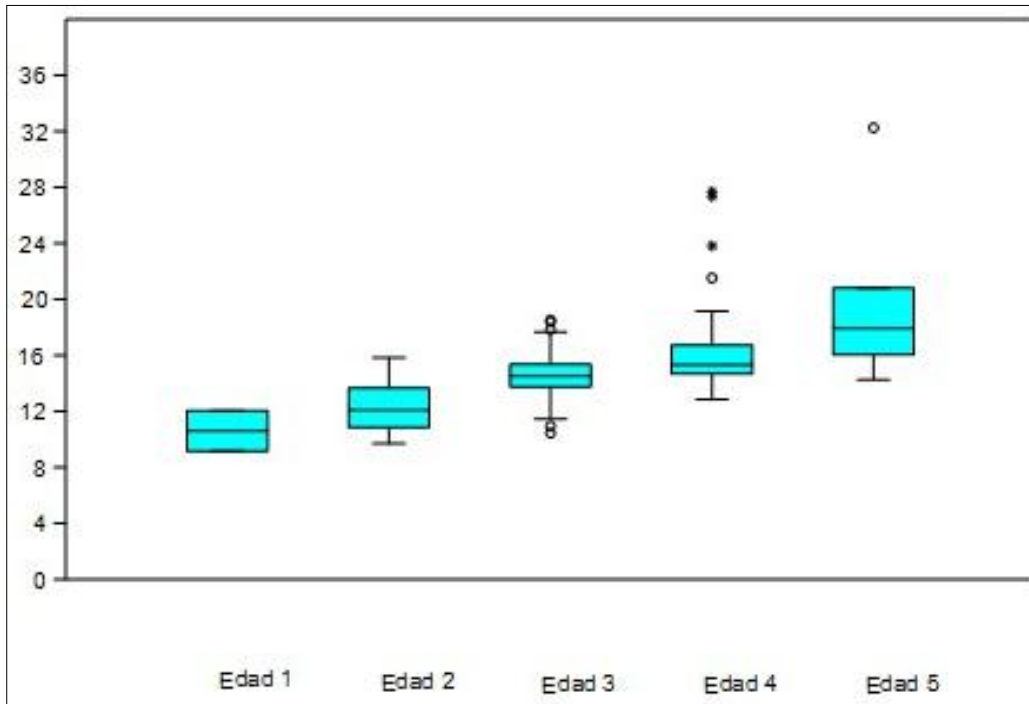


Figura 15. Diagrama de cajas para las longitudes retrocalculadas de la población total de *O. niloticus*

Así mismo, a partir de las longitudes que se calcularon para cada anillo de crecimiento en los otolitos, se identificó que la edad de 1.5 es donde hubo mayor número de organismos correspondientes a 258 tilapias (65.48%), seguida por la edad de 2 con 95 peces (24.11%) (Fig. 16)

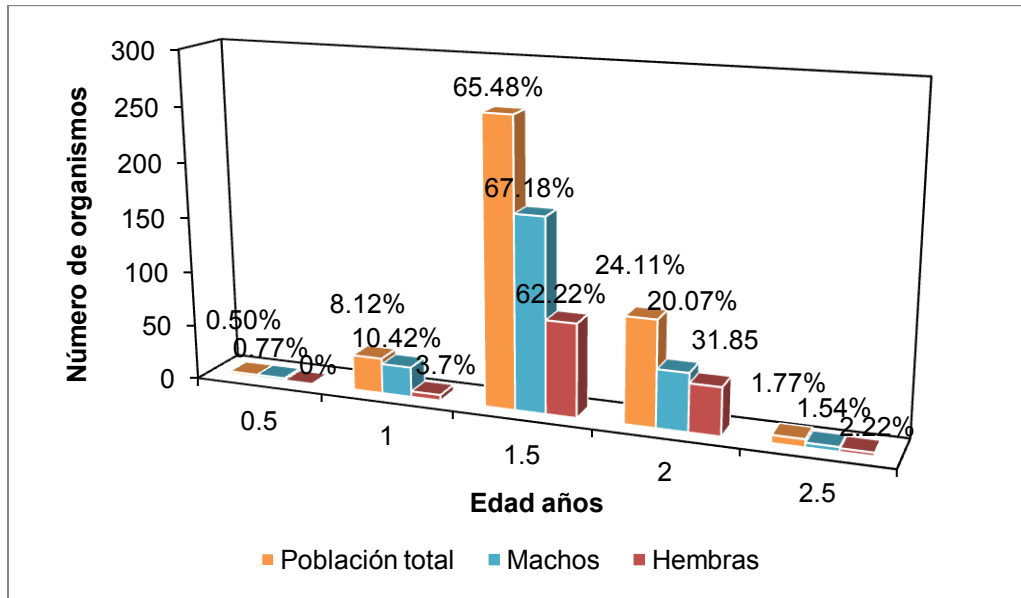


Figura 16. Porcentaje de organismos para cada edad en la población total, machos y hembras de *Oreochromis niloticus*.

Para validar la época de depositación de las marcas registradas en los otolitos, se utilizó el índice de incremento marginal, en el cual se encontró que los períodos para la depositación de materiales calcáreos ocurrían en los meses de abril y noviembre correspondientes a las épocas de lluvias y secas respectivamente en la población total. (Fig. 17)

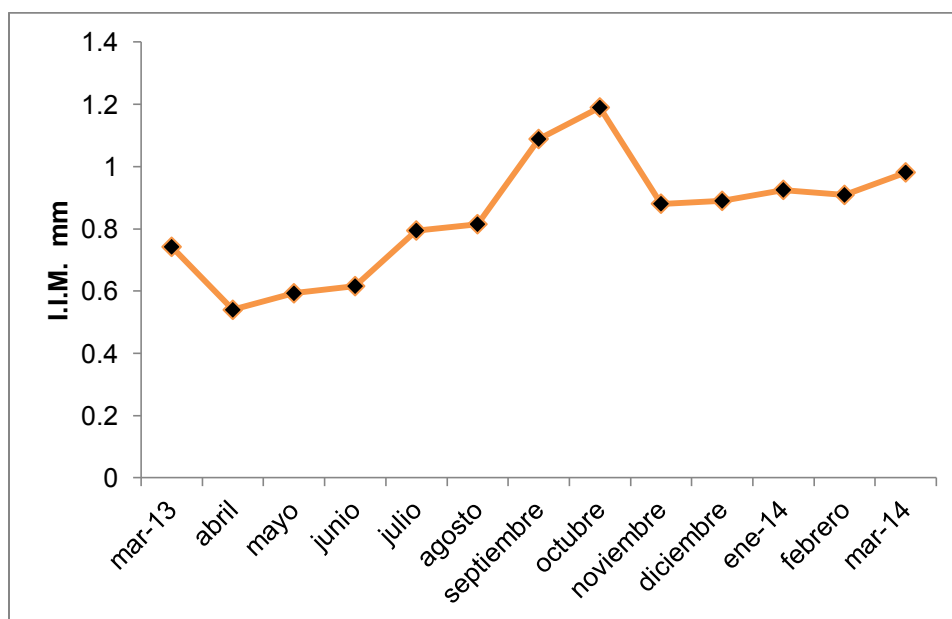


Figura 17. Índice de incremento marginal para la población total de *O. niloticus*.

“Edad y crecimiento de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) en un bordo del estado de Morelos”



Así el período de depositación ocurría de misma manera en las hembras que en la población total, en los machos únicamente hubo una diferencia ya que el segundo período de depositación ocurría en diciembre (Figuras 18 y 19).

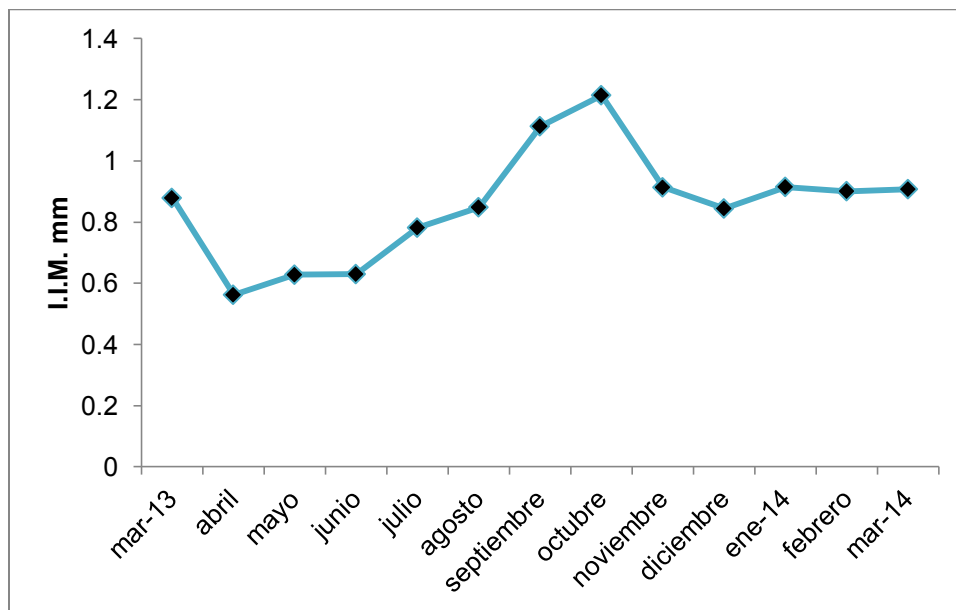


Figura 18. Índice de incremento marginal para machos de *O. niloticus*.

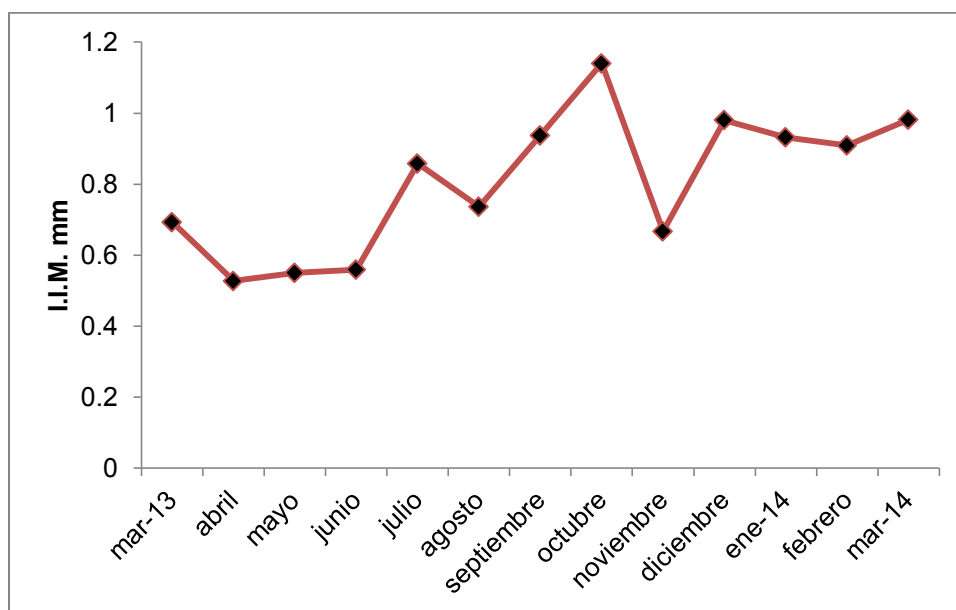


Figura 19. Índice de incremento marginal para hembras de *O. niloticus*.

Así mismo se realizó el gráfico correspondiente a los valores observados contra los calculados pudiendo ver que los organismos alcanzaban una talla superior a la estimada (Fig. 20)

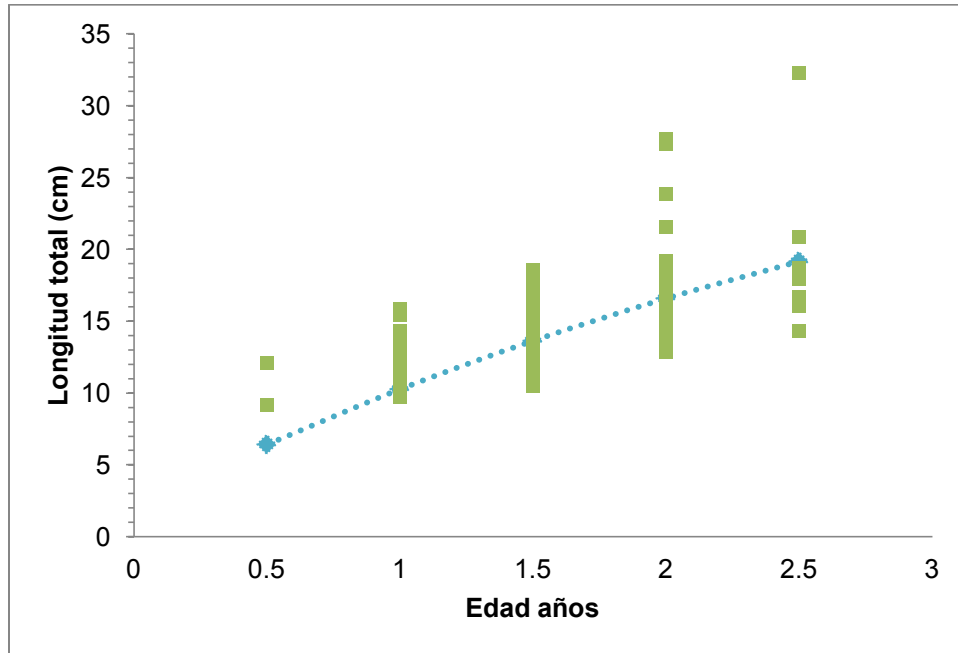


Figura 20. Valores calculados para las longitudes retrocalculadas con base a los valores observados para población total de *Oreochromis niloticus*.

Método de Powell-Wetherall

El método gráfico de Powell-Wheterall (Powell, 1979; Wetherall, 1986; modificado por Pauly, 1986) se empleó para obtener una L_{∞} utilizando la longitud de los peces.

Aplicando la fórmula $(L - L') = a + b*L$ y los valores que se obtuvieron mediante las frecuencias de tallas, se estimó el valor de $L_{\infty} = 36.05$ ($r^2=0.9390$), 35.60 ($r^2=1$) y 30.10 ($r^2=1$) para la población total, machos y hembras respectivamente de *Oreochromis niloticus* (Figuras 21, 22 y 23). También se obtuvo la ecuación general de la población la cual corresponde a $L - L' = 18.87 + (-0.524) L$.

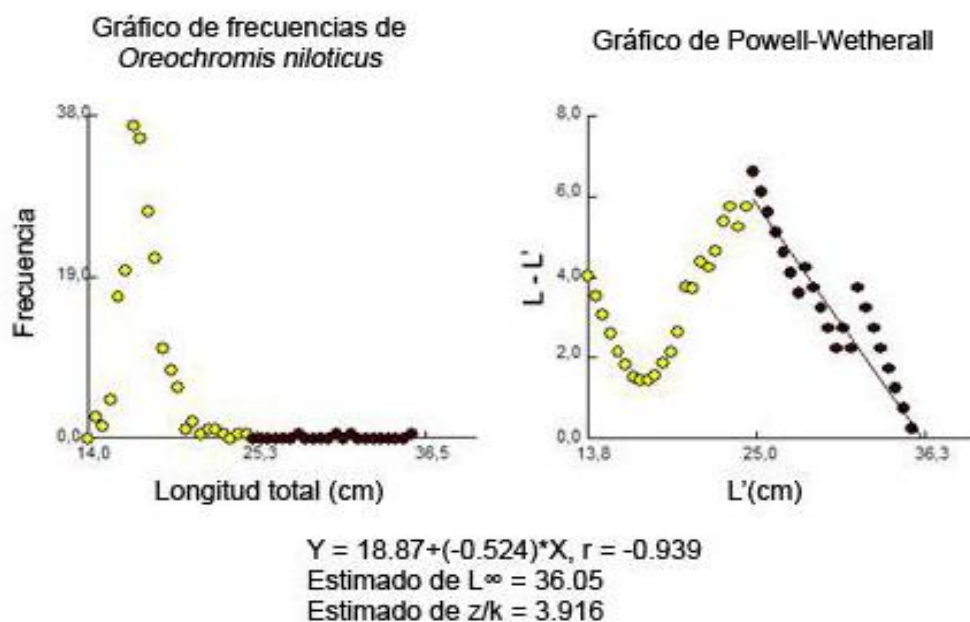


Figura 21. Estimación de L_{∞} por el método de Powell-Wetherall para la población de *Oreochromis niloticus*.

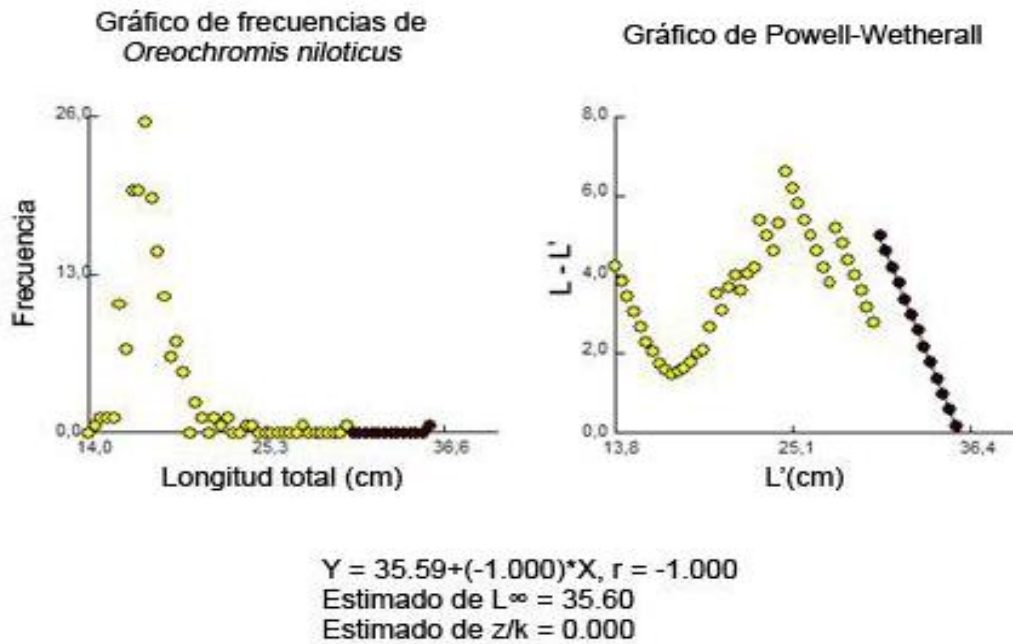


Figura 22. Estimación de L_{∞} por el método de Powell-Wetherall para machos de *Oreochromis niloticus*.

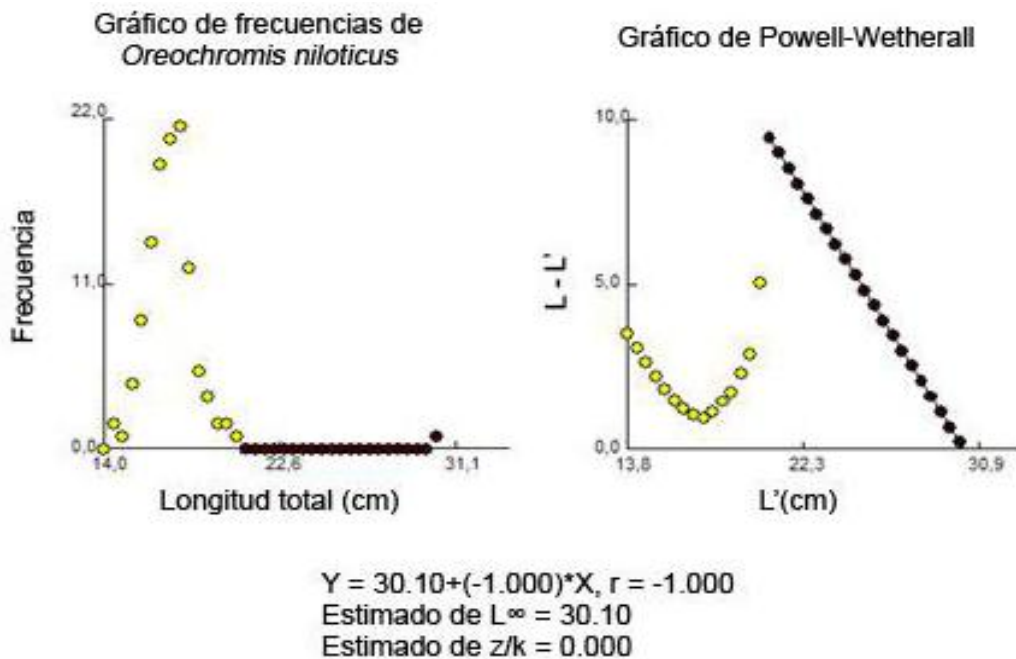


Figura 23. Estimación de L_{∞} por el método de Powell-Wetherall para hembras de *Oreochromis niloticus*.

Crecimiento en longitud y peso

Los valores promedio por edad que se obtuvieron por el retrocálculo, se emplearon para calcular las constantes para la ecuación de von Bertalanffy en longitud y peso para la población total, machos y hembras (Tabla 15).

Tabla 15. Valores de las constantes del modelo de crecimiento de von Bertalanffy para *Oreochromis niloticus*

Constantes von Bertalanffy				
	L_{∞}	P_{∞}	K	t_0
Población total	37.44	794.73	0.1324	-0.4528
Machos	25.27	267.22	0.2595	-0.1642
Hembras	18.52	110.79	0.4262	0.0292

Al obtenerse las constantes se procedió a elaborar las curvas de crecimiento usando el modelo de von Bertalanffy expresado en longitud así como en peso. Para el caso de la longitud, se observó que los machos y hembras crecen de manera similar en proporción durante el primer año, posteriormente los machos llegan a crecer de una manera continua a partir del segundo año; en cambio las hembras por la tasa de anabolismo reducen su desarrollo pasando el año y medio (Fig. 24)

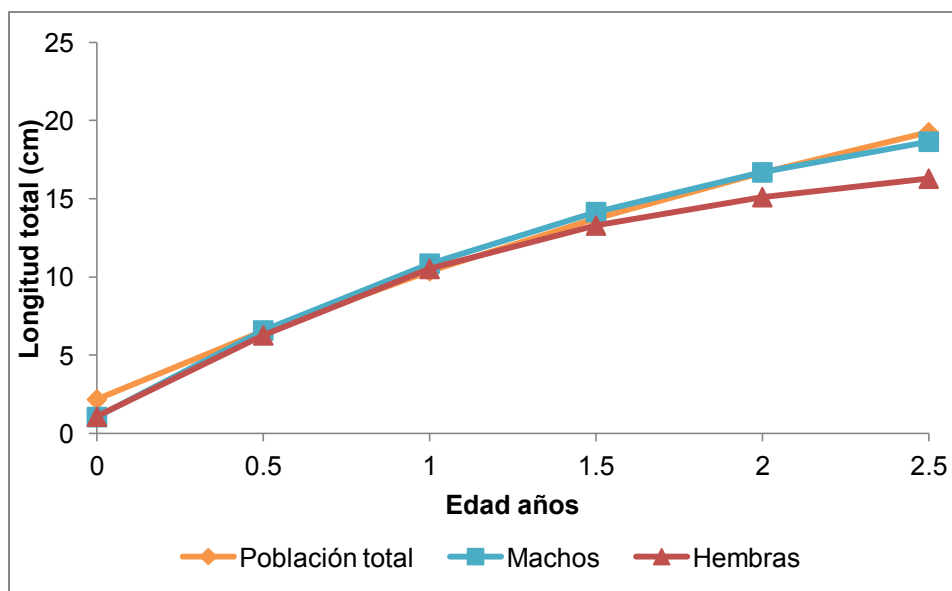


Figura 24. Curvas de crecimiento en longitud estimadas para la población total, machos y hembras de *Oreochromis niloticus* por medio de otolitos.

En el caso del peso (Fig. 25), se estimó el valor de peso asintótico a partir de la relación peso-longitud y posteriormente con los valores de las constantes obtenidas por medio de la lectura de los anillos en otolitos de la población total, machos y hembras, se obtuvo la ecuación que representa el crecimiento de los organismos en biomasa corporal; en los cuales ambos sexos aumentan en peso durante el primer año de manera similar y que posteriormente los machos son quienes tienden a crecer más en masa de manera constante a diferencia de las hembras que llegan a alcanzar su máximo peso al segundo año.

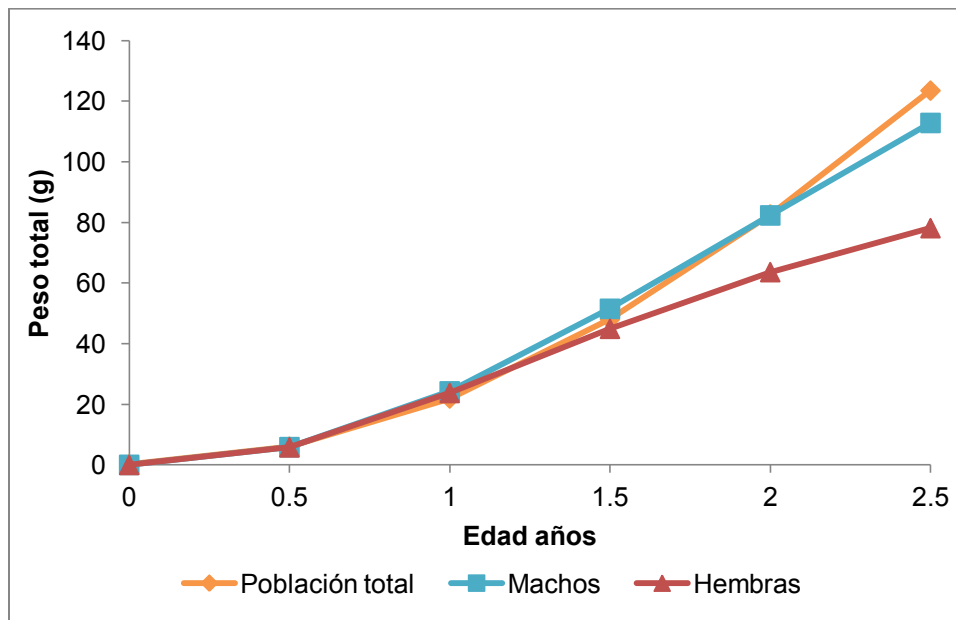


Figura 25. Curvas de crecimiento en peso estimadas para la población total, machos y hembras de *O. niloticus*

Se empleó la prueba de T^2 de Hotelling para comparar las constantes del modelo de crecimiento de von Bertalanffy de los machos y las hembras; de esta manera para verificar si hubo diferencias entre los sexos. Se probaron de manera simultánea los valores paramétricos considerando las covarianzas entre los parámetros con un 95% de nivel de confianza (Tabla 16). Con base al resultado de esta prueba, se indica que existe una diferencia significativa entre la longitud asintótica para hembras y machos, ya que los machos llegan a ser más grandes que las hembras.

“Edad y crecimiento de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) en un bordo del estado de Morelos”



Tabla 16. Prueba multivariada para la comparación de los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy al 95% de confianza.

Matriz S			Matriz S inversa		
2.7579814	-.11321056	-.20746769	1.3491267	23.5553746	.261000617
	.00635574	.01158473		1144.27335	-311.27035
		.02688698			173.323014

$$| \quad 6.2490 \quad -0.1578 \quad -0.2104 \quad | \quad = [P1 - P2]'$$

$$T^2 = \quad 52.6011 \quad T^2_{0.05: 3,6} = \quad 19.0283 \quad F_{0.05: 3,6} = \quad 4.7571$$

Intervalo de confianza 95 %	Valor crítico de F
1.6673 <= L_inf1 - L_inf2 <= 10.8307	8.8494
-0.3777 <= K1 - K2 <= 0.0622	2.4475
-0.6628 <= t_o1 - t_o2 <= 0.2420	1.0293

=====



Aplicación no lineal de von Bertalanffy

Utilizándose el programa computacional Stata para la aplicación de la función en crecimiento de von Bertalanffy por medio de los valores obtenidos en la población total así como en machos y hembras de *Oreochromis niloticus* (Tablas 17, 18 y 19), se obtuvieron resultados similares a los obtenidos mediante el método directo en la lectura de otolitos a diferencia de los métodos indirectos donde se analiza la distribución de frecuencia de tallas.

Tabla 17. Función no lineal de crecimiento de von Bertalanffy para la población total de *Oreochromis niloticus*

Fuente	SC	gl	MS	Número de obs = 5		
Modelo	988.401825	3	329.467275	F(3, 2) =	966.15	
Residual	.682019045	2	.341009522	Prob > F =	0.0010	
				R-Cuadrada =	0.9993	
				R-Cuadrada Aj =	0.9983	
				Raíz MSE =	.5839602	
				Res. dev. =	4.228707	

	Coefficiente	Error estándar	t	P> t	Intervalo confianza 95%	

L^{∞}	37.03964	17.46162	2.12	0.168	-38.09167	112.1709
K	.1344681	.0996069	1.35	0.310	-.294106	.5630422
b2	-.4496306	.4271505	-1.05	0.403	-2.287511	1.388249

Tabla 18. Función no lineal de crecimiento de von Bertalanffy para machos de *Oreochromis niloticus*

Fuente	SC	gl	MS	Número de obs = 5		
Modelo	988.740183	3	329.580061	F(3, 2) =	5929.27	
Residual	.111170492	2	.055585246	Prob > F =	0.0002	
				R-Cuadrada =	0.9999	
				R-Cuadrada Aj =	0.9997	
				Raíz MSE =	.2357652	
				Res. dev. =	-4.841256	

	Coefficiente	Error estándar	t	P> t	Intervalo confianza 95%	

L^{∞}	24.88446	1.826703	13.62	0.005	17.02479	32.74413
K	.2688001	.0436969	6.15	0.025	.0807876	.4568125
t_0	-.1387864	.1229936	-1.13	0.376	-.6679852	.3904125

Tabla 19. Función no lineal de crecimiento de von Bertalanffy para hembras de *Oreochromis niloticus*

Fuente	SC	gl	MS	Número de obs	=	5
Modelo	820.021055	3	273.340352	F(3, 2)	=	1370.25
Residual	.398965498	2	.199482749	Prob > F	=	0.0007
Total	820.420021	5	164.084004	R-Cuadrada	=	0.9995
				R-Cuadrada aj	=	0.9988
				Raíz MSE	=	.4466349
				Res. dev.	=	1.547794

	Coefficiente	Error estándar	t	P> t	Intervalo confianza 95%	
L_{∞}	18.63544	1.476184	12.62	0.006	12.28394	24.98695
K	.4265622	.1039329	4.10	0.055	-.0206251	.8737496
t_0	.0716401	.1965872	0.36	0.750	-.7742064	.9174865

Por lo tanto ya sea empleando los métodos directos o indirectos, va a haber una diferencia en cuanto a los dos métodos. Esto se debe a que empleando los métodos directos al utilizarse el retrocálculo para las estimaciones de las tallas retrocalculadas son más parecidos a diferencia de los indirectos los cuáles se basan en la distribución de las frecuencias de tallas. De esta manera se puede interpretar que el uso de tallas más chicas o grandes puede influir en las longitudes asintóticas de los métodos indirectos (Tabla 20) como se aprecia en dicha tabla, donde los datos de los organismos más grandes fueron considerados en el análisis de Powell-Wetherall y por lo tanto, el que la longitud máxima haya sido mayor por medio de este método.

Tabla 20. Resumen de los valores obtenidos de L_{∞} por métodos directos e indirectos

	Von Bertalanffy	Stata	Powell-Wheterall
Población total	37.44	37.03	36.05
Machos	25.27	24.88	35.6
Hembras	18.52	18.63	30.1

Índice de desempeño

Para describir el rendimiento de crecimiento total en la población de *Oreochromis niloticus* se aplicó el índice de desempeño Φ y Φ' , para peso y talla respectivamente; ya que expresa de mejor manera el crecimiento de los peces. Fue calculado con base a los parámetros de crecimiento de von Bertalanffy L_{∞} , P_{∞} y K , datos que fueron obtenidos del presente estudio. Se encontró que Φ fue de 1.05 y Φ' corresponde a 2.26.

Se comparó estos valores con otros estudios realizados para *Oreochromis niloticus* en otras regiones, donde se estimó la Φ y Φ' para aquéllos que no reportaran el índice de performance y así hacer una comparación que a continuación se presenta en la tabla 21.

Tabla 21. Longitud asintótica (L_{∞}), Peso asintótico (P_{∞}), coeficiente de crecimiento (k), índice de desempeño para peso (Φ) y longitud (Φ') de *Oreochromis niloticus*.

Referencias	Lagos/Reservorios, País	L_{∞} cm	P_{∞} g	K	Φ	Φ'
Este estudio	Bordo Amate Amarillo, México	37.44	794.73	0.1324	1.05	2.26
Bwanika <i>et al.</i> , 2007	Lagos Nabugabo y Wamala, Uganda	46.35		0.45		2.98
Costa-Novaes y Carvalho, 2012	Barra Bonita, Brasil	33.6		0.63		2.85
Dache, 1994	Lago Victoria, Kenia	61.3		0.35		3.11
Getabu, 1992	Lago Victoria, Kenia	64.6		0.25		3.01
Gómez-Márquez, 1998	Lago Coatetelco, México	29.19		0.07		1.77
Gómez-Márquez <i>et al.</i> , 2008	Lago Coatetelco, México	17.88	149.21	0.3409	0.98	2.03
Grammer <i>et al.</i> , 2012	Misisipi, EEUU	16.57		0.671		2.26
Manriquez, 2005	Lago Coatetelco, México	20.19	105.48	0.6081	1.13	2.39
Montcho <i>et al.</i> , 2008	Lago Toho, Benin	42.3		0.29		2.71

“Edad y crecimiento de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) en un bordo del estado de Morelos”



Morales, 2006	Presa Emiliano Zapata, México	27.67	305.56	0.2788	1.1	2.32
Njiru <i>et al.</i> , 2012	Lago Victoria, Kenia	58.78		0.59		3.3
Orozco, 2013	Bordo La Palapa, México	33.59	497.1	0.136	0.93	2.18
Pérez y Patlani, 2002	Presa Emiliano Zapata, México	27.04		0.1208		1.94
Shalloof y El-Far, 2009	Lagos Abu-Zaabal, Egipto	34.59	320.62	0.1336	0.79	2.2
Tovar, 2005	Presa Emiliano Zapata, México	23.07	200.2	0.64	1.34	2.53

El valor obtenido para este estudio se registra dentro de los valores obtenidos para otros trabajos con la misma especie, pero principalmente para México, ya que los valores de ϕ' correspondientes a estudios fuera de del país, son más altos debido a que los datos de longitud asintótica son más grandes que los que se han obtenido para la especie en México.

Parámetros Físicos y Químicos

Durante el tiempo que duró el estudio se registraron los parámetros del bordo Amate Amarillo y de esta manera conocer las condiciones en las que *Oreochromis niloticus* es afectado o beneficiado en su desarrollo.

Todos las muestras de agua fueron tomadas en la superficie del embalse (0.30 cm) y a 1 metro de profundidad, tomándose en dos estaciones distintas las muestras.

La temperatura ambiental osciló entre los 25.5 a 30 °C; las temperaturas mínimas se registraron durante noviembre de 2013 y febrero de 2014 con 20.5 °C, mientras que la temperatura máxima detectada fue de 30 °C en abril de 2013. Para la temperatura del sistema se registraron los valores de junio como el máximo con 26.57 °C y el mínimo correspondiente para noviembre con 20.5 °C (Fig. 26).

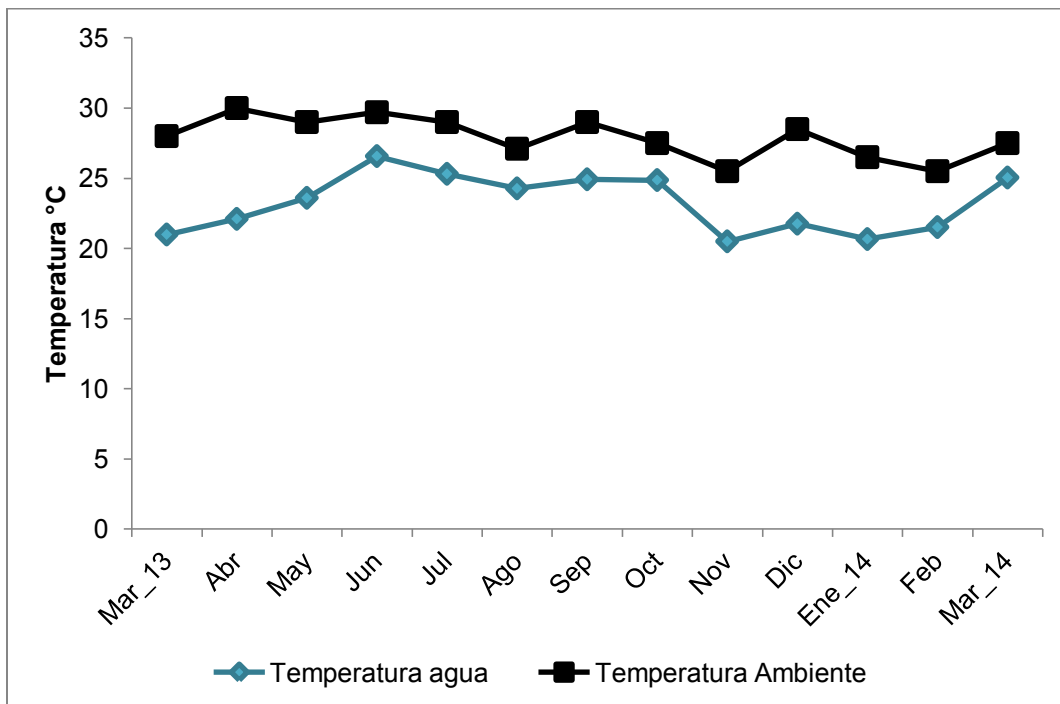


Figura 26. Comportamiento de la temperatura ambiental y del agua en el bordo Amate Amarillo

“Edad y crecimiento de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) en un bordo del estado de Morelos”



Por lo tanto la temperatura del agua se vio influenciada por las condiciones ambientales, así cuando la temperatura ambiental aumentaba también lo hacía la temperatura del agua, registrándose una temporada calida durante el período marzo-septiembre y el otro frío entre octubre y febrero

La profundidad máxima registrada fue de 3.37 m en el mes de marzo de 2014 y la mínima en abril con 1.27 m. En cuanto a los datos obtenidos para la transparencia del disco de Secchi, se encontró 0.28 m para julio como valor mínimo y 0.5 m para noviembre. (Fig. 27)

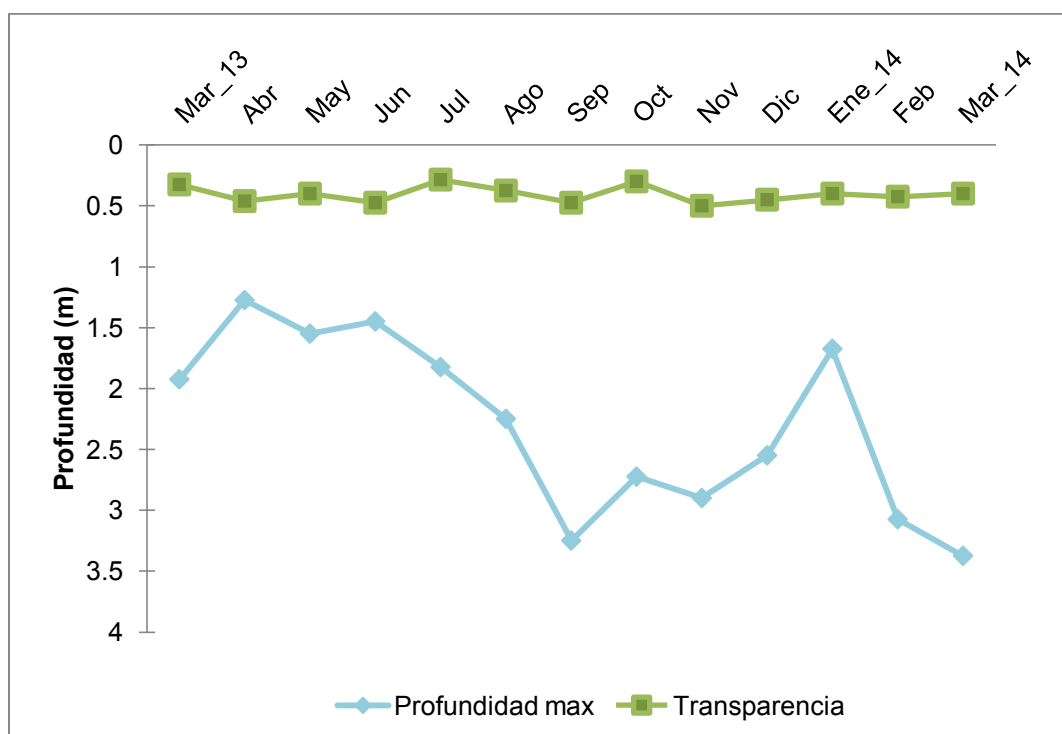


Figura 27. Comportamiento de la profundidad máxima y transparencia en el bordo Amate Amarillo

Los valores registrados para la dureza total fue de 935.23 mg CaCO₃/L para el mes de marzo de 2014 y el valor mínimo 507.38 mg CaCO₃/L correspondiente al mes de agosto de 2013.

El sistema al contar con una alcalinidad alta durante la mayor parte del año hace que sea propicio para tener una buena productividad; esto se relaciona a que el valor máximo registrado fuera de 326.25 mg CaCO₃/L para el mes de mayo y el mínimo de 76.25 mg CaCO₃/L correspondiente al mes de junio. (Fig. 28)

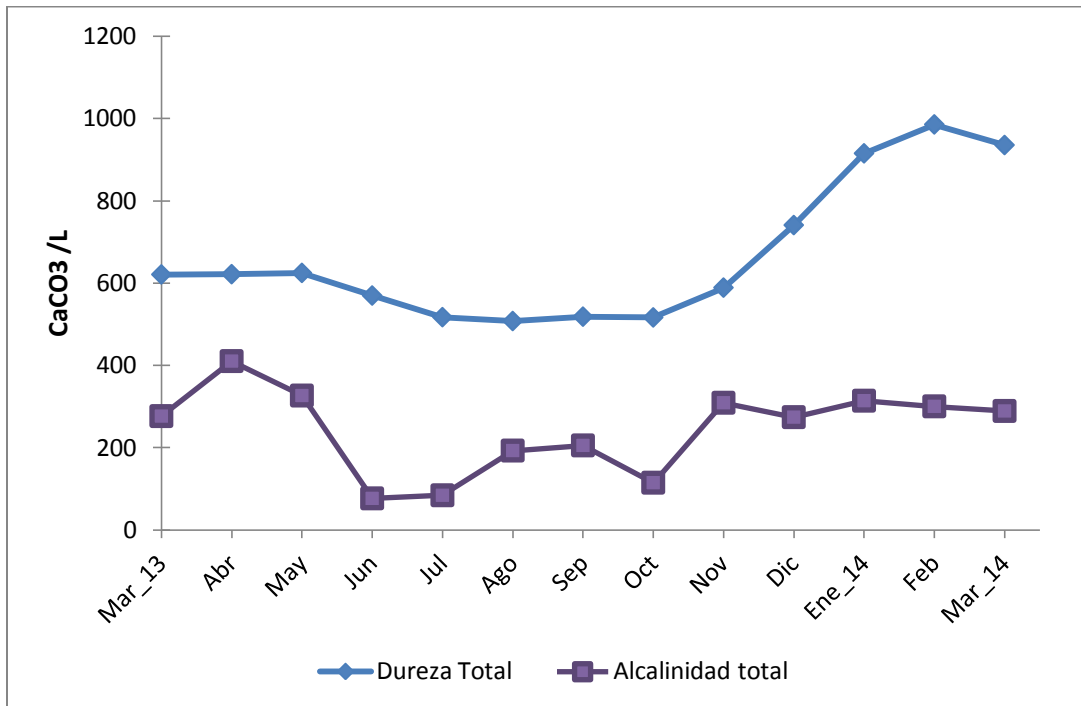


Figura 28. Comportamiento de dureza total y alcalinidad en el bordo Amate Amarillo

Para el caso de los sólidos disueltos totales como la conductividad muestran una relación directa, ya que el valor máximo de conductividad se encontró en septiembre con 1562 μ S/cm y el valor mínimo con 1065.25 μ S/cm para julio; mientras que para los sólidos disueltos hubo una mayor concentración para el mes de septiembre con una cantidad de 796.75 ppm y una menor para el mes de julio con 560.25 ppm (Fig. 29).

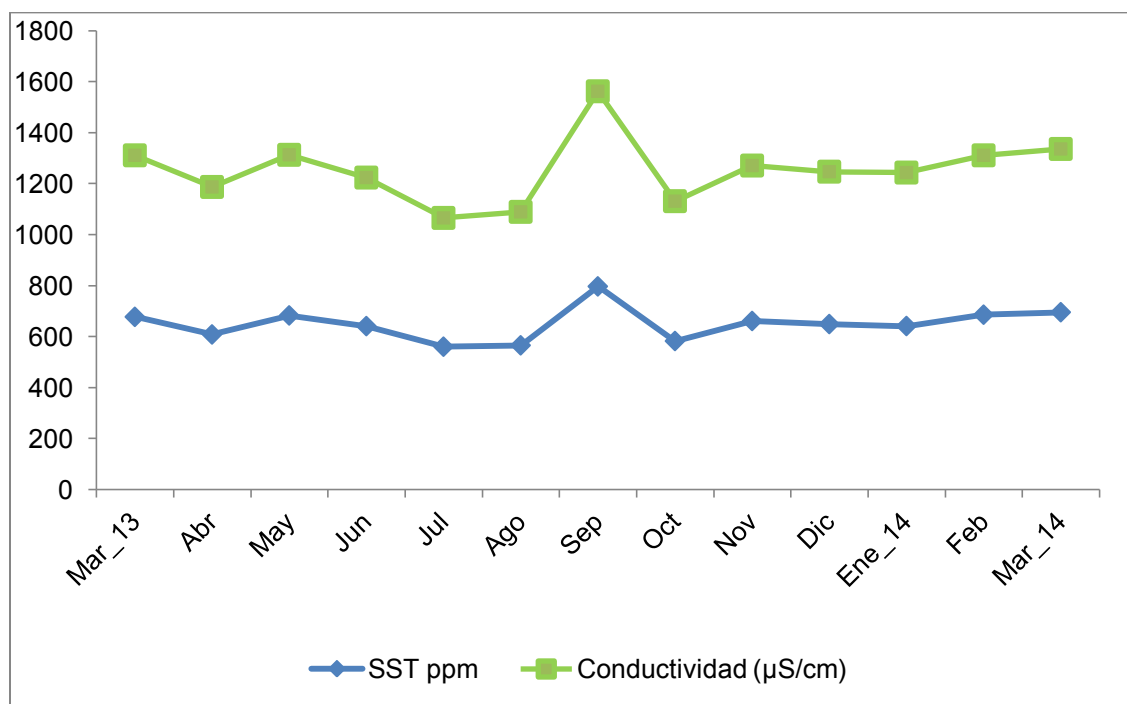


Figura 29. Comportamiento de los sólidos disueltos y la conductividad en el bordo Amate Amarillo

Los valores de oxígeno disuelto (O.D.) en el bordo Amate Amarillo alcanzaron su valor máximo en el mes de julio con 12.88 mg/L y el mínimo en septiembre con 5.48 mg/L, estos valores tienden a aumentar durante la época de lluvias y a disminuir durante la época de secas.

De la misma manera estos valores de oxígeno tendían a bajar cuando aumentaba la temperatura; además, existe la posibilidad de que otros factores tales como el volumen de agua del sistema que pudiera afectar la disponibilidad del O.D. Para el pH, este fue constante durante todo el estudio tendiendo a ser ligeramente alcalina el agua con valores de 7.43 a 8.43 unidades para agosto y marzo de 2013 respectivamente (Fig. 30).

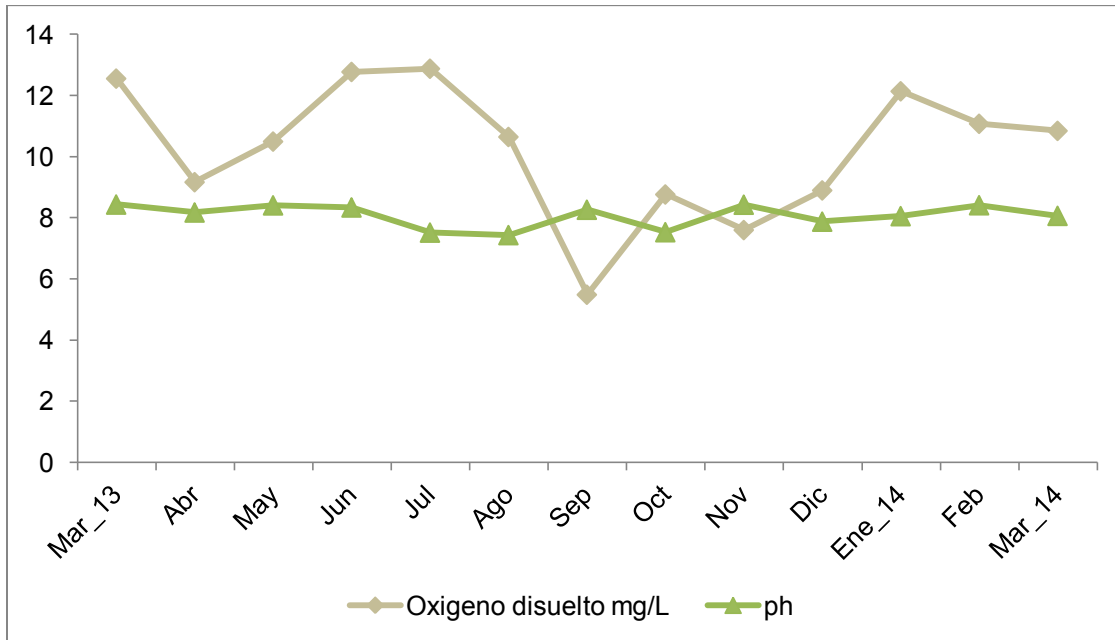


Figura 30. Comportamiento del oxígeno disuelto y la temperatura en el bordo Amate Amarillo

Los valores de amonio oscilaron desde 0.028 mg NH₄/L para diciembre como valor mínimo y el más alto para abril con 0.286 mg NH₄/L para abril (Fig. 31) cuyos valores no afectan el crecimiento de la especie y tampoco en su supervivencia.

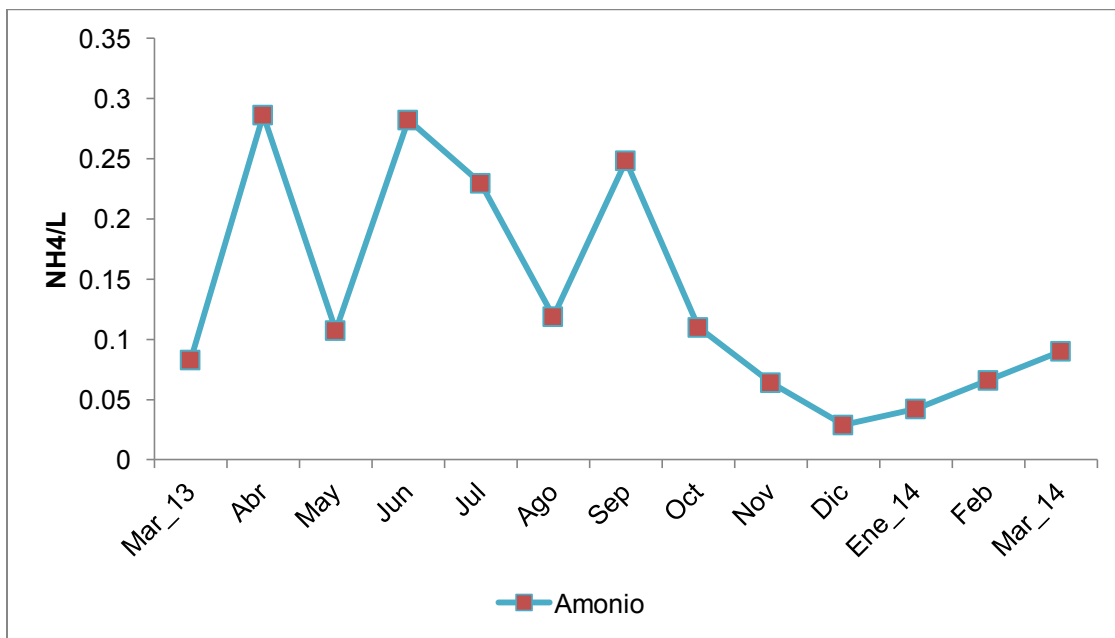


Figura 31. Valores de amonio en el bordo Amate Amarillo

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Distribución de tallas

De los 394 organismos que se recolectaron por medio de la captura comercial, la longitud total máxima obtenida fue de 35.3 cm, que correspondió a una macho en la población total de *Oreochromis niloticus*. Resultados similares han sido reportados por Alcalá y Alvarado (2014) para el bordo “Amate Amarillo” obteniendo una talla máxima de 30.6 cm y Orozco (2013) para el bordo “La Palapa” reportó un valor máximo de 33.2 cm; esto se señala ya que estos organismos reportados se registraron una sola vez con esas características considerándose casos extraordinarios. Sin embargo, la moda que se registró para ambos sexos fue de 17 cm, lo cual se manifiesta por la luz de malla utilizada para la captura.

Por otra parte el intervalo registrado es menor a los 24.4 cm para los organismos que predominaron en tallas durante el muestreo, en otros estudios tales como el de Manríquez (2005) indicando un valor máximo de 23.2 cm en el lago de Coatetelco, Peña-Mendoza *et al.* (2005) para la presa Emiliano Zapata señalan 25.5 cm de longitud máxima y Aguilar (2011) reporta una talla máxima de 26.1 cm para el bordo “Amate Amarillo. De esta manera se puede considerar que las tallas de los organismos capturados están dentro del intervalo de tallas registradas por otros autores, además de que se emplearon los mismos métodos de arte de pesca (atarraya de 6.5 cm) usado en la mayor parte de los cuerpos de agua del estado de Morelos. Así mismo, los machos presentaron un mayor tamaño tanto en peso así como en longitud a comparación de las hembras

El sexo predominante durante las primeras capturas fueron las hembras siendo los machos los que tuvieron una mayor representación en el estudio. Así mismo, los machos presentaron un mayor tamaño tanto en peso así como en longitud a comparación de las hembras (U Mann-Whitney=0.00, $p < 0.05$)

Dicha información coincide con Manríquez (2005) para el lago Coatetelco, Morelos; Beltrán-Álvarez *et al.*, (2010) para la presa Sanalona, Sinaloa y Sánchez (2000) para la presa Huites, Sinaloa; quienes estadísticamente encontraron diferencias significativas en tamaño entre machos y hembras. Contrario a lo reportado en este estudio, Jiménez-



Badillo (2006) para *Oreochromis aureus* en la presa Infiernillo, Michoacán-Guerrero; Garduño y Avelar (1996), Gómez-Márquez *et al.* (2008) y Orozco (2013) para otros cuerpos acuáticos en Morelos; indican que no hay diferencias significativas entre los sexos.

En las poblaciones de tilapias los machos son los que llegan a crecer más rápido y en mayor proporción que las hembras, esto se puede deber a factores biológicos, ecológicos o ambientales que puedan causarle algún efecto en su fisiología. Chakraborty y Banerje (2010) establecen que los machos llegan a tener un crecimiento mayor que al de las hembras, debido a que utilizan la energía extraída del alimento en su crecimiento somático, mientras que las hembras una vez que alcanzan su máximo crecimiento, la energía la utilizan en la producción de gametos para el desove.

Así mismo *Oreochromis niloticus* tiene una preferencias a las aguas cálidas y su resistencia a adaptarse a distintos medios hace que se impongan en esta especie efectos no adecuados para su crecimiento, lo cual se ve influenciado en su peso así como en la producción. De esta manera la temperatura juega un papel importante en cuanto a su desarrollo y crecimiento ya que debe estar en un rango mayor a los 20 °C para que pueda llevar a cabo su reproducción, ya que es conocido que por debajo de esta temperatura la especie altera su actividad, a los 16 °C no se desarrolla y deja de alimentarse (Chervinski, 1982; Norzagaray *et al.*, 2012); sin embargo Sifa *et al.* (2002) señalan que la selección para la tolerancia de *O. niloticus* es posible en temperaturas bajas.

Proporción sexual

El sexo que se obtuvo en mayor proporción durante las primeras capturas fue el de las hembras, pero conforme avanzó el muestreo fueron los machos tuvieron una mayor representación en el estudio a diferencia de las hembras que fueron disminuyendo, siendo de junio a diciembre los meses donde dominaron los machos; en cambio para las hembras únicamente en marzo, abril de 2013 y enero de 2013, mostraron más dominancia.

El número de machos se consideró notable en las capturas a diferencia de las pocas hembras que se obtuvieron, ya que estas al desovar en los nidos, los machos los fertilizan y después de eso las hembras los toman en el hocico y se retiran a zonas profundas o protegidas y menos accesibles para las redes; mientras que los machos al quedarse en

los nidos y estos al encontrarse en las zonas someras es más fácil de capturarlos. Así mismo en el mes de marzo de 2013 la proporción fue de 2:1 lo que posiblemente se deba a que las hembras se encontraban en las zonas someras del cuerpo acuático por las temperaturas registradas. Gómez-Márquez *et al.* (2008) señalan que la proporción sexual llega a ser diferente en cada una de las muestras y ese comportamiento es favorable a la pesquería, porque puede servir como mecanismo regulatorio.

En los meses de abril-mayo de 2013 y enero de 2014 se cumplió con la proporción sexual propuesta por Nikolsky (1963) 1:1, aunque considera que esta proporción varía de especie en especie pero que en la mayoría de los casos es cercano de uno a uno y que puede variar en población año por año. Autores como Komolafe y Orowomo (1999), Ojuok (1999) y Gómez-Márquez *et al.* (2008) mencionan que esta especie cumple con esta relación; Bakhoum (2002), Gómez-Márquez *et al.* (2003), Peña-Mendoza *et al.* (2005), Njiru *et al.* (2006), Komolafe y Orowomo (2007) mencionan que esta especie cumple con esta relación.

Los resultados obtenidos en el Amate Amarillo a favor de los machos, son similares a los registrados por Saito (2004) y Tovar (2005) para la Presa Emiliano Zapata, García (2006) en el lago de Coatetelco y Alcalá y Alvarado (2014) en el bordo Amate Amarillo para *Oreochromis niloticus*.

Diversos autores como Fitzpatrick *et al.* (1994), Peña y Domínguez (1999), Devlin y Nagahama (2002), Vidal-López *et al.* (2008) y Salame-Méndez *et al.* (2008) mencionan que existen una gran variedad de factores que pueden definir la proporción sexual. Entre ellos se encuentran las condiciones ambientales tales como la temperatura, pH, fotoperiodo; o biológicos como factores genéticos que puedan influir en la proporción sexual de la población. Devlin y Nagahama (2002) señalan que los factores fisiológicos, ambientales y genéticos pueden influenciar el comportamiento de diferenciación sexual en las rutas metabólicas por lo que se induce a una mayor proporción en machos o hembras.

Así mismo, Baroiller *et al.* (2009) indican que la tilapia muestra patrones de termosensibilidad bajo condiciones controladas como también la hipoxia puede llegar a influenciar la proporción sexual. Maya-Peña y Marañón-Herrera (2001) destacan que en los peces, las temperaturas frías favorecen la producción de hembras; también Tessema *et al.* (2006) mencionan que es posible obtener un mayor porcentaje de machos con



tratamientos a altas temperaturas, sin embargo Azaza *et al.* (2008) señalan que la masculinización con altas temperaturas puede disminuir la tasa de supervivencia en *Oreochromis niloticus*. Con base en la información anterior es de esperarse que al aumentar la temperatura en el sistema haya una mayor proporción de machos que de hembras.

Sin embargo, también es posible que se haya encontrado mayor número de machos debido a factores de explotación pesquero como son la luz de malla del arte de pesca y la zona de pesca que empleó el pescador. Al pescar en la zona litoral del bordo, es posible que las hembras se encontraran en la zona limnética formando nidos; por lo que los machos al encontrar mayor disponibilidad de alimento en la zona litoral o al construir sus nidos en esta área, hacen que sean más fáciles de capturar por los pescadores. Desde el punto de vista manejo del recurso, es mejor tener más machos que hembras en las capturas, porque estos tienen mayor biomasa corporal, además de que al tener más hembras en el cuerpo de agua, se puede asegurar un mayor reclutamiento hacia la población y esto beneficia a los pescadores.

Relación peso total-longitud total

Cuando se aplicó la prueba de análisis de covarianza entre machos y hembras, se pudo encontrar que habían diferencias significativas; sin embargo, los machos de tilapia al caracterizarse por presentar un crecimiento superior al de las hembras (Toguyeni *et al.*, 1996) pueden presentar diferencias que se deban al proceso de maduración sexual (Bwanika *et al.*, 2007). De esta manera se utilizaron los datos de la población total para tener una homogeneidad al momento de realizar los análisis estadísticos así como los datos de machos y hembras para verificar si tenían un comportamiento distinto o similar.

La relación peso total-longitud total obtenida para la población total, machos y hembras resultó ser un modelo de tipo potencial. Al aplicarse la prueba t-Student se encontró que presentaban un tipo de crecimiento alométrico negativo, puede considerarse que los machos tienden a tener un crecimiento a la isometría; esto quiere decir que a diferencia de las hembras llegan a crecer en proporción igual en peso y longitud, aunque esto puede diferir conforme las variables biológicas, ecológicas o ambientales, además de que en el sistema acuático, la tilapia no tiene un competidor o depredador que influya en el desarrollo de los mismos.

Existen diversos estudios con tilapia los cuales se han obtenido resultados similares al presentado aquí como son los registrados por Manríquez (2005), Tovar (2005), Aguilar (2011) y Orozco (2013) para sistemas acuáticos lénticos del estado de Morelos; así también como los reportados por Fonticiella (2000) en Cuba, Shalloof y El-Far (2009) en Egipto, Omitoyin y Eriegha (2013) en Nigeria y Karal Marx *et al.* (2014) en India, quienes reportan un crecimiento alométrico negativo para *Oreochromis niloticus*.

Otros autores han reportado crecimiento alométrico positivo como Beltrán-Álvarez *et al.* (2010) encontrando que el valor de pendiente fue diferente a 3 de manera significativa en la Presa Sanalona, Sinaloa, así también Montcho y Laleye (2008) en el Lago Toho, Benin. Con condiciones controladas fueron reportados por Olurin y Aderibigde (2006) en Nigeria, Laghari *et al.* (2011) en Pakistán y Kosai *et al.* (2014) en Tailandia, quienes mencionan que este tipo de crecimiento es indicado para poblaciones que tienden a crecer más en peso que en talla, al tener todas las condiciones adecuadas para crecer.

Para la tilapia inclusive se ha reportado crecimiento de tipo isométrico donde hay una relación directa entre el peso y la talla de los organismos, tal crecimiento ha sido señalado por Granados (2006) para un híbrido de *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus* en la presa Zimapan, Hidalgo; Teferi y Admassu (2002) para el lago Chamo, Etiopía y Saito (2005) en la presa Emiliano Zapata, Morelos con *Oreochromis niloticus*.

Lowe-McConnell (1987) destaca que factores como la actividad pesquera, diferencias en el hábitat, hábitos alimenticios y rangos de crecimiento estacional pueden contribuir a las diferencias en crecimiento en peces. Otros factores como la cantidad y calidad del alimento disponible en la comunidad, nivel trófico, número de organismos examinados, temperatura y sexo, también son importantes (Isa *et al.* 2010).

Hile (1936) y Martin (1949) señalan que el valor de coeficiente de regresión “b” usualmente se encuentra entre 2.5 a 4, y para peces el adecuado es 3; sin embargo Pauly y Gayanilo (2005) lo indican entre 2.5 y 3.5. Con dicha información se puede interpretar que el valor obtenido en este estudio está dentro de los rangos reportados para *Oreochromis niloticus*.

Por lo tanto, los estudios de la relación peso total-longitud total de los peces es un pre requisito para el estudio de sus poblaciones (Le Cren, 1951), además que permite



establecer si hay problemas dentro de la población de peces o si están en condiciones que les favorezcan y que les permitan desarrollarse de una manera adecuada (Costa-Novaes y Carvalho, 2012). Si hay presión en las pesquerías, puede originar a que ocurra una degradación a nivel genético dentro de las poblaciones; ya que al capturar a los individuos más largos favorece la supervivencia de los individuos más chicos y de aquéllos que crecen de manera lenta. Estas circunstancias modifican la variabilidad genética de la población por lo que se estarían degradando aquéllos genes que promueven el crecimiento (Conover y Munch, 2002) y por lo tanto, induce un enanismo de la población y menor aceptación en el mercado.

Determinación de la edad por medio de otolitos

Existe una gran importancia en realizar estudios en pesquerías ya que permite conocer el estatus de las poblaciones explotada en cuanto a la función de capacidad de carga, tasa de mortalidad, crecimiento y edad entre otros parámetros. Hablando específicamente de la edad, esta nos permite identificar las cohortes de organismos juveniles y adultos, y así llevar medidas de control de pesca. Bagenal (1978) hablando específicamente de la edad, esta permite identificar las cohortes de organismos juveniles y adultos, y así llevar medidas de control de pesca.

Los peces conforme se van desarrollando, al momento de crecer van creando un registro en las estructuras duras, tales como las escamas, opérculos, vértebras y otolitos entre otros. Esto es debido a las depositaciones de calcio que van ocurriendo dentro de estas estructuras lo cual puede irse acumulando en anillos, a su vez estas marcas registradas pueden verse afectadas por la temperatura, disponibilidad de alimento, fotoperiodo, nivel del agua, actividad reproductiva, salinidad así como otros parámetros físico-químicos (Garrod, 1959; Mayle, 1982; Zhang y Runham, 1992c; Peña-Mendoza *et al.*, 2005; Jiménez-Badillo, 2006; Beltrán-Álvarez *et al.*, 2010; Omitoyin *et al* 2013).

Al emplearse el análisis de covarianza entre la talla del pez y el radio total del otolito se observó que no existen diferencias estadísticas entre los sexos, aun conociendo esta información se decidió trabajar por separado cada sexo debido a las diferencias en talla.

Para la regresión lineal entre las variables anteriormente mencionadas, se registró una tendencia lineal con valores bajos en cuanto al coeficiente de determinación. Cuando se analizó la regresión y al haber relación directamente 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 el intercepto fue diferente a cero, es decir, el otolito se desarrolló después de que los peces alcanzaron determinada talla. Se utilizó el valor del intercepto que se obtuvo por medio de la regresión para una mejor estimación de la edad aplicando el método de Fraser-Lee.

La cantidad máxima de anillos obtenidos para la población de *Oreochromis niloticus* en este estudio fue de 5 anillos estimándose una edad de 2.5 años. Esto se debe que cada clase encontrada correspondía a 6 meses coincidiendo con los resultados obtenidos por Gómez-Márquez (1998) señalando dos períodos de formación de anillo para esta misma especie en la Laguna de Coatetelco. Así mismo se encontraron clases de edad de 0.5 con dos organismos; las clases de edad más representativas fueron las de 1.5 y 2 años.

Estudios similares que hayan obtenido la misma cantidad de anillos han sido reportados por Garduño y Avelar (1996), Gómez-Márquez (1998) y Gómez-Márquez *et al* (2008) en la laguna de Coatetelco; en cambio Manríquez (2005) en Coatetelco, Tovar (2005) en la Presa Emiliano Zapata, Morelos; así como Shalloof y El-Far (2009) en los lagos Abu-Zaabal, Egipto encontraron 4 anillos de crecimiento.

Omitoyin *et al.* (2013) señalan haber encontrado dos clases de edad representadas por ejemplares juveniles de *O. niloticus* para el Lago Ona, Nigeria, esto reflejaba el impacto que la pesca ha tenido en esa zona afectando a la población total. Por otra parte, Bwanika *et al.* (2007) señalan haber encontrado organismos con clases de edad de hasta 8 y 6 años en los lagos de Nabugabo y Wamala respectivamente; estas diferencias en tamaño se debían al tipo de alimentación que tenía *O. niloticus* en cada lago ya que las de 8 años eran omnívoras y las de 6 fitoplanctívoras.

Cabe destacar que para la formación de anillos opacos y translúcidos en estos organismos de origen tropical, puedan existir factores de crecimiento somáticos que favorecen más a las zonas opacas (Admassu y Casselman, 2000). Algunas hipótesis probables señalan que los cambios estacionales en la temperatura, la variación anual en la calidad del alimento y la fluctuación en los organismos en cuanto a su condición asociada con el desove, permiten la depositación de las marcas de crecimiento (Yosef y Casselman, 1995; Booth *et al.*, 1995).



Para poder validar las marcas de crecimiento en los otolitos se aplicó el índice de crecimiento marginal, el cual en este estudio nos indica que la depositación de un anillo se lleva a cabo en el mes de abril y el segundo en el mes de noviembre coincidiendo con lo reportado por Gómez-Márquez (1998) para *O. niloticus* con la depositación de los anillos en la época de lluvias y secas.

Bwanika *et al.* (2007) reporta haber obtenido resultados similares para los meses de depositación entre abril y junio y los meses de septiembre a diciembre, atribuyéndolos a las épocas de lluvias en el año en Uganda; por otra parte Gómez-Márquez *et al.* (2008) lo atribuyen a los eventos reproductivos como también a las bajas temperaturas que prevalecen en el lago de Coatetelco durante la época de noviembre a enero.

Cabe mencionar, que la mayoría de los estudios establecen que los meses en los que hay una formación de anillos corresponden a Diciembre-Enero y en Junio-Julio, estos resultados han sido reportados por Gómez-Márquez *et al.* (2008) y Orozco (2013) para *O. niloticus* así como Jiménez-Badillo (2006) y Beltrán-Álvarez *et al.* (2010) para *O. aureus*. Estas diferencias en cuanto a los meses se pueden deber a las condiciones limnológicas en cada sistema donde han sido elaborados estos estudios, pudiendo haber diferencias en cuanto a la temperatura del agua durante esos meses. Grammer *et al.* (2012) muestran evidencia en la que *Oreochromis niloticus* presenta un annuli por año en condiciones silvestres en Misisipi, E.U.A., donde se han logrado adaptar a la temperaturas templadas que prevalecen en esas zonas alcanzado inclusive hasta 4 años de edad.

De esta manera se asume que durante el período de un año hay una formación de biannuli, el cual se ha encontrado en las poblaciones nativas de esta especie en África durante el tiempo en el que ocurre la eclosión y la formación del primer annulus (Yosef y Casselman, 1995; Bwanika *et al.*, 2007). También se puede interpretar que cada anillo encontrado corresponde a una edad de 6 meses y que al formarse en el mes de abril, se lleva a cabo la reproducción. Esta situación puede repercutir en el crecimiento de machos y hembras ya que destinan parte de sus recursos energéticos a la maduración de las gónadas y por lo tanto disminuye la tasa de crecimiento pero no cesa.

Zhang y Runham (1992a) mencionan que suelen ocurrir marcas de crecimiento diarios en los otolitos que suelen aparecer un día después del desove en esta especie, también

Morales-Nin (1995) señala que los otolitos de *Oreochromis niloticus* muestran un desarrollo poco marcado debido a la uniformidad en su estructura cristalina.

Hay que recalcar que los anulli se forman dos veces al año donde los períodos de formación no están claramente definidos para áreas tropicales, por lo que empleando los otolitos da una edad de cada anillo correspondiente a 6 meses. Hay que tomar en cuenta en este tipo de estudios las condiciones ambientales para la determinación de edad debido a las variaciones de las zonas geográficas donde se encuentre *O. niloticus*.

Estimación del crecimiento por el método de von Bertalanffy

El crecimiento de cualquier organismo está acompañado e influenciado por muchos factores tales como eventos endógenos y cambios exógenos en el ambiente. Este crecimiento es usualmente positivo, por lo que generalmente hay un balance energético en el metabolismo; este metabolismo es la suma de procesos anabólicos y catabólicos. De esta manera se asume que el crecimiento de un pez es el resultado de su alimentación, asimilación y de su capacidad de construir tejidos en su cuerpo; o se puede interpretar como el efecto de la adición de material corporal (Nikolsky, 1963; Mayle, 1982; Gómez, 1994; Salgado-Ugarte *et al.* 2005).

Se obtuvo por medio del modelo de von Bertalanffy para los machos una mayor longitud asintótica ($L_{\infty} = 25.27$ cm) a comparación de las hembras ($L_{\infty} = 18.52$ cm), lo mismo sucede en cuanto al peso asintótico siendo menor el de las hembras ($P_{\infty} = 110.79$ g) a diferencia de los machos ($P_{\infty} = 267.22$ g) lo cual se debe a que estas diferencias de tamaño y crecimiento son afectados por el proceso de maduración sexual (Bwanika *et al.*, 2007).

Sin embargo las hembras de tilapia llegan a alcanzar su madurez sexual a partir de pesos de entre 30 y 40 g (Bhujel, 2000). Fülber *et al.* (2009) recalcan que no hay diferencias en el rendimiento de esta especie en cuanto a sus variedades genéticas y Alvarado-Ruiz (2015) señala que los machos muestran un mejor desempeño productivo para peso de cosecha y tasa de crecimiento para condiciones controladas.

En cuanto a la tasa de crecimiento (k) hay diferencias entre machos (0.2595) y hembras (0.4262), lo que indica un crecimiento más rápido en las hembras durante sus primeros

meses de vida esto probablemente se deba por las presiones pesqueras obligándolas a madurar más rápido que los machos.

De esta manera se establece que *O. niloticus* presenta una curva de crecimiento aplanada debido al valor bajo de “ k ” encontrado, por lo que requiere de mucho más tiempo en lograr a alcanzar una talla media de 37.44 cm para poder considerarse viejo. Así mismo al ser mayor la longitud asintótica a la encontrada en este estudio, se cumple lo establecido por Pauly (1984) al mencionar que el valor de L_{∞} debe ser encontrado cerca de los valores máximos observados en los peces capturados.

Valores similares a los obtenidos para la longitud asintótica, fueron reportados por Shalloof y El-Far (2009) quienes mencionan cuatro anillos de crecimiento en escamas para *O. niloticus* en los lagos Abu-Zaabal, Egipto obteniendo las constantes de crecimiento para la población total, las cuales fueron $L_{\infty}=34.59$ cm, $k = 0.1336$ y $t_0=2.09$; a su vez Jiménez (1999) mediante el análisis de opérculos y escamas, estimó las constantes de von Bertalanffy obteniendo una $L_{\infty} = 34.46$ cm; $P_{\infty}= 478.5$ g; $k = 0.46$ y $t_0 = -0.555$.

Beltrán-Álvarez *et al.* (2010) estimó para *O. aureus* una $L_{\infty} = 41.6$ cm; $k = 0.3682$ y $t_0 = -0.4975$, a su vez determinó 11 grupos de edad mediante el uso de escamas. Así mismo Chifamba y Videler (2014) realizaron un estudio donde compararon las capturas de *O. niloticus* en dos períodos distintos realizados en 1997-2000 y el otro en 2003-2005 encontrando para la primera captura una $L_{\infty} = 32.4$ cm; $k = 0.25$ y $t_0 = -2.3$; para la segunda encontraron una $L_{\infty} = 44.6$ cm; $k = 0.29$ y $t_0 = 0.05$.

De esta manera se puede interpretar que las poblaciones van presentando cambios durante períodos posteriores a su pesca, por lo que pueden presentarse valores mayores de longitud asintótica en estudios posteriores que se llegasen a realizar en bordo “Amate Amarillo”.

Se han detectado tallas menores como los reportados por Gómez-Márquez *et al.* (2008) ($L_{\infty} = 17.88$ cm; $k = 0.3409$ y $t_0 = -1.543$); Manríquez (2005) ($L_{\infty} = 20.19$ cm; $k = 0.68$ y $t_0 = -0.42$); Gómez-Ponce *et al.* (2011) ($L_{\infty}=28.11$ cm; $k = 0.33$ y $t_0 = 0.88$) y Gómez-Márquez (1998) ($L_{\infty} = 29.19$ cm y $k = 0.07$), para la misma especie en diferentes cuerpos de agua del estado de Morelos.

También se aplicó por métodos no lineales el análisis de crecimiento con las constantes del modelo de von Bertalanffy mediante Stata y las rutinas de Salgado-Ugarte *et al.* (2005).

Para este método se obtuvieron las constantes de $L_{\infty} = 37.03$ cm; $k = 0.1344$ y $t_0 = -0.4496$ para la población total; $L_{\infty} = 24.88$ cm; $k = 0.2688$ y $t_0 = -0.1387$ para machos y $L_{\infty} = 18.63$ cm; $k = 0.4265$ y $t_0 = 0.0716$ para hembras. Los datos obtenidos por el análisis no lineal al compararse con los obtenidos por métodos directos son similares por lo que se asegura la confiabilidad de estos resultados.

Además para verificar las diferencias entre machos y hembras con base a las constantes obtenidas del modelo de crecimiento de von Bertalanffy, se empleó el estadístico multivariado T^2 de Hotelling con un 95% de confianza (Bernard, 1981; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005).

Esta prueba permite conocer las diferencias entre los valores paramétricos, en este caso las diferencias de crecimiento en dos grupos de peces probándose de manera simultánea considerando las covarianzas entre los parámetros, además se emplea cuando las correlaciones entre los valores de estos parámetros son significativos (Salgado-Ugarte *et al.*, 2005).

Al aplicarse la prueba multivariada T^2 de Hotelling se obtuvo que existen diferencias entre los sexos ($T^2 = 52.6011$, $F = 4.7571$, $p = 0.05$). Considerando que L_{∞} es la constante que denota la diferencia en crecimiento que poseen los machos sobre las hembras, Morales (2006) menciona que empleando la misma prueba multivariada para la comparación de modelos de crecimiento provenientes de las lecturas en escamas, encontró que no había diferencias significativas entre machos y hembras ($T^2 = 28.4662$, $p = 0.01$).

Gómez (2002) indica un valor de $T^2 = 5.8559$ encontrando que no había diferencia significativa entre k y L_{∞} con un intervalo de confianza al 95% de confianza, advirtiendo que la población alcanza su primera talla de madurez de forma temprana para poder enfrentar al problema de selectividad que había en el Lago Coatetelco. Orozco (2013) reporta un valor de $T^2 = 1336.2501$ para ambos sexos además de señalar que si hay diferencias significativas en el parámetro de L_{∞} en el bordo “La Palapa”, en el cual los machos alcanzan tallas más grandes que las hembras.



Las diferencias en crecimiento entre ambos sexos han sido observadas por Fryer e Illes (1972) recalcando que los machos de *Oreochromis* son organismos precoces por lo que maduran de manera temprana a diferencia de las hembras; además de enfatizar que al haber lugares dominados por machos, estos llegan a crecer más rápido entre ellos debido a la competencia intraespecífica de la población. También Duponchelle *et al.* (1999) recalcan que los períodos reproductivos difieren entre reservorios así como entre los años en el mismo reservorio, esto conduce al hecho de que antes de empezar las épocas reproductivas los machos llegan a ocupar la mayor energía posible para invertirla en su crecimiento en talla y posteriormente destinar esa energía a la producción de gametos sexuales. Por lo que este tipo de aspectos suelen ser diferentes entre los sistemas acuáticos y los tiempos donde se realizan los estudios con *Oreochromis niloticus*.

Lowe-McConell (1987) resalta que en peces tropicales suele ser imprecisa la determinación de edad debido a la sobreposición de las clases de edad, resultado de diversos períodos de desove y reclutamiento durante la mayor parte del año por lo que pueden presentarse marcas adicionales en las estructuras duras. Panfili y Tomás (2001) enfatizan que el retrocálculo en tallas de individuos es muy sensible al desacoplamiento de tasas de crecimiento entre los peces y los otolitos, por lo que al acoplarse estas dos variables la longitud es retrocalculada con precisión. De esta manera de acuerdo con Weatherley y Grill (1989) se debe hacer uso de otros métodos que corroboren la información obtenida a partir de las determinaciones de edad mediante el uso de estructuras duras. Dicha información permitió la consideración de realizar las estimaciones de edad por medio del método indirecto de Powell-Wetherall (Pauly, 1986) basándose en las distribuciones de frecuencias de tallas.

Por medio del método de Powell-Wetherall empleando el programa estadístico FISAT II (Gayanilo *et al.*, 2005), se obtuvo una L_{∞} de 36.05 cm por lo que este valor es cercano a los obtenidos por los métodos directos además de estar entre las longitudes asintóticas (37 cm) y la mayor longitud registrada en este estudio (35.3 cm). Esto implica que entre mayor sea la talla de captura posiblemente sea más elevado el valor de L_{∞} así como este método este influenciado de manera directamente con las frecuencias de tallas menores y mayores. Tal aseveración se corrobora con las L_{∞} de machos y hembras siendo de 35.60 cm y 30.10 cm respectivamente, ya que la talla máxima de machos registrada fue de 35.3 cm y de hembras fue 31.5 cm.

Este método considera que haya una población estable en la cual se pueda obtener una muestra representativa donde el reclutamiento y la mortalidad sean constantes; además debe seguir el modelo de crecimiento de von Bertalanffy (Wetherall, 1986).

Getabu (1992) aplicó este método estimando una L_{∞} de 64.6 cm para *O. niloticus* en el Lago Victoria, Kenia a partir de datos colectados de las frecuencias de tallas de desembarques pesqueros.

Pérez y Patlani (2002) emplearon este método estimando un valor de $L_{\infty} = 24.9$ cm para *Oreochromis niloticus* en la presa Emiliano Zapata, consideran que ese valor es adecuado para los datos que obtuvieron. Manríquez (2005) destaca que la $L_{\infty} = 19.11$ cm obtenida en su estudio es apto al considerar que la talla máxima observada fue de 18.8 cm

En cambio Orozco (2013) obtuvo una $L_{\infty} = 27.03$ cm haciendo alusión en que ese valor es muy bajo a comparación de esa constante obtenida por medio de otros métodos, aunque alude que el resultado es apropiado al tener un valor registrado de 25 cm. A su vez, Montcho *et al.* (2015) reportan una longitud asintótica de 41.5 cm haciendo énfasis en que sólo puede alcanzarla esta especie teniendo condiciones óptimas para su crecimiento.

Kell y Fonteneau (2013) y Kell *et al.*, (2013) consideran que L' puede tomar cualquier valor que se encuentre entre los tamaños más grandes y más chicos de organismos; inclusive atribuyen que el método de Powell-Wetherall es muy simple con tan pocos supuestos, además de que es posible responder a algunas cuestiones importantes como la estimación y comparación de L_{∞} , Z y la talla máxima, cuyos valores son apreciados en los estudios pesqueros.

Al revisar los resultados obtenidos mediante la lectura de anillos de crecimiento en los otolitos, así como en las distribuciones de frecuencias de tallas se encontraron valores similares por lo que existe la confiabilidad de tomar en cuenta las edades estimadas.

Estos datos al haber sido registrados en estudios de campo, Santos *et al.* (2013) indican que el modelo de von Bertalanffy muestra de manera adecuada la dinámica de poblaciones en peces capturados a diferencia de los peces que son cultivados en granjas. Jiménez-Badillo (2006) menciona que los parámetros de crecimiento suelen ser variables entre los organismos que habitan en diferentes sistemas, en parte a la función de las condiciones ambientales así como a la presión pesquera que haya en esos lugares.

Índice de desempeño

De acuerdo a Moreau *et al.* (1986) y Dadzie *et al.* (2007) los valores de Φ' deben ser iguales o rondar de manera similar entre los diferentes stocks de las poblaciones bajo una distribución normal. Fue así que se empleó la prueba no paramétrica de Shapiro-Wilk (1965) para contrastar los datos y así verificar que seguían una distribución normal, encontrándose que estos valores del índice de performance si siguen dicha distribución en ambientes naturales ($\Phi W = 0.9824$, $p = 0.0797$, $n = 7$; $\Phi' W = 0.9555$, $p = 0.8889$, $n = 16$).

Además el valor encontrado para Φ es similar al estimado para Manríquez (2005), Morales (2006) y Gómez-Márquez *et al.* (2008). Para la Φ' los más cercanos al obtenido en este estudio fueron por parte de Morales (2006), Shalloof y El-Far (2009), Grammer *et al.* (2012) y Orozco (2013).

De esta manera se considera que las poblaciones de tilapia en los cuerpos acuáticos estudiados en el estado de Morelos tienen buen potencial pesquero, aunque es importante realizar estudios correspondientes en otros cuerpos acuáticos del país para determinar cuáles son las condiciones idóneas para aumentar este índice. Es posible que existan diferencias entre las especies del género *Oreochromis*, ya que Arellano-Torres *et al.* (2013) al abordar un estudio con *Oreochromis aureus* encontró valores mayores que los registrados en este estudio para *Oreochromis niloticus*, reportando valores de entre 2.26 hasta 3.21 a diferencia de los encontrados en este estudio abarcando desde 1.77 hasta 2.53. Estas diferencias pueden deberse a diferentes aspectos como son las tallas máximas registradas, las cuales puede ser dadas por las características morfométricas de los embalses ya que son más grandes por lo que pudieran tener mayor capacidad de carga y mejores condiciones abióticas que permiten soportar mayores densidades de *O. aureus* a diferencia de los otros cuerpos donde se han realizado los estudios con *O. niloticus* en Morelos, o por la tasa de explotación a la cual este sometida la especie en función de la luz de mal del arte de pesca.

A su vez Njiru *et al.* (2012) consideran que la magnitud de Φ al estar determinada por la L_{∞} y K al haber un mayor incremento en K y una reducción en L_{∞} hay mejores resultados en cuanto a Φ . Además Pauly *et al.* (1988) destacan que los valores de Φ' suelen ser más grandes para el cultivo de tilapia que en condiciones naturales.

Con base en la información anterior se puede interpretar que los cultivos en condiciones naturales son adecuados en los bordos del estado de Morelos, a pesar de que pudieran realizarse estudios empleando el índice de rendimiento para cultivos controlados de *Oreochromis niloticus* y así obtener mejores resultados en cuanto a la producción ya que al tener un crecimiento más rápido durante sus primeros meses de vida se pueda aprovechar de mejor manera su potencial pesquero.

Para el arte de pesca la abertura de malla de 6.5 cm es idóneo para poder capturar tallas de peces que cumplan con su expectativa de vida, ya que Gómez-Márquez (1998) señala que los tamaños de su muestra se debían al tipo de abertura de malla de 5 cm obteniendo organismos de 8.8 a 16 cm por lo que sugiere que el uso de una mayor apertura traería consigo mayores tallas al estar convencido de que el área de estudio tiene el potencial nutritivo de generar tallas más grandes. También Getabu (1991) demuestra que el uso de varias aberturas de malla, puede traer consigo la captura de organismos de mayor tamaño. De esta forma esta especie al ser empleada con fines comerciales se aconseja el uso de una abertura de luz de malla mayor para poder conseguir organismos grandes y no emplear aberturas chicas ya que podrían mermarse las tallas reclutas juveniles y afectar el desarrollo de la pesquería, al capturar organismos que todavía no han alcanzado la talla de primera madurez sexual.

Además con base en la información de Alcalá y Alvarado (2014), la talla de primera madurez sexual ocurre a los 15,98 cm; por lo que los peces capturados durante este estudio siendo en su mayoría de 17 cm, ya han logrado reproducirse manteniendo así en la población un equilibrio en la natalidad y mortalidad de organismos.

Parámetros físicos y químicos

El bordo Amate Amarillo es un cuerpo acuático que llegó a presentar hasta 3 metros de profundidad durante la época de secas, ya que el agua que se almacena se utiliza para fines agrícolas por lo que durante la época de lluvias es posible que haya más abundancia de agua provocando que se llene y se vacíe de manera desmesurada, y que en los meses de secas casi se llegue a disminuir en un 60% su capacidad porque se ocupa gran cantidad de agua.



La temperatura siempre es un factor en el crecimiento y desarrollo de los peces, por lo que es tomado en consideración en estudios limnológicos ya que al no poseer un propio mecanismo de regulación de temperatura corporal, son susceptibles a los cambios de gradientes térmicos en el ambiente acuático. Además de estar influenciada por las condiciones ambientales del área geográfica y la incidencia de luz solar, ya que la energía luminosa es absorbida exponencialmente con respecto a la profundidad por lo que el calor queda retenido en el epilimnion del sistema (Torres y García, 1995).

Alvarado-Ruiz (2015) obtuvo que a temperaturas de 28 °C las tilapias tendían mostrar un incremento paulatino en peso, Quiroz-Castelán *et al.* (2010) atribuyen que las bajas temperaturas influyen en el crecimiento de *Oreochromis niloticus* en la Presa “El Abrevadero” ya que hay una baja disponibilidad de alimento por lo que se reduce el desarrollo de organismos autótrofos, Drummond *et al.* (2009) señalan que arriba de 26 °C favorece el tamaño, peso y sobrevivencia pero no altera la proporción sexual de machos y hembras y Charo-Karisa *et al.* (2005) señalan que a los 13.6 °C comienzan los niveles de mortalidad en *Oreochromis niloticus* y que a los 8.6 °C mueren totalmente, así mismo señala que afecta más a los organismos de menor talla.

Con la información recopilada es notable la importancia que tiene la temperatura como factor abiótico para *Oreochromis niloticus* a lo largo de su vida ya que afecta la proporción sexual, su crecimiento, funciones biológicas, entre otros. Así mismo estas alteraciones se corroboran al ver los patrones de los anillos de crecimiento en otolitos ya que se generaban anillos falsos o dobles en determinado momento, los cuales suelen ir acompañados de otros factores. Por lo que los valores registrados de temperatura en este sistema son favorables para su crecimiento.

Para el caso de la transparencia, esta guarda una fuerte relación con respecto a la profundidad, ya que mientras mayor era la profundidad aumenta la transparencia, sin embargo en algunos datos pudieron haber sido afectados debido a los sólidos disueltos suspendidos o inclusive se le pudiera atribuir al nivel de nubosidad que había durante las lecturas de la transparencia con el disco de Secchi. Arredondo (1986) indica que esta variable se encuentra en función de las condiciones del día además de estar relacionada con la productividad primaria.

No se puede atribuir el efecto que tenga la profundidad al crecimiento en *Oreochromis niloticus* en el bordo Amate Amarillo o en condiciones naturales de otros embalses; sin embargo en condiciones controladas El-Sayed *et al.* (1996) y Abdel-Aal (2008) encontraron que a 50 cm *Oreochromis niloticus* tenía una alta mortalidad y muy bajo crecimiento en peso, siendo de 100-200 cm donde tienen un mayor peso y su mortalidad se reduce considerándolos óptimos estos resultados; ambos estudios fueron realizados a temperaturas promedio de 21 °C.

Los valores obtenidos de transparencia y profundidad para este estudio son similares a los reportados por Aguilar (2011) con un valor máximo de 0.47 m y mínimo de 0.26 m de transparencia, Alcalá y Alvarado (2014) obtuvieron valores similares; ambos trabajos para el bordo Amate Amarillo.

Para la dureza total y la alcalinidad se puede apreciar que los valores tienden a un comportamiento predecible, los cuales disminuyen manteniéndose estables las sales de calcio y magnesio principalmente en la época de lluvias. Posteriormente durante la época de secas tendieron a aumentar estos valores. La dureza del sistema de manera general durante el año de estudio, de acuerdo a Boyd (1979) tuvo aguas duras a muy duras. Entre los factores que puedan estar relacionados con la concentración de las sales pueden ser la tasa de evaporación así como la infiltración que hay en el sistema, además de las características geológicas en los cuales se asienta el cuerpo de agua. Arredondo y Ponce (1998) señalan que los sistemas con más de 40 mg CaCO₃/L son muy productivos. Saavedra (2006) considera que los niveles adecuados de alcalinidad están entre 50 y 150 mg/L para la producción de tilapia, la alcalinidad va acompañada en función de la dureza ya que los aniones de la dureza y los cationes de la alcalinidad se derivan de carbonatos (Wetzel, 2001) y al haber una mayor productividad aumenta considerablemente la disponibilidad de alimento para la tilapia.

Sin embargo, Cabañas (1995) indica que una alcalinidad superior a 175 mg CaCO₃/L resulta perjudicial al aumentar la tensión osmótica por lo que se puede producir anoxia en los microorganismos encargados de la productividad, considerando apropiado una alcalinidad de 75 mg CaCO₃/L. De esta manera se considera que la dureza y alcalinidad van en función de la productividad por lo que el alimento puede ser un factor limitante para el peso o talla de la tilapia. Los valores obtenidos de alcalinidad (76.25-326.25 mg



CaCO₃/L) son similares a los obtenidos por Alcalá y Alvarado (2014) en el “Amate Amarillo” y Orozco (2013) para “La Palapa”. Respecto a la dureza total (507.38-985.38 mg CaCO₃/L) datos similares se reportaron por Aguilar (2011) con 369.56-855.74 mg CaCO₃/L en el Amate Amarillo y García (2011) con 496-763 mg CaCO₃/L para “La Palapa”.

La conductividad que se presentó en el sistema al encontrarse entre valores de 1065.25 – 1335.75 µS/cm se consideran adecuados para el cultivo de la tilapia, además de que este parámetro se toma como un buen indicador de la productividad primaria y la producción pesquera (Bhatnagar, 2013). La conductividad de aguas dulces varía entre 50-1500 (Boyd, 1979), además la lectura de este parámetro facilita el estimar el grado de mineralización que tiene el agua e indica la cantidad de sólidos disueltos (Quiroz-Castelán, 2010). Valores similares han sido reportados por Aguilar (2011) en el mismo bordo de estudio con 837.25 a 1389 µS/cm y por García (2011) para el bordo “La Palapa” encontrando 853 a 1488 µS/cm.

El pH detectado a lo largo del estudio con valores de 7.4 a 8.4, se mantuvo con una tendencia ligeramente alcalina. Arredondo (1986) señala que las aguas con valores de 6.5 a 9 son las apropiadas para el desarrollo de los peces. Los valores de pH están relacionados con el desempeño biológico de los peces ya que pueden perjudicarlos a nivel celular, además que está relacionado con la formación de amonio que es tóxico a altos niveles de pH. Por ejemplo, Maya-Peña y Marañón-Herrera (1998) encontraron que el pH básico induce la masculinización de *Poecilia reticulata* y un pH ácido favorecía la proporción de hembras; para *O. niloticus* El-Sherif y El-Feky (2009) haciendo estudios en alevines, encontraron que con un pH de 6 y 9 no había crecimiento a comparación de valores entre 7 y 8 donde crecían de manera normal concluyendo que los últimos valores son los idóneos para su cultivo. A su vez Wang *et al.* (2012) señalan que no hay ningún efecto en pH de 5.5 a 8.5 de manera general, más que a una temperatura de 36 °C y un pH de 8.5 hay una mayor proporción de machos.

Aguilar (2011), Orozco (2013) y Alcalá y Alvarado (2014) reportan pH alcalinos para los sistemas de Amate Amarillo y La Palapa, por lo que se pueden ver que han sido constantes esos valores estando dentro de la misma área geográfica. Este parámetro es afectado por el tipo de roca caliza en los cuales se asientan los cuerpos de agua.

Con respecto al oxígeno disuelto, este es un elemento fundamental en la dinámica acuática, ya que al disponerse de manera gaseosa en los sistemas acuáticos es generado por los productos primarios y consumido por los organismos aeróbicos, los cuales lo utilizan para su síntesis energética. La abundancia o escasez de este parámetro limita o favorece la presencia y/o ausencia de organismos acuáticos, su crecimiento, sobrevivencia y reproducción (Quiroz-Castelán *et al.*, 2010). La producción y abundancia de este gas está limitada por factores como la temperatura, biomasa de productores primarios, transparencia, cantidad de nutrimentos, materia orgánica en descomposición y organismos consumidores (Arredondo, 1986). Pauly (1984) menciona que al disminuir el suplemento de oxígeno en peces en crecimiento, este factor es pieza clave para la transición de estadio juvenil a adulto.

De manera natural es posible encontrar una mayor saturación de oxígeno en el epilimnion ya que en esta capa de los sistemas acuáticos lénticos es donde se encuentran los productores primarios, así al haber obtenido valores que variaron de 5 mg/L a 12.77 mg/L se consideran que estuvieron dentro de los valores adecuados conforme a lo establecido en la carta nacional acuícola (INAPESCA, 2012). Mhlanga (1994) reporta haber registrado que los valores entre 6.4 y 8.8 mg/L son los idóneos para jaulas de cultivo.

A su vez Cabañas (1995) señala que la tilapia puede vivir en condiciones adversas ya que soportan bajas concentraciones de oxígeno disuelto inclusive a 3 mg/L, aunque su crecimiento se ve afectado. Kolding *et al.* (2008) señalan que el oxígeno es un factor limitante en cuanto a la primera talla de madurez, además de que los huevos de organismos con bajos niveles de oxígeno son más pequeños a los huevos de tilapia que se encuentran con altas concentraciones de oxígeno disuelto, corroborando así la hipótesis de Pauly (1984). Valores similares para oxígeno disuelto han sido registrados por Aguilar (2011) y Orozco (2013) para cuerpos de agua de Morelos.

El amonio es el principal desecho químico de los peces, pero sí está presente en altas concentraciones detendrá su crecimiento (Mayle, 1982). Según la Carta Nacional Acuícola (INAPESCA, 2012) los valores límites de amonio se encuentran hasta 1 mg/L para la producción de *Oreochromis niloticus*, sin embargo un estudio realizado por Jian-Yu *et al.* (2005) utilizando organismos con peso promedio de 75.2 g muestran que a



concentraciones superiores a 0.79 mg/L hasta 2.65 mg/L la tilapia llega a mostrar signos de estrés.

También Karasu-Benlí y Köksal (2005) mostraron que el efecto de dos concentraciones de amonio es distinto en larvas y alevines. En las larvas les causaba pérdida del equilibrio, nado de lado y movimientos bruscos al estar las concentraciones promedio de 1.009 ± 0.02 mg/L; para los alevines en concentraciones promedio de 7.40 ± 0.01 mg/L presentaron incrementos en su actividad física, convulsiones, nado en espiral, boqueo en la superficie, incremento de secreción mucosa en las agallas y en la superficie de su piel, hemorragias en las agallas y obscurecimiento en la piel así como en sus ojos. El-Sherif y El-Feky (2008) encontraron igual para alevines de tilapia una disminución en su crecimiento además de encontrar un decremento de hematrocito y hemoglobina en su sangre.

Los valores de amonio registrados se encuentran dentro de lo establecido para aguas no contaminadas y bien oxigenadas con valores menores a 1 mg/L (Gómez *et al.*, 2014) y con base a la información recopilada se asume que los niveles de amonio presentados a lo largo del año de estudio no asuman riesgo alguno para larvas o peces adulto de *Oreochromis niloticus* ya que no rebasan los 1 mg/L, además que supondría preocupación si los organismos hubieran sido obtenidos a partir de granjas controladas.

CONCLUSIONES

- 🐟 La talla promedio de *Oreochromis niloticus* en el bordo Amate Amarillo indica que hay un buen manejo de este recurso. Los machos al ser más grandes que las hembras en cuanto a talla y peso muestran que son más aceptados para el consumo en el mercado pesquero.
- 🐟 La proporción sexual en la población de *Oreochromis niloticus* al ser dominante para machos significa que los pescadores conocen los puntos de desove y anidamiento implicando desde el punto económico una pesca rentable y del punto biológico la generación de nichos para machos jóvenes para llegar a una buena talla.
- 🐟 El crecimiento alométrico negativo con una tendencia a la isometría en la población, implica que bajo condiciones naturales es rentable el cultivo extensivo de esta especie ya que no requieren de insumos a diferencia de los cultivos intensivos.
- 🐟 Al encontrarse una mayor frecuencia en organismos con edad de un año y medio implica que los organismos ya han pasado por su ciclo reproductivo manteniendo así constantes las tasas de natalidad y mortalidad.
- 🐟 Al formarse las marcas de crecimiento en los meses de abril y noviembre, la tilapia lleva a cabo su proceso reproductivo dos veces al año coincidiendo con las épocas de secas y lluvias.

- 🐟 El método de Powell-Wetherall permitió estimar la talla asintótica de crecimiento así como la tasa de mortalidad para la especie en estudio ya que los valores obtenidos por este método son similares por los registrados en los otolitos; por lo que no sería necesario sacrificar a los peces para conocer de manera exacta su edad.

- 🐟 Los datos obtenidos mediante el uso de otolitos demuestran que es un método confiable para validar la edad y el crecimiento, ya que concuerdan los valores con los obtenidos por métodos indirectos.

- 🐟 El índice de desempeño indica que el rendimiento pesquero del bordo es adecuado pero no óptimo con base en otros trabajos realizados.

- 🐟 Los parámetros físicos y químicos de Amate Amarillo demuestran que es un sistema productivo, con buen rendimiento y que permite el buen desarrollo de *Oreochromis niloticus* favoreciendo la alimentación de esta especie al relacionarse este sistema eutrofizado con la abundancia de fitoplancton y zooplancton.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 📖 Abdel-Aal, M.M (2008). Effects of over-wintering and water depth on growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). 8th International Symposium on Tilapia Aquaculture. Pp .297-396.
- 📖 Admassu, D.; Casselman, M.J, (2000). Otolith age determination for adult tilapia, *Oreochromis niloticus* L. from Lake Awassa (Ethiopian Rift Valley) by interpreting biannuli and differentiating biannual recruitment. *Hydrobiologia*. 418: 15-24.
- 📖 Afraei-Bandpei, M.A.; Mashhor, M; Abdolmaleki, S.; El-Sayed, A-F, M. (2010) Population dynamics of Caspian Kutum, *Rutilus frisii kutum* (Cyprinidae) in southern Caspian Sea, Iran. *Cybiu*. Vol. 34(3): 285-292.
- 📖 Aguilar, L.E.A. (2011). Algunos aspectos reproductivos de la tilapia en el bordo Amate Amarillo, Morelos. Tesis de Licenciatura. F.E.S. Zaragoza, U.N.A.M. 85 p.
- 📖 Aguilera, H.P.; Noriega, C.P. (1988), La tilapia y su cultivo. Secretaría de Pesca, FONDEPESCA, SEPESCA. México. 59 p.
- 📖 Alejo, P.M.C.; Laguna, M.E.M.; Ramírez., P.T. (1989). Estudio de algunos aspectos biológicos de *Oreochromis mossambicus* (Osteichthyes: Cichlidae) en la laguna “El Rodeo” Estado de Morelos., Tesis de Licenciatura. F.E.S Zaragoza, U.N.A.M., México, D. F., 130 p.
- 📖 Alcalá, P.A.; Alvarado, S.G.B. (2014). Aspectos reproductivos de *Oreochromis niloticus* L. en dos bordos del estado de Morelos. Tesis de Licenciatura. F.E.S. Zaragoza, U.N.A.M. 117 p.
- 📖 Alvarado-Ruiz, C. (2015) Comparación del crecimiento de machos y hembras de la tilapia *Oreochromis niloticus* cultivadas en jaulas. *Uniciencia*. Vol. 29(1): 1-15.
- 📖 Anónimo. (1981). Síntesis geográfica del Estado de Morelos. INEGI. S.S.P. México, 110 p.
- 📖 APHA-AWWA-WPCF. (1992). Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Ediciones Díaz de Santos, S. A. España. 1015 p.

- 📖 Apún, J.P.; Santamaría, A.M.A.; Luna, A.; Martínez, A.; Rojas, M. (2009). Effect of potential probiotic bacteria on growth and survival of tilapia *Oreochromis niloticus* L., cultured in the laboratory under high density and suboptimum temperatura. *Aquaculture Research*. Vol. 40(1):887-894.
- 📖 Araya, M.; Cubillos, L. (2002). El análisis retrospectivo del crecimiento en peces y sus problemas asociados. *Gayana (Concepción)*. Vol. 66(2): 161-179.
- 📖 Arellano-Torres A., D. Hernández; Meléndez, C. (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. (1986). Breve descripción de los criterios y las técnicas para el manejo y la calidad del agua en estanques de piscicultura intensiva. Secretaría de Pesca. México. 182 pp.
- 📖 Arredondo-Figueroa, J.L.; Guzmán-Arroyo, M. (1986). Actual situación taxonómica de las especies de la tribu Tilapiini (Pisces: Cichlidae) introducidas en México., *Anales del Instituto de Biología U.N.A.M. Serie Zoología* Vol. 2: 555-572.
- 📖 Arredondo-Figueroa, J.L.; Flores-Nava, A. (1992). Características limnológicas de pequeños embalses epicontinentales, su uso y manejo en la acuicultura. *Hidrobiológica* Vo. 3(4): 1-10.
- 📖 Arredondo-Figueroa, J. L.; Lozano-García, S. (1996). El cultivo de la tilapia en México. Primer curso internacional de producción de tilapia. Del 20 al 22 de junio de 1996. 7– 18.
- 📖 Arredondo, F.J.L.; Ponce, P.J.T. (1998). Calidad del agua en acuicultura. Conceptos y aplicaciones. AGT Editor. México. 222 pp.
- 📖 Azaza, M.S.; Dhraïef, M.M; Kraïem, M.M. (2008). Effects of water temperature on growth and sex ratio of juvenile Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus) reared in geothermal waters in southern Tunisia . *Journal of Thermal Biology*. Vol. 33(2): 98-105.

- 📖 Bakhoun, S.A. (2002). Comparative reproductive biology of the Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.), Blue tilapia *Oreochromis aureus* (Steind.) and their hybrids in lake Edku, Egypt. *Egypt. J. Aquat. Biol. & Fish.* Vol. 6(3): 121-142.
- 📖 Baroiller, J.F. D’Cotta, H; Saillant, E. (2009). Environmental effects on fish sex determination and differentiation. *Sex. Dev.* Vol. 3:118-135.
- 📖 Beltrán-Álvarez, R.; Sánchez-Palacios, J.; Valdéz, L.G. (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.
- 📖 Berg, L.S. (1958). *System der rezenten und fossilen Fischartigen und Fische.* VEB Verlag der Wissenschaften. Alemania.
- 📖 Bernard, R.D. (1981). Multivariate analysis as a mean of comparing growth in fish. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* Vol. 38: 233-236.
- 📖 Beverton, R.J. y Holt, S.J.(1956) A review of methods estimation of mortality rates in exploited fish populations with special reference to source of bias in catch sampling. *Rapp. Reun. Cons. Int. Mer.* Vol. 140:67-83.
- 📖 Bhatnagar, A.P.D. (2013). Water quality guidelines for the management of pond fish culture. *International Journal of Environmental Sciences.* Vol. 6(3): 1980-2009.
- 📖 Bhujel, R.C. (2000). A review of strategies for the management of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) broodfish in seed production systems, especially haplo-based systems. *Aquaculture.* Vol. 181: 37-59.
- 📖 Booth, A.J.; Merron, G.S.; Buxton, C.D. (1995). The growth of *Oreochromis andersonii* (Pisces:Cichlidae) from the Okavango delta, Botswana and comparison of the scale and otolith methods of ageing. *Environmental Biology of Fishes.* Vol. 43: 171-178.
- 📖 Booth, J. A.; Merron, G.S. (1996). The age and growth of greenhead tilapia *Oreochromis macrochir* (Pisces: Cichlidae) from the Okavango delta, Botswana. *Hidrobiología.* Vol. 321(1): 29-34.
- 📖 Boyd, C.E. (1979). *Water quality in warmwater fish ponds.* Auburn University Agricultural Experiment Station. Auburn, Alabama. EEUU. 359 p.

- 📖 Bwanika, G.N., Makanga, B., Kizito, Y., Chapman, L.J.; Balirwa, J. (2004). Observations on the biology of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, L., in two Ugandan Crater lakes. *African Journal of Ecology* 42: 93-101.
- 📖 Bwanika, G.N.; Murie, D.J.; Chapman, L.J. (2007) Comparative age and growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) in lakes Nabugabo and Wamala, Uganda. *Hydrobiologia*. Vol. 589:287-301.
- 📖 Cabañas, L.P. (1995). Diseño y operación de un sistema intensivo de cultivo de crías de tilapia (*Oreochromis spp*). Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. 76 p.
- 📖 Chakraborty, S.B.; Banerjee, S. (2010) Comparative growth performance of mixed-sex and monosex Nile Tilapia population in freshwater cage cultura system under Indian perspective. *International Journal of Biology*. Vol. 2(1):44-50.
- 📖 Charo-Karisa, H.; Rezk, M.A.; Bovenhuis, H.; Komen, H. (2005). Heritability of cold tolerance in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) juveniles. *Aquaculture*. Vol. 249: 115-123.
- 📖 Chervinski, J. (1982). Enviromental physiology of tilapia, p. 119-128. En: Pullin R.S.V. y R.H. McConell (Eds). *The Biology and Culture of tilapia*. ICLARM Conference Proceedings 7. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila; Filipinas.
- 📖 Cifuentes-Lemus, J.L.; Torres-García, M.P.; Torres-Mondragón, M. (1990). El océano y sus recursos. Ed. Fondo de Cultura Económica. México. 174 pp.
- 📖 Conover, D.O.; Munch, S. (2002). Sustaining fisheries yields over evolutionary time scales. *Science*. Vol. 297: 94-96.
- 📖 Contreras-MacBeath. T. (1995). Ecosistemas acuáticos del Estado de Morelos. *Ciencia y Desarrollo*. Vol. 20 (122): 42-51.
- 📖 Costa-Novaes, J.L.; Carvalho E.D. (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.

- 📖 Csirke, B.J. (1980). Introducción a la dinámica de población de peces. FAO, Doc.Tec.Pesca. 82 p.
- 📖 Dache, S.A.O. (1994). In: E. Okemwa E. Wakwabi and A. Getabu (eds) Recent trends of research on lake Victoria fisheries. Proceedings of the second EEC regional seminar on recent trends of research on Lake Victoria Fisheries 25-27 sept. Kisumu, Kenya, ICIPE Press.
- 📖 Dadzie, S.; Abou-Seedo, F.; Moreau, J. (2007). Population dynamics of *Parastromateus niger* in Kuwait waters as assessed using length-frequency analysis. J. Appl. Ichtyol. Vol. 23: 592-597.
- 📖 Devlin, R.H. y Nagahama. Y. (2002). Sex determination and sex differentiation in fish: an overview of genetic, physiological and environmental influences. Aquaculture. Vol. 208 (3-4): 191-364.
- 📖 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. Vol. 56: 375-387.
- 📖 Drummond, C.D.; Murgas, L.D.S.; Vicentini, B. (2009). Growth and survival of tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) submitted to diferente temperaturas during the process of sex reversal. Ciênc. Agrotec. Vol. 33(3): 895-902.
- 📖 Eccles, D.H. (1992). FAO Species identification sheets for fishery purposes. Field guide to the freshwater fishes of Tanzania. Italia. 145 p.
- 📖 El-Sayed, A-F. M.; El-Ghobashy, A.; Al-Amoudi, M. (1996). Effects of pond depth and wáter temperatura on the growth, mortality and body composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). Aquaculture Research. Vol. 27(9): 681-687.
- 📖 El-Sherif, M.S.; El-Feky, A.M.I. (2008). Effect of ammonia on nile tilapia (*O. niloticus*) performance and some hematological and histological measures. 8th International Symposium on Tilapia in Aquaculture. Pp. 513-530.
- 📖 El-Sherif, M.S.; El-Feky, A.M.I. (2009). Performance of nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings I Effect of pH. Int. J. Agric. Biol. Vol. 11:297-300.
- 📖 Everhart, W.H.; Youngs, W.D. (1981). Principles of fishery Science. Cornell University. EEUU. 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.
- 📖 Fitzpatrick, M.S.; Feist, G.; Gale, W.L.; Slater, C.H. ; Schreck, C.B.(1994). Gonadal sex differentiation in fishes. In: D.D. MacKinlay (Editor), High Performance Fish. Proceedings of an International Fish Physiology Symposium, Fish Physiology Association, Vancouver, B.C., pp. 146-149.
- 📖 Fraser, C.M. (1916). Growth of the spring salmon. Transactions of the Pacific Fisheries Society 1915. Pp. 29-35.
- 📖 Fryer, G.; Iles, T.D. (1972) The ciclid fishes of the great lakes of Africa: their biology and evolution. Oliver and Boyd. Inglaterra. 641 p.
- 📖 Fülber, V.M.; Mendez, L.D.V.; Braccini, G.L.; Barrero, N.M.L; Digmeyer, M.; Ribeiro, R.P. (2009). Desempenho comparativo de três linhagens de tilapia do Nilo *Oreochromis niloticus* em diferentes densidades de estocagem. Acta Scientiarum. Animal Sciences. Vol. 31(2): 177-182.
- 📖 García, G.M.A. (2011). Reproducción de *Oreochromis niloticus* en el bordo “La Palapa”, Morelos, Méx. Tesis de Licenciatura. F.E.S. Zaragoza, U.N.A.M. 111 p.
- 📖 Garduño, P.M. ; Avelar, E.J. (1996). Edad y Crecimiento de la mojarra en la Laguna de Coatetelco, Morelos. Tesis de Licenciatura, F.E.S. Zaragoza, U.N.A.M, México. 85 p.
- 📖 Garrod, D.J. (1959). The growth of *Tilapia esculenta* Graham in lake Victoria. Hydrobiologia. Vol. 12: 268-298.
- 📖 Gayanilo, F.C.; Sparre, P.; Pauly, D. (2005). FAO-ICLARM stock assessment tools II, (FiSAT II) Revised version, User’s guide. FAO, Computerized Information Series(Fisheries). Italia. 168 p.
- 📖 Getabu, A. (1991). Mortality rate, exploitation and recruitment in *Oreochromis niloticus* (Linnaeus) in Nyanza Gulf of Lake Victoria, Kenya, En: Okemwa, E.; Wakwabi, E.O.; Getabu, A. (eds). ICIPE Science Press.
- 📖 Getabu, A. (1992) Growth parameters and total mortality in *Oreochromis niloticus* (Linnaeus) from Nyanza Gulf, Lake Victoria. Hydrobiologia. Vol. 232(1):91-97.

- 📖 Gómez, M.J.L. (1994) Métodos para determinar la edad en los organismos acuáticos. FES Zaragoza. UNAM. México. 89 p.
- 📖 Gómez, M.J.L.; Blancas, A.G.; Constanzo, C.E.; Cervantes, S.A. (2014). Análisis de calidad de aguas naturales y residuales con aplicación a la microescala. FES Zaragoza, UNAM. México. 203 p.
- 📖 Gómez, M.J.L. (2002). Estudio limnológico pesquero del lago de Coatetelco, Morelos, México. Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias, UNAM, México. 181 p.
- 📖 Gómez-Márquez, J.L. (1998). Age and growth of *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) in Mexico. *Revista de Biología Tropical*. 1998, Vol. 46(4): 929-936.
- 📖 Gómez-Márquez, J.L.; Peña-Mendoza, B.; Salgado-Ugarte, I.H.; Guzmán-Arroyo, M. (2003). Reproductive aspects of *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) at Coatetelco lake, Morelos, Mexico. *Revista de Biología Tropical*, Vol. 51(1):221-228.
- 📖 Gómez-Márquez, J. L.; Peña-Mendoza, B.; Salgado-Ugarte, I.H. ; 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*, Vol. 56 Núm. 2: 875-884.
- 📖 Gómez-Ponce M. A.; Granados-Flores K.; Padilla C.; López-Hernández M.; Núñez-Nogueira G. (2011). 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.; Dugo, M.A. (2012). Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) establishment in temperate Mississippi, USA: multi-year survival confirmed by otolith ages. *Aquatic Invasions*. Vol. 7(3): 367-376.
- 📖 Granado, L.C. (2002). *Ecología de peces*. Universidad de Sevilla. España. 361 p.
- 📖 Granados, F.K.M. (2006), Estudio preliminar de edad y crecimiento de la tilapia (*Oreochromis niloticus* X *Oreochromis aureus*), con base en escamas, en la presa

- Fernando Hiriart Balderrama "Zimapan". Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, U.N.A.M. 78 p.
- 📖 Guerra, H.E.A.; Peña, M.B. (1985). Estudio del crecimiento de *Oreochromis hornorum* (Trewavas, 1980) en relación a las condiciones limnológicas del embalse permanente de Michapa, estado de Morelos. Tesis de Licenciatura. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Zaragoza, U.N.A.M. 70 p.
- 📖 Hansen, K.M. (1991). Head-banging: robust smoothing in the plane. IEEE Transaction on Geoscience and remote sensing. Vol. 29(3): 369-378.
- 📖 Hernández-Avilés, J.S.; García-Calderón, J.L.; de la Lanza-Espino, G. (2007). A proposed limnological classification of small water bodies based on the climate, in a tropical region: Mexico. Investigaciones Geográficas 64: 63-74.
- 📖 Hile, R. (1936). Age and growth of cisco. *Leucichthys artedi* (Le Sueur) in the lakes of North-eastern highlands. Wisconsin. Bull. U.S. Bur. Fish. Vol. 48:211-317
- 📖 Holden M.J.; Raitt D.F.S. (1975). Manual de ciencia pesquera parte 2.—Métodos para Investigar los recursos y su aplicación. FAO Documento Técnico Pesca. 255 p.
- 📖 Huntingford, F; Adams, C.; Braithwaite, V.; Kadri, S.; Pottinger, T.; Sandoe, S.; Turnbull, J. (2006). Review paper: Current issues in fish welfare. J. Fish. Biol. Vol. 68:332-372.
- 📖 Ibañez, A. L.; Romo, M.A. (2007). Formation of ring marks in stocked tilapia juveniles (*Oreochromis aureus/O. niloticus*) (Perciformes: Cichlidae). Revista de Biología Tropical, 55 (3-4): 1005-1013.
- 📖 INAFED. (2010). Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México, Estado de Morelos. Secretaría de Gobernación. (En <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM17morelos/index.html>) . Consultado el 5 de Marzo de 2015.
- 📖 INAPESCA. (2012). Carta Nacional Acuícola. Instituto Nacional de Pesca. México. 80 p.

- INEGI. (2009). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Ayala, Morelos. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 56 p.
- INEGI. (2014). Anuario estadístico del estado de Morelos. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México. 469 p.
- Instituto de Biología. (2006). "*Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1757) - IBUNAM: CNPE: PE12089". UNIBIO: Colecciones Biológicas. 2006-03-16. Universidad Nacional Autónoma de México. Consultada en: 2014-10-29. Disponible en: <<http://unibio.unam.mx/collections/specimens/urn/IBUNAM:CNPE:PE12089>>
- Isa, M.M.; Rawi, C.H.M.; Rosla, R.; Shah, S.A.M.; Shah, A.R.S.M. (2010). Length-weight relationships of freshwater fish species in Kerian River Basin and Pedu Lake. Research journal of Fisheries and Hydrobiology. Vol 5:1-8.
- Jian-Yu, X; Xiang-Wen, M.; Ying, L.; Saho-Rong, C. (2005). Behavioral response of tilapia (*Oreochromis niloticus*) to acute ammonia stress monitored by computer vision. J. Zhejiang Univ. Sci. B. Vol. 6(8): 812-816.
- Jiménez, B.M.L. (1999). Análisis de la pesquería de la tilapia *Oreochromis ssp.* (Pisces: Cichlidae) en la presa Adolfo López Mateos, Michoacán-Guerrero. Tesis de Doctorado. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. D. F. 217 p.
- Jiménez-Badillo, L. (2004). Application of holistic and analytical models for the management of tilapia fisheries in reservoirs. Hidrobiológica, 14 (1): 61-68.
- Jiménez-Badillo, Lourdes (2006). Age-growth models for tilapia *Oreochromis aureus* (Perciformes, Cichlidae) of the Infiernillo reservoir, Mexico and reproductive behaviour. Revista de Biología Tropical. Vol. 54(2): 577-588.
- Juárez-Palacios, R. (1987). La acuicultura en México, importancia social y económica. Desarrollo Pesquero Mexicano 1986-1987. Secretaría de Pesca. México. Pp-219-232.
- Karasu-Benlí, A.C; Köksal, G. (2005). The acute toxicity of Ammonia on tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) larvae and fingerling. Turk. J. Vet. Anim. Sci. Vol. 29: 339-344.

- 📖 Kell, L.; Fonteneau, A. (2013). A comparative analysis of indian and atlantic yellowfin and bigeye tuna size data. *Collect. Vol. Sci. ICCAT*. Vol. 69(5): 2076-2080.
- 📖 Kell, L. T.; Palma, C.; De Bruyn, P. (2013). Length based catch curve analysis for White marlin. *Collect. Vol. Sci. ICCAT*. Vol. 69(3): 1225-1229.
- 📖 Kolding, J.; Haug, L.; Stefansson, S. (2008). Effect of ambient oxygen on growth and reproduction in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Canada Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. Vol. 65(7): 1413-1424.
- 📖 Komolafe, O.O.; Arawomo, G.A.O. (1999). The reproduction of *Oreochromis niloticus* (Linnaeus) in Opa reservoir, Ile-Ife, Nigeria. In: 13th Annual Conference of the Fisheries Society of Nigeria (FISON) , 3-8 November 1996 . Nigeria. Pp. 97-100.
- 📖 Komolafe, O.O.; Arawomo, G.A.O. (2007). Reproductive strategy of *Oreochromis niloticus* (Pisces:Cichlidae) in Opa reservoir, Ile-Ife, Nigeria. *Rev. Biol. Trop*. Vol. 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.
- 📖 Kullander, S.O. (1998). A phylogeny and classification of the South American Cichlidae (Teleostei: Perciformes). p. 461-498. En L.R. Malabarba, R.E. Reis, R.P. Vari, Z.M. Lucena and C.A.S. Lucena (eds.) *Phylogeny and classification of neotropical fishes*. Porto Alegre, Edipucrs. 603 p.
- 📖 Laghari, M.Y.; Dars, B.A. y Narejo, N.T. (2011). Length-weight relationship of *Tilapia niloticus* in concrete pond of Habib ADM, Hub, Balochistan. *Sindh. Univ. Res. J*. Vol. 43: 29-32.
- 📖 Lai, H. L.; Liu, H. (1979). Age and growth of *Lutjanus sanguineus* in the Arafura sea and north west shelf. *Acta Oceanográfica Taiwanica*. Vol. 10: 164-175.
- 📖 Le Cren, E.D. (1951). Length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of Animal Ecology*. Vol. 20(2): 201-219.

- 📖 Lee, R.M. (1920). A review of the methods of age and growth determination in fishes by means of scales. Fishery Investigation Series II Marine Fisheries, Great Britain Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. Vol. 4: 1-35.
- 📖 Lowe-McConnell, R.H. (1987) Ecological studies in tropical fish communities. Cambridge University Press. Inglaterra. Pp 159-173.
- 📖 Manríquez, L.Y. (2005). Edad y crecimiento de *Oreochromis niloticus* por medio de otolitos en el lago de Coatetelco, Morelos. Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza, UNAM. 111 p.
- 📖 Martin, W.R. (1949). The mechanic of enviromental control of body form in fishes. Univ. Toronto. Stud. Biol. Vol. 58:1-91.
- 📖 Martínez, J.A., A. M. M. Chávez, M.J.L. Tello y A.A.A. Morales. (2007). Utilización de otolitos como herramienta en la determinación de especies. Revista de Zoología, Vol. 18: 3-18.
- 📖 Maya-Peña, E.; Marañón-Herrera, S. (2001). Efecto de la temperatura sobre la proporción sexual de *Poecilia reticulata* Peters, 1859 (Pisces: Poeciliidae). Hidrobiologica. Vol. 11(2):157-162.
- 📖 Maya-Peña, E.; Marañón-Herrera, S. (1998). Efecto del ph sobre la proporción de sexos, el crecimiento y la sobrevivencia del guppy *Poecilia reticulata* Peters, 1859. Hidrobiológica. Vol. 8(2): 125-132.
- 📖 Mayle, P. (1982) Fishes an introduction to ichtilogy. Prentice Hall. EEUU. pp 97-105.
- 📖 Merchant, P. F. Martínez, P. J. A; Chávez, A. M. M; Tello, M. J. L. (2008). Estructuras que se toman en cuenta para la descripción de los otolitos. Revista de Zoología, Vol. 19: 22-24.
- 📖 Mhlanga, W. (1994). A preliminar assessment of wáter quality in fish cages on Lake Kariba, Zimbawe. Department of National PArks and Wild Life Management, 15 pp. (Lake Kariba fisheries Research Institute Project Report, 78).
- 📖 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.
- 📖 Montcho, S.A.; Agadjihouèdé, H.; Monchowui, E.; Lalèyé, P.A.; Moreau, J. (2015). Population parameters of *Oreochromis niloticus* (Cichlidae) recently introduced in lake Toho (Benin, West Africa). *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*. Vol. 2(3): 141-145.
- 📖 Morales, L.C.A. (2006). Estimaciones de la edad y modelos matemáticos del crecimiento de *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1757) en la presa “Emiliano Zapata”, Morelos, México. Tesis de Maestría, FES Zaragoza, UNAM. 176 p.
- 📖 Morales-Nin, B. (1995). Age and growth of three species of Lake Victoria determined by means of otolith daily growth rings. *Naga, ICLARM Q.* Vol. 18(1): 39-41.
- 📖 Morales, D. A. (1991). La tilapia en México. Biología, cultivo y pesquerías. AGT Editor S.A. Mexico. 190 p.
- 📖 Moreau, J.C.; Pauly D. (1986). A comparison of four indices of overall fish growth performance based on 100 tilapia (Cichlidae) Populations. En: Maclean, J.L.; Dizon, L.B.; Hosillo, L.V. (eds) *The first Asian Fisheries Forum*. Asian fisheries Society. Filipinas. Pp. 201-206.
- 📖 Njiru, M.; J.E. Ojuok, J.B. Okeyo-Owuor; M. Muchiri; M.J. Ntiba and I.G. Cowx. (2006). Some biological aspects and life history strategies of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) in Lake Victoria, Kenya. *Afr. J. Ecol.* Vol. 44: 30-37
- 📖 Njiru, M.; Okeyo-Owour, J.B.; Muchiri, M.; Cowx, I.G. (2012). Some aspects of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) population characteristics in Lake Victoria, Kenya. In LVEMP (ed) *Cowx Knowledge and Experiences gained from Managing the Lake Victoria Ecosystem*. Pp. 299-308.
- 📖 Norzagaray, C.M.; Muñoz, S.P.; Sánchez, V.L.; Capurro, F.L. y Cárdenas, O.L. (2012). Acuicultura: estado actual y retos de la investigación en México. *Revista Aquatic*. Vol. 1(37):20-25.
- 📖 Ojuok, J.E. (1999). Reproductive biology of *Oreochromis niloticus* (L.) (Pisces: Cichlidae) in the Nyanza Gulf of Lake Victoria. In: Tweddle, D. and Cowx, I.G.

- (eds) Report on third Fisheries Data Working Group (FIPAWOG) workshop held at the Triangle hotel Jinga, 29 March to 1 April 1999. Jinga. Uganda. Fisheries Data Working Group of the Lake Victoria Fisheries research project. Pp. 63-67 (LVFREP Technical document, 6).
- 📖 Olurin, K.B.; Aderibigbe, O.A. (2006). Length-Weight relationship and condition factor of pond reared juvenile *Oreochromis niloticus*. World J. Zool. Vol. 1(2): 82-85.
- 📖 Omitoyin, B.O.; Salakoand, A.E.; Eriegha, O.J. (2013). Some ecological aspects of *Oreochromis niloticus* and *Heterotis niloticus* from Ona Lake, Asaba, Nigeria. World Journal of Fish and Marine Sciences. Vol. 5(6): 641-648.
- 📖 Orozco, B.E.A. (2013). Edad y crecimiento de *Oreochromis niloticus* en el bordo La Palapa, Morelos, México. Tesis de licenciatura. F.E.S. Zaragoza, U.N.A.M., 73 p.
- 📖 Page, L.M.; Burr, B.M. (1991). A field guide to freshwater fishes of North America north of Mexico. The Peterson Field Guide Series, Houghton Mifflin Company. EEUU. 432 p.
- 📖 Panfili, J.; Tomás, J. (2001). Validation of age estimation and back-calculation of fish length based on otolith microstructures in tilapis (Pisces, Cichlidae). Fishery bulletin. Vol. 99(1): 139-150.
- 📖 Pauly D. (1984). A mechanism for the juvenile-to-adult transition in fishes. J. Cons. Int. Explor. Mer. Vol. 41: 280-284.
- 📖 Pauly, D. (1984). Fish population Dynamics in Tropical Water: a manual for use with programable calculator. International Center for Living Aquatic Resources Management, ICLARM, Estudios and Reviews 8. Filipinas. 179 pp.
- 📖 Pauly, D.; Munro, J.L. (1984). Once more on growth comparison in fish and invertebrates. Fishbyte 2(1):21.
- 📖 Pauly, D. (1986). On improving the operation and use of the ELEFAN programs: improving the estimation of L-infinity. Fishbyte. Vol. 2:9-10.
- 📖 Pauly, D.; Moreau, J.; Prein, M. (1988). A comparison of overall growth performance of tilapia in open water and aquaculture. P. 469-479 En: Pullin, R.S.V; Bhukaswan, T.; Tonguthai, K.; Maclean, J.L. (eds). The Second International

Symposium of tilapia in Aquaculture, ICLARM Conference Proceedings 15, 623 p. Department of Fisheries, Bangkok, Tailandia, and International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Filipinas.

- 📖 Pedrazzani, A.; C. Molento, P. Carneiro y M. Fernandes. (2007) Senciência e bem-estar de peixes: uma visão de futuro do mercado consumidor. Panorama de Aquicultura. Vol. 102: 24-29.
- 📖 Peña, B.; Domínguez, R. (1999) The effects of diferente photoperiods on body growth, gonadal growth and hypothalamic monoamine content in juvenile *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1757). Hidrobiológica. Vol. 9(1): 63-70.
- 📖 Peña-Mendoza, B.; Gómez-Márquez, J.L.; Salgado-Ugarte, I.H.; Ramírez-Noguera, D. (2005). Reproductive biology of *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) at Emiliano Zapata dam, Morelos, México. Revista de Biología Tropical. 53 (4): 515-522.
- 📖 Peña, Emilio M.; Tapia, Raúl V.; Velázquez, A., José I., Orbe M.; Alma A.; Ruiz V. A., Javier M. de J. (2010). Growth, mortality and reproduction of the blue tilapia *Oreochromis aureus* (Perciformes: Cichlidae) in the Aguamilpa, Reservoir, México. Revista de Biología Tropical. Vol. 58(4): 1577-1586.
- 📖 Perdomo, D.A.; Corredor, Z. y Ramírez-Iglesias, L. (2012) Características físico-químicas y morfométricas en la crianza en cautiverio de la tilapia roja (*Oreochromis spp.*) en una zona cálida tropical. Mundo Pecuário. Vol. 8(3): 166-171.
- 📖 Pérez, O. G.; Patlani, J.S. (2002). Edad y crecimiento de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) de la presa “Emiliano Zapata”, Morelos., Tesis de Licenciatura, F.E.S. Zaragoza, UNAM. 87 p.
- 📖 Popper, A.N.; Lu, Z. (2000) Structure function relationships in fish otolith organs. Fish. Res. 46:15-25.
- 📖 Powell, D.G. (1979) Estimation of mortality and growth parameters from the length frequency in catch. Rapp. P.V. Reun. CIEM. Vol. 175:169-175.
- 📖 Quiroz-Castelán, H.; García-Rodríguez, J.; Molina-Astudillo, F.I; Díaz-Vargas, M; Trujillo-Jiménez, P. (2010). Condiciones abióticas de la presa “El Abrevadero”,

utilizada para el cultivo extensivo de *Oreochromis niloticus* en Morelos, México. Revista electrónica de veterinaria. Vol. 11(7): 1-19.

- 📖 Relic, R.; S. Hristov, M. Vucinic, V. Poleksicand Z. Markovic. (2010) Principles of fish welfare assessment in farm rearing conditions. J. Agric. Sci. Vol. 55(3): 273-282.
- 📖 Ricker, W.E., (1975) Computation and interpretation of biological statistics of fish population. Bull.Fish.Res.Board Can. (191). 382 p.
- 📖 Ricker, W.E. (1979) Growth rates and models. En Fish physiology. Bioenergetics and growth, edited by W.S. Hoar, D.J. Randall y J.R. Brett. Academic Press. Inglaterra. Pp. 677–744.
- 📖 Saavedra, M.M.A. (2006). Manejo del cultivo de tilapia. USAID, CIDEA; HILO; CRC. 22 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.87 p.
- 📖 Salame-Méndez, A.; Méndez-De la Cruz, F; Aguirre-León, G. y Serrano, H. (2008) Disrupción endocrina de la diferenciación sexual. ContactoS. Vol. 70: 43-49.
- 📖 Salgado-Ugarte, I.H.; Gómez-Márquez, J.L.; Peña-Mendoza, B. (2005). Métodos actualizados para análisis de datos biológico-pesqueros. FES Zaragoza, UNAM. México. 240 p.
- 📖 Santos, V.B.D. ; Mareco , E. A. ; Maeli, D.P.S. (2013). Growth curves of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) strains cultivated at different temperatures. Maringá. Vol. 35(3): 235-242.
- 📖 Shalloof, K.A.; El-Far, A. M. (2009). Age, growth and fishery biology of cichlid spp. in Abu-Zaabal Lakes, Egypt. Egypt J. Aquat. Biol. & Fish. Vol 13 (2): 101-116.
- 📖 Shapiro, S.S; Wilk, M.B. (1965). An analysis of variance test for normality (completes samples). Biometrika. Vol. 3-4): 591-611.
- 📖 Sifa, L; Chenhong, L, Dey, M.; Gaglac, F.; Reis Neto, R.V. (2002). Cold tolerance of three strains of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), in China. Aquaculture. Vol. 213(1-4):123-129.

- 📖 Sparre, P. y S. C. Venema (1997). Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Manual. FAO Documento Técnico de Pesca. N° 306.1 Rev. 2: 420 p.
- 📖 Teferi, Y.; Admassu, D. (2002). Length-weight relationship, body condition and sex ratio of tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) in lake Chamo, Ethiopia. Ethiop. J. Sci. Vol. 25(1): 19-26.
- 📖 Teugels, G.G.; Thys van den Audenaerde, D.F.E (2003). Cichlidae. p. 521-600. En D. Paugy, C. Lévêque and G.G Teugels (eds.) The fresh and brackish water fishes of West Africa Volume 2. Coll. faune et flore tropicales 40. Institut de recherche de développement, Paris, Francia, Muséum national d'histoire naturelle, Paris, Francia y Musée royal de l'Afrique Central. Bélgica. 815p.
- 📖 Toguyeni, A.; Baroiller, J.F.; Fostier, A.; Le Bail, P.Y.; Khün, E.R.; Mol, K.A.; Fauconneau, B. (1996). Consequences of food restriction on short-term growth variation and plasma circulating hormones in *Oreochromis niloticus* in relation to sex. General Comparative Endocrinology. Vol. 103:167-175.
- 📖 Torres, O.R. (1991). Los peces de México. AGT Editor, S.A. México, 235 p.
- 📖 Tovar, G.A. (2005). Edad y crecimiento de *Oreochromis niloticus* por medio de estructuras duras. Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza, UNAM. 80 p.
- 📖 Trewavas, E. (1983). Tilapiine fishes of the genera *Sarotherodon*, *Oreochromis* and *Danakilia*. British Museum (Natural history), London, Cornell & University Press, Ithaca, New York: (1-9), 1-583.
- 📖 Trewavas, E.; Teugels, G.G. (1991). *Oreochromis*. p. 307-346. En J. Daget, J.-P. Gosse, G.G. Teugels and D.F.E. Thys van den Audenaerde (eds.) Checklist of the freshwater fishes of Africa (CLOFFA). ISNB, Brussels; MRAC, Tervuren; and ORSTOM, Paris. Vol. 4.
- 📖 Vidal-López, J.M.; Contreras-Sánchez W.M.; Álvarez-González C.A.; Hernández-Franyutti, A.A.; Hernández-Vidal, U. (2008). Técnicas de reversión sexual aplicadas en acuicultura. Rev. Kuxulkab. Vol. 15(27): 49-54.

- 📖 Wang, H.Z.; Wang, H.; Qiang, J.; Xu, P.; Li, R.W. (2012). Effects of water temperatura, salinity and pH on sex differentiation of *Oreochromis niloticus*. The Journal of Applied Ecology. Vol. 23(10): 2893-2899.
- 📖 Weatherley, A.H. y Grill, H.S. (1989). The biology of fish growth. Academic Press. Londres. 443 p.
- 📖 Wetherall, J.A. (1986). A new method for estimating growth and mortality parameters from lenght-frequency data. Fishbyte. Vol. 54:12-14.
- 📖 Wetzel, G.R. (2001). Limnology: lake and river ecosystem. Academic press. EEUU. 1006 p.
- 📖 Wicki, G.A.; Gromenida N. (1998). Estudio de desarrollo y producción de tilapia (*Oreochromis niloticus*). Revista AquaTIC No. 2 Febrero, [Disponible el 22/10/2014 en URL: <http://www.revistaaquatic.com/aquatic/art.asp?t=&c=26>]
- 📖 Yosef, T.G.; Casselman, J.M. (1995). A procedure for increasing the precisión of otolith age determination of tropical fish by differentiations bianual recruitment. In Secor, D.H.J.M. Dean & S.E. Campana (eds). Recent Developments in Fish Otolith Research. University of South Carolina. EEUU. 247-269.
- 📖 Zhang, Z.; Runham, N.W. (1992a). Otolith microestructure pattern in *Oreochromis niloticus* (L.) and their otoliths. Journal of Fish Biology. Vol. 40: 325-332.
- 📖 Zhang, Z.; Runham, N.W. (1992b). Temporal deposition of incremental and discontinuous zones in the otoliths of *Oreochromis niloticus* (L.). Journal of Fish Biology. Vol. 40: 333-339.
- 📖 Zhang, Z.; Runham, N.W. (1992c). Effects of food ration and temperature level on the growth of *Oreochromis niloticus* (L.) and their otoliths. Journal of Fish Biology. Vol. 40: 341-349.

ANEXO

Fase de campo



Figura 32. Obtención de los peces por parte del pescador.



Figura 33. Preparación de los organismos para realizar las medidas biométricas correspondientes.



Figura 34. Medición de *Oreochromis niloticus* tomando en cuenta peso, longitud total, longitud patrón y altura.



Figura 35. Abertura del organismo para determinación del sexo, por medio de un corte longitudinal desde el orificio anal hasta la altura de la aleta pectoral.

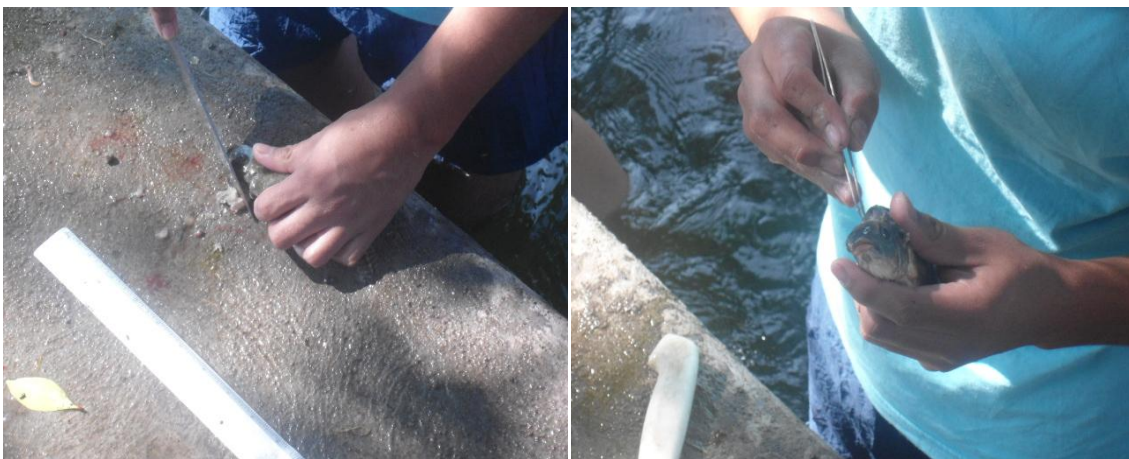


Figura 36. Obtención de los otolitos, partiendo de un corte transversal a la altura del neurocráneo por encima de los ojos y desde el comienzo de la aleta dorsal. Posteriormente se extrajeron los sagitta de la cámara ótica empleando unas pinzas de punta fina.

Fase de laboratorio

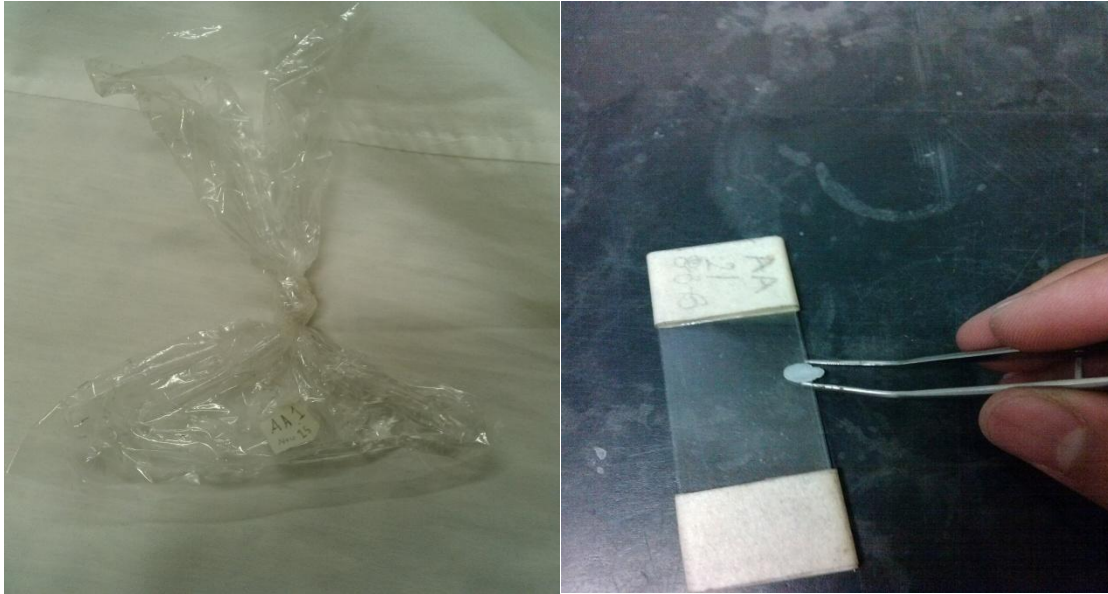


Figura 39. Procesamiento de los otolitos obtenidos en campo para su análisis en el laboratorio.



Figura 40. Pulido del otolito para tener una mejor lectura y así diferenciar los anillos verdaderos de los dobles y falsos.



Figura 41. Técnica del quemado (Holden y Raitt, 1974) para aquéllos otolitos en los que no fueran apreciables los anillos.

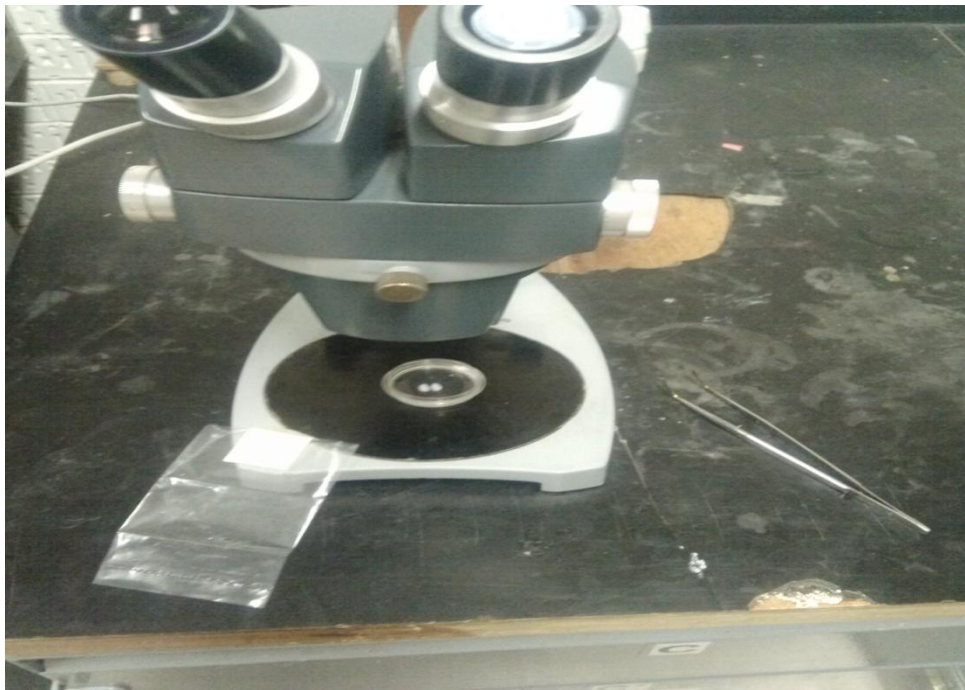


Figura 42. Preparación de los otolitos para su lectura en el estereoscopio.

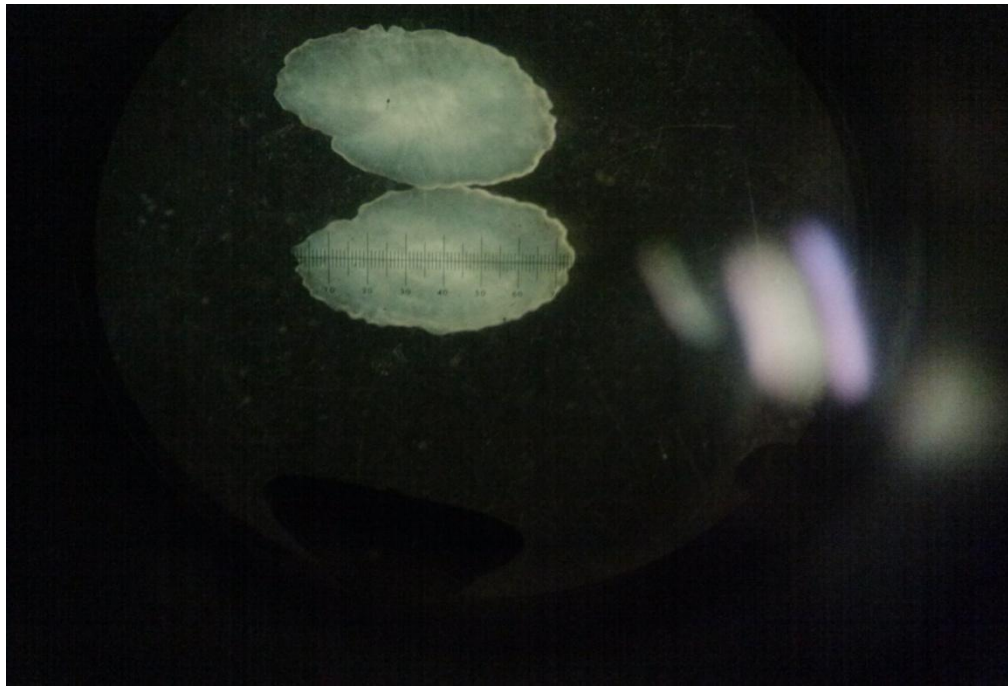


Figura 43. Medición del otolito tomando como medidas la longitud total del rostrum al postrostrum, radio del otolito del foco al postrostrum, anchura del otolito, número de anillos y distancia entre cada anillo registrado.